Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Рязанский государственный радиотехнический университет

имени В.Ф. Уткина»

Кафедра ЭВМ

Отчет о лабораторной работе №4

**«Исследование многоканальных СМО при росте суммарной производительности и неизменной суммарной производительности при увеличении числа каналов»**

по дисциплине «Моделирование»

**Выполнили:**

ст. гр. 245

бригада №4

Сокол Илья

Лапин Кирилл

**Проверил:**

доц. каф. ЭВМ

Саблина В.А.

Рязань 2025

**Цель работы:** сравнения характеристик многоканальных СМО, моделирующих параллельные вычисления.

**Практическая часть:**

**Задание 1. Построение GPSS модели -канальной СМО M/M/N с общей очередью**

Построим GPSS модель n-канальной СМО M/M/N с общей очередью представленная на рисунке 1:



Рисунок 1 – Графическое представление n-канальной СМО M/M/N

Функции распределения интервала прихода заявок и длительности обслуживания заявок – экспоненциальные. Среднее значение длительности обслуживания заявок каждым ОА определяется вариантом задания, где . Регулируя зададим коэффициент загрузки всей CMO. Коэффициент загрузки каждого ОА . Время моделирования должно обеспечивать прохождение через СМО не менее 100000 заявок.

Рассчитаем интенсивность обслуживания одного канала:

Интенсивность входного потока:

Средний период между поступлениями заявок:

Вероятность простоя :

**Среднее время ожидания :**

Коэффициент загрузки каждого ОА:

Средняя длина очереди:

Среднее время пребывания заявки в СМО:

Коэффициент мультипрограммирования СМО или среднее число заявок, находящихся внутри СМО:

В результате получим GPSS модель и результат её работы (рисунок 2):

|  |
| --- |
| Transit TABLE M1,0,25,30 ; Transit time = uср  EXPON FUNCTION RN1,C24  0,0/.1,.104/.2,.222/.3,.335/.4,.509/.5,.69/.6,.915/.7,1.2/.75,1.38  .8,1.6/.84,1.85/.88,2.12/.9,2.3/.92,2.52/.94,2.81/.95,2.99/.96,3.2  .97,3.5/.98,3.9/.99,4.6/.995,5.3/.998,6.2/.999,7/.9998,8  MKU STORAGE 2 ; Число каналов N=2  GENERATE 444.444,FN$EXPON ; Интервал между приходами заявок ~ Exp(444.444)  QUEUE OCH ; Заявка встаёт в очередь «OCH», если все каналы заняты  ENTER MKU ; Попытка захватить один из свободных каналов MKU  DEPART OCH ; Убирается из очереди после захвата канала  ADVANCE 400,FN$EXPON; Время обслуживания ~ Exp(400)  LEAVE MKU ; Заявка освобождает канал после обслуживания  TABULATE Transit ; Запись статистики времени пребывания заявки в системе  TERMINATE 1 ; Завершение заявки  START 46666667 ; Время моделирования для прохождения ≥100000 заявок |

