

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ КІБЕРБЕЗПЕКИ, КОМП'ЮТЕРНОЇ ТА ПРОГРАМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

## КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

З дисципліни «Технології проектування комп'ютерних систем»

Варіант: 12 (2)

Виконавець: \_\_\_\_\_ СП-425 Щербина Артем  
№ групи ПІБ студента

Київ 2020

## ЗМІСТ

1.	Постановка задачі.....	3
2.	Побудова математичної моделі.....	3
a.	Структурна схема системи.....	3
b.	Граф переходів станів системи.....	3
c.	Математичні методи для побудови моделі. ....	3
3.	Визначення (аналітичне) показників ефективності функціонування. ....	4
a.	Навантаження системи.....	4
b.	Середній час обслуговування. ....	4
c.	Ймовірність того, що процесори вільні (доля часу простою системи)....	4
4.	Комп'ютерне моделювання системи.....	4
a.	Короткий опис пакету QTS plus EXEL.....	4
b.	Визначення показників функціонування системи за допомогою qtsplus- xcel. 4	
c.	Візуалізація результатів, побудова залежностей ймовірностно-часових характеристик від певних параметрів. ....	6
5.	Аналіз та інтерпретація результатів.....	7
	ВИСНОВКИ.....	8
	ЛІТЕРАТУРА .....	9

## 1. Постановка задачі.

Побудувати математичну модель системи масового обслуговування для комп'ютерної системи та визначення показників ефективності її функціонування.

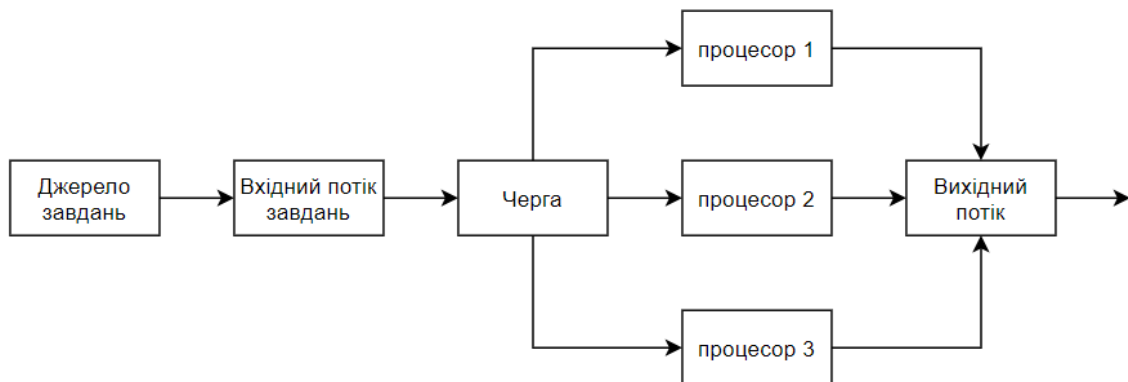
До комп'ютерної системи надходить найпростіший потік завдань з параметром  $\lambda$ . Час обслуговування одного завдання процесором розподілений за експоненціальним законом з параметром  $\mu$ . Комп'ютерна система може мати один або декілька процесорів ( $m$ ), а також може мати накопичувач (буфер) для завдань ( $K$ ).

Побудувати аналітичну модель та визначити показники ефективності функціонування: стаціонарні ймовірності перебування в системі  $k$  завдань, ймовірність того, що завдання потрапить в чергу і т.д.

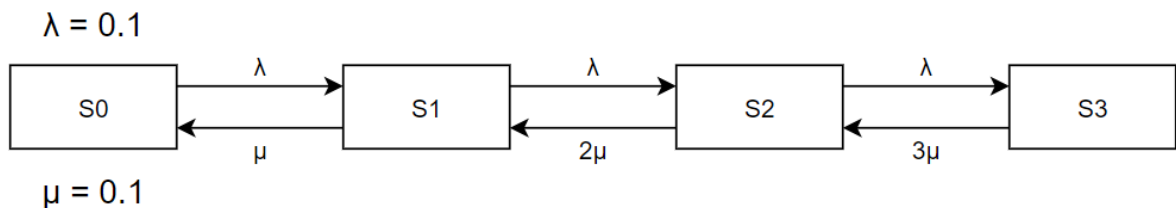
Для аналізу системи використати *QTS plus EXEL*, отримати показники функціонування системи та порівняти їх з аналітичними. Проаналізувати отримані результати.

## 2. Побудова математичної моделі.

### а. Структурна схема системи.



### б. Граф переходів станів системи.



Стан  $S_0$  означає, що всі канали вільні, стан  $S_m$  ( $m = 1, 3$ ) означає, що обслуговуванням заявок зайняті  $m$  каналів. Перехід з одного стану в інший сусідній правий відбувається стрибкоподібно під впливом вхідного потоку завдань інтенсивністю  $\lambda$  незалежно від числа працюючих каналів. Для переходу системи з одного стану в сусідній лівий неважливо, який саме канал звільниться. Величина  $m \cdot \mu$  характеризує інтенсивність обслуговування заявок при роботі в СМО  $m$  каналів.

### с. Математичні методи для побудови моделі.

Дана СМО описується наступними параметрами:

$\lambda$  – інтенсивність вхідного потоку задач. Характеризує кількість нових задач в системі, що прибувають за одиницю часу.

$\mu$  – інтенсивність обслуговування задачі процесом (час обслуговування одного завдання процесором розподілений за експоненціальним законом). Характеризує кількість задач, яка може бути обслуженою за одиницю часу.

$m$  – кількість процесорів в системі, які можуть обробляти задачі.

$K$  – накопичувач (буфер) завдань. Характеризує кількість задач, які можуть перебувати в черзі одночасно.

### 3. Визначення (аналітичне) показників ефективності функціонування.

#### a. Навантаження системи.

Завантаженість системи  $r$  визначається відношенням інтенсивності вхідного потоку завдань  $\lambda$  до добутку кількості процесорів  $m$  та часу обслуговування однієї задачі  $\mu$ .

$$r = \frac{\lambda}{m * \mu} * 100\% = \frac{0.1}{3 * 0.1} * 100\% = 33.3\%$$

#### b. Середній час обслуговування.

Визначається за формулою

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{0.1} = 10$$

#### c. Ймовірність того, що процесори вільні (доля часу простою системи).

Визначається за формулою:

$$\frac{1}{\sum \frac{p^m}{m!}} = \frac{1}{\frac{1^0}{0!} + \frac{1^1}{1!} + \frac{1^2}{2!} + \frac{1^3}{3!} + \frac{1^{3+1}}{3!(3-1)}} = 0.364$$

Де  $p$  – інтенсивність навантаження та дорівнює  $\frac{\lambda}{\mu} = 1$

### 4. Комп'ютерне моделювання системи.

#### a. Короткий опис пакету QTS plus EXEL.

Qtsplus-xcel – це пакет програм розрахунку показників функціонування СМО. Пакет містить вісім категорій заснованих на типу моделі. Після того, як модель обрана з'являється нове Excel вікно з таблицею, розбитою на дві частини: вхідні дані та результати розрахунків показників функціонування СМО.

#### b. Визначення показників функціонування системи за допомогою qtsplus-xcel.

Спочатку обрав відповідну модель СМО у меню QtsPlus.

## Queueing Theory Software Plus Toolbox 3.0

(c) 2000-2008. All rights reserved.

Select model category, then model and press "Run Model" button.

Model Category

Multi-Server

**Category Description** Collection of models for multiple-server queues.

**Model** Poisson/exponential multi-server queue with unlimited system capacity, FIFO: calculates the major measures of effectiveness.

Run Model

Help

M/M/c: Poisson Arrivals to Multiple Exponential Servers  
M/M/c/K: Multiple-Servers/Limited Capacity  
M/G/c/c: Pure Overflow Model  
Optimal Number of Servers for an M/G/c/c  
M/M/infinity: Poisson Input and Unlimited Exponential Service  
M/G/infinity: Poisson Input, Unlimited Number General Servers  
Markov Multi-Server, Finite-Source Queue without Spares  
Markov Multi-Server, Finite-Source Queue with Spares  
M/E(k)/c: Multi-Server Poisson-Erlang(k) Queue

Відкрилась таблиця, в яку вписав свої вхідні дані

### M/M/c: POISSON ARRIVALS TO MULTIPLE EXPONENTIAL SERVERS

#### Input Parameters:

Arrival rate ( $\lambda$ )	0,1
Mean service time ( $1/\mu$ )	10,
Number of servers in the system (c)	3

#### Plot Parameters:

Maximum size for probability chart	3
Total time horizon for probability plotting	2,

#### Results:

Mean interarrival time ( $1/\lambda$ )	10,
Service rate ( $\mu$ )	0,1
Average # arrivals in mean service time (r)	1,
Server utilization ( $\rho$ )	33,33%
Fraction of time all servers are idle ( $p_0$ )	0,363636
Mean number of customers in the system (L)	1,045455
Mean number of customers in the queue (Lq)	0,045455
Mean wait time (W)	10,454545
Mean wait time in the queue (Wq)	0,454545
Probability arriving customer is delayed in queue ( $1-Wq(0)$ )	0,090909

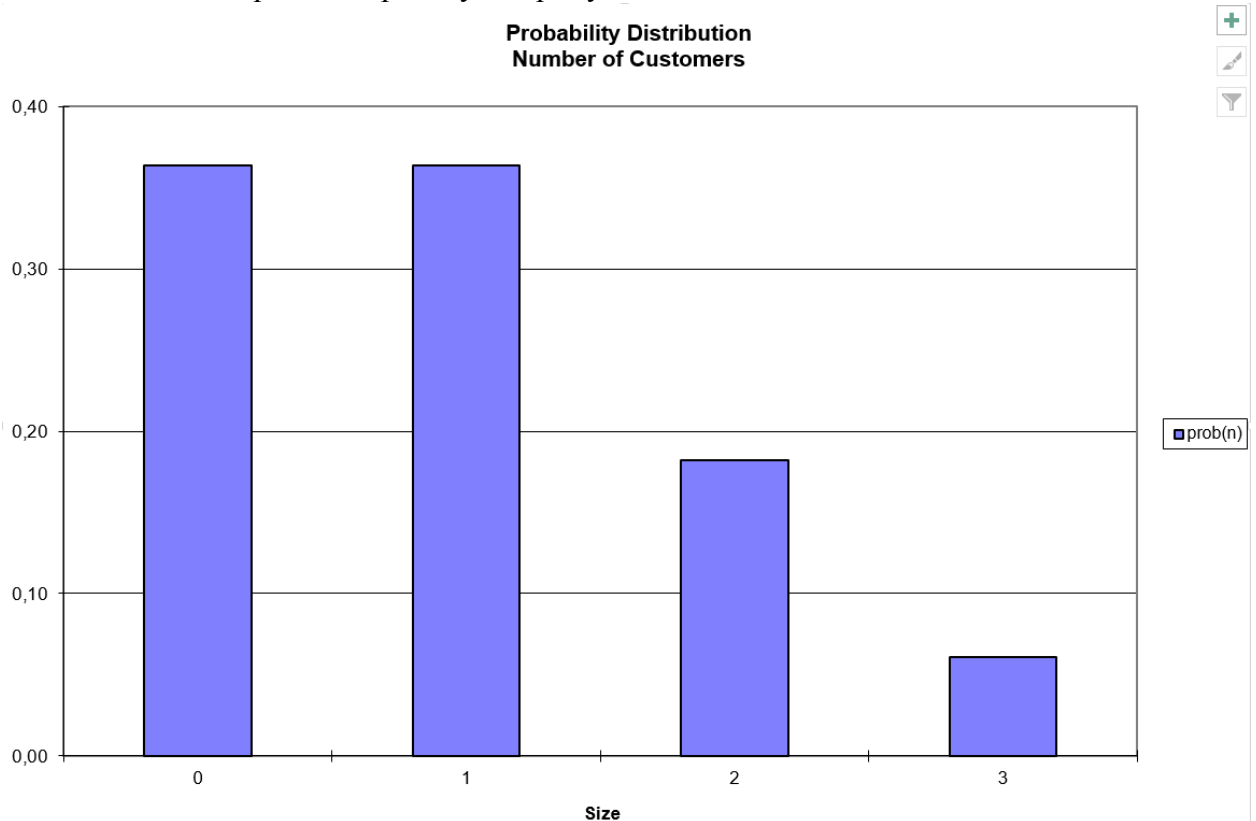
Отримали такі значення показників функціонування СМО:

- Середній час обробки задачі: 10
- Середній час прибуття задачі: 10
- Середня кількість нових задач в середній час обробки: 1

- Навантаженість системи: 33.33%
- Доля часу простою системи: 0.363636
- Середня кількість задач в системі: 1.045455
- Середня кількість задач в черзі: 0.045455
- Середній час очікування: 10.454545
- Середній час очікування в черзі: 0.454545
- Ймовірність затримання в черзі нової задачі: 0.090909

**с. Візуалізація результатів, побудова залежностей ймовірно-часових характеристик від певних параметрів.**

Відкрив згенеровану діаграму SizeDistributionChart.



Ця діаграма відображає ймовірність зайнятості  $m$  процесорів. При наведенні на стовпець бачимо точну ймовірність.

Ймовірність зайнятості 0 каналів:

Ряд "prob(n)" Точка "0"  
Значение: 0,363636

Ймовірність зайнятості 1 каналів:

Ряд "prob(n)" Точка "1"  
Значение: 0,363636

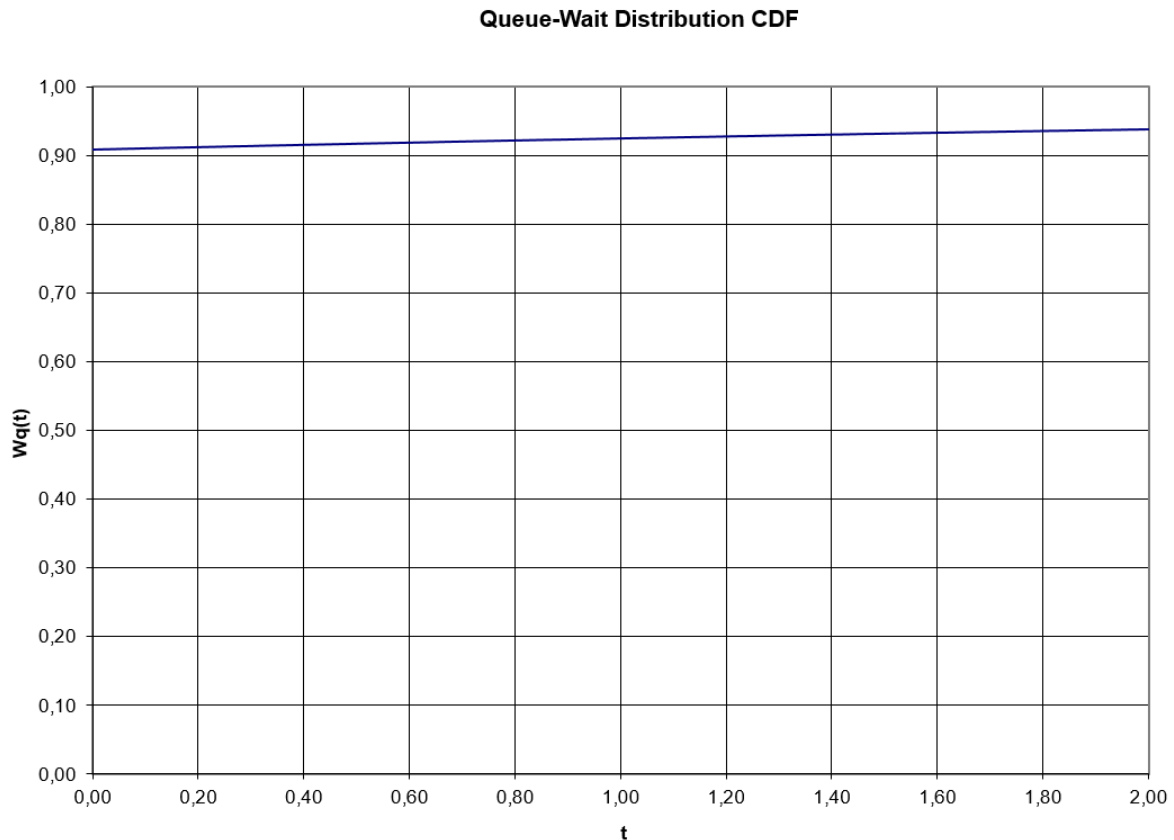
Ймовірність зайнятості 2 каналів:

Ряд "prob(n)" Точка "2"  
Значение: 0,181818

Ймовірність зайнятості 3 каналів:

Ряд "prob(n)" Точка "3"  
Значение: 0,060606

Відкрив згенерований графік TimeDistributionChart



Графік відображає ймовірність того, що нова задача не затримається в черзі в залежності від часу.

## 5. Аналіз та інтерпретація результатів.

Дана система має навантаженість 33.3%. Це означає, що переважно обробкою задач займається тільки один процесор (система має 3).

Так як інтенсивність потоку задач дорівнює часу обслуговування однієї задачі, середня кількість нових задач в середній час обробки дорівнює одиниці.

Доля часу, коли всі процесори простоюють (0.363636) означає, що приблизно 36% часу роботи системи вона простоює, тобто якщо система неперервно працює годину, то час простою буде 21-22 хвилини.

Середня кількість задач в черзі (0.045455) набагато менше одиниці. Це означає що задачі переважно не затримуються в черзі і вона пуста більшу долю часу роботи системи.

Середня кількість задач в системі (1.045455) дорівнює сумі середньої кількості задач в черзі та середньої кількості нових задач в середній час обробки.

Середній час очікування (10.45455) знайдений як відношення середньої кількості задач в системі до інтенсивності потоку вхідних задач означає середній час перебування задачі в системі.

Середній час очікування в черзі (0.45455), знайдений як різниця середнього часу очікування та відношення одиниці до часу обслуговування однієї задачі процесором, означає середній час, на який нова задача затримується в черзі.

Ймовірність затримання в черзі нової задачі (0.090909), тобто приблизно 9%.

## ВИСНОВКИ

Під час виконання курсової роботи була проведена побудова моделі СМО, а саме: структурна схема, граф переходу станів та математичний опис моделі.

Було проведено визначення показників ефективності функціонування системи.

Аналітичне:

- навантаження системи,
- середній час обслуговування задачі,
- ймовірність того, що процесори вільні (система простоює).

За допомогою пакета QTS plus EXEL:

- середній час обробки задачі,
- середній час прибуття задачі,
- середня кількість нових задач в середній час обробки,
- навантаженість системи,
- доля часу простою системи,
- середня кількість задач в системі,
- середня кількість задач в черзі,
- середній час очікування,
- середній час очікування в черзі,
- ймовірність затримання в черзі нової задачі.

Пакет QTS plus EXEL являє собою набір функції для обрахування основних показників ефективності функціонування систем масового обслуговування та є додатком до програми Microsoft Excel.

Були проведені аналіз та інтерпретація отриманих результатів, які показали, що процес обслуговування в даній системі буде стабільним (інтенсивність навантаження системи менше за кількість процесорів).



## ЛІТЕРАТУРА

1. «Математичні моделі дискретних систем» [<https://books.ifmo.ru/file/pdf/469.pdf>] – 77-99с.
2. «Модельовання систем масового обслуговування» [[https://studme.org/188004139303/ekonomika/modelirovanie\\_sistem\\_massovogo\\_obs\\_luz\\_hivaniya](https://studme.org/188004139303/ekonomika/modelirovanie_sistem_massovogo_obs_luz_hivaniya)]
3. Лаврусь О.Е., Міронов Ф.С. «Теорія масового обслуговування», 2002г. – 6-21с.