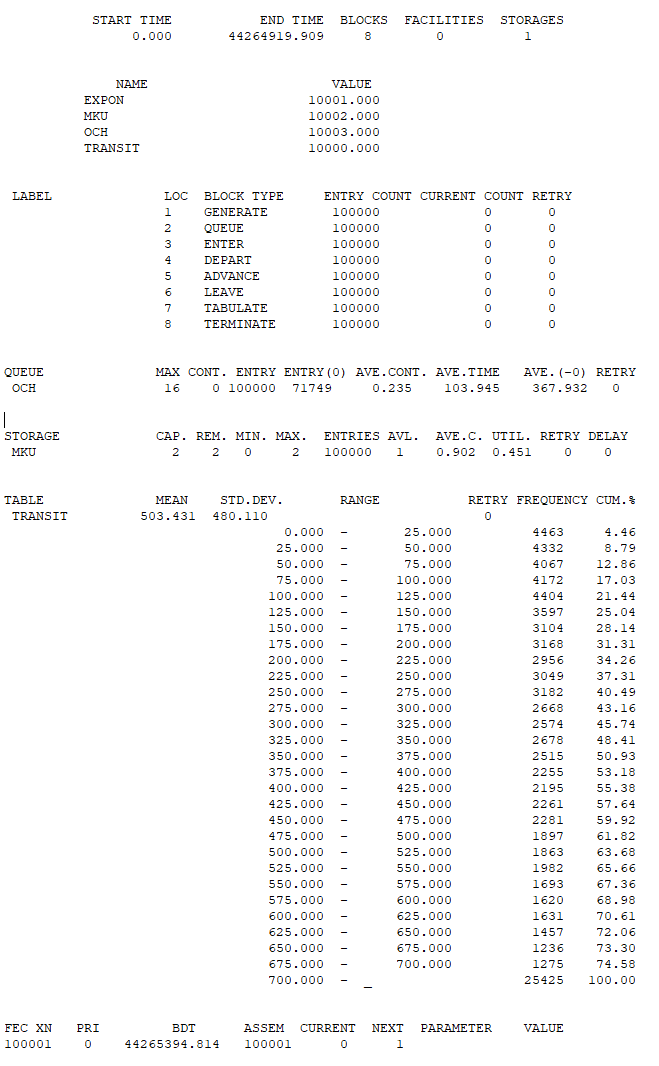


Рисунок 2 – Результат работы 2-х канальной СМО

По результатам моделирования GPSS было получено: среднее время пребывания заявки в системе среднее время ожидания в очереди ; средняя длина очереди ; коэффициент загрузки одного канала , а через систему прошло около . Эти данные подтверждают корректную работу модели и соответствие теоретическим ожиданиям для двухканальной СМО с общей очередью.

**2. Изменение числа каналов СМО**

Изменим число каналов СМО от 1 до 4 зафиксируем (рисунок 3-6)*.* Полученные значения представлены в таблице 1.

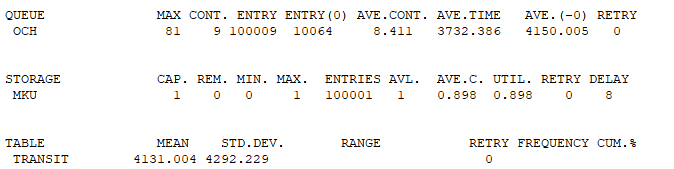
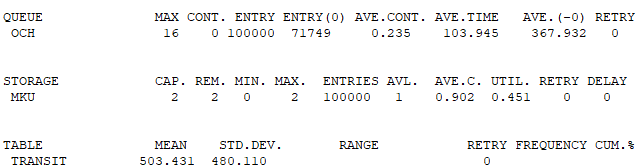


Рисунок 3 – Отчеты моделирования для модели с 1 каналом

  
Рисунок 4 – Отчеты моделирования для модели с 2 каналами

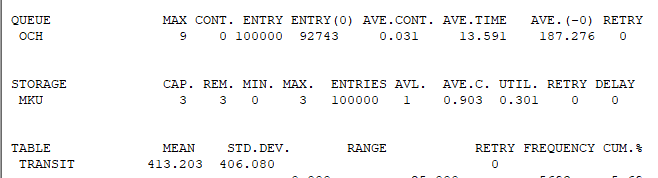


Рисунок 5 – Отчеты моделирования для модели с 3 каналами

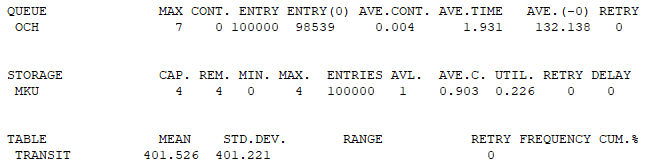


Рисунок 6 – Отчеты моделирования для модели с 4 каналами

Таблица 1 – Изменение характеристик от числа каналов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Экспериментальные** |  |  |  |  |  |
| **1 канал** |  |  |  |  |  |
| **2 канала** |  |  |  |  |  |
| **3 канала** |  |  |  |  |  |
| **4 канала** | 0.004 |  |  |  |  |

Рассчитаем теоретические значения характеристик по полученным отчетам от 1 до 4 каналов с использованием формулы (таблица 2):

Таблица 2 – Теоретический расчет характеристик от числа каналов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Теоретические** |  |  |  |  |  |
| **1 канал** |  |  |  |  |  |
| **2 канала** |  |  |  |  |  |
| **3 канала** |  |  |  |  |  |
| **4 канала** |  |  |  |  |  |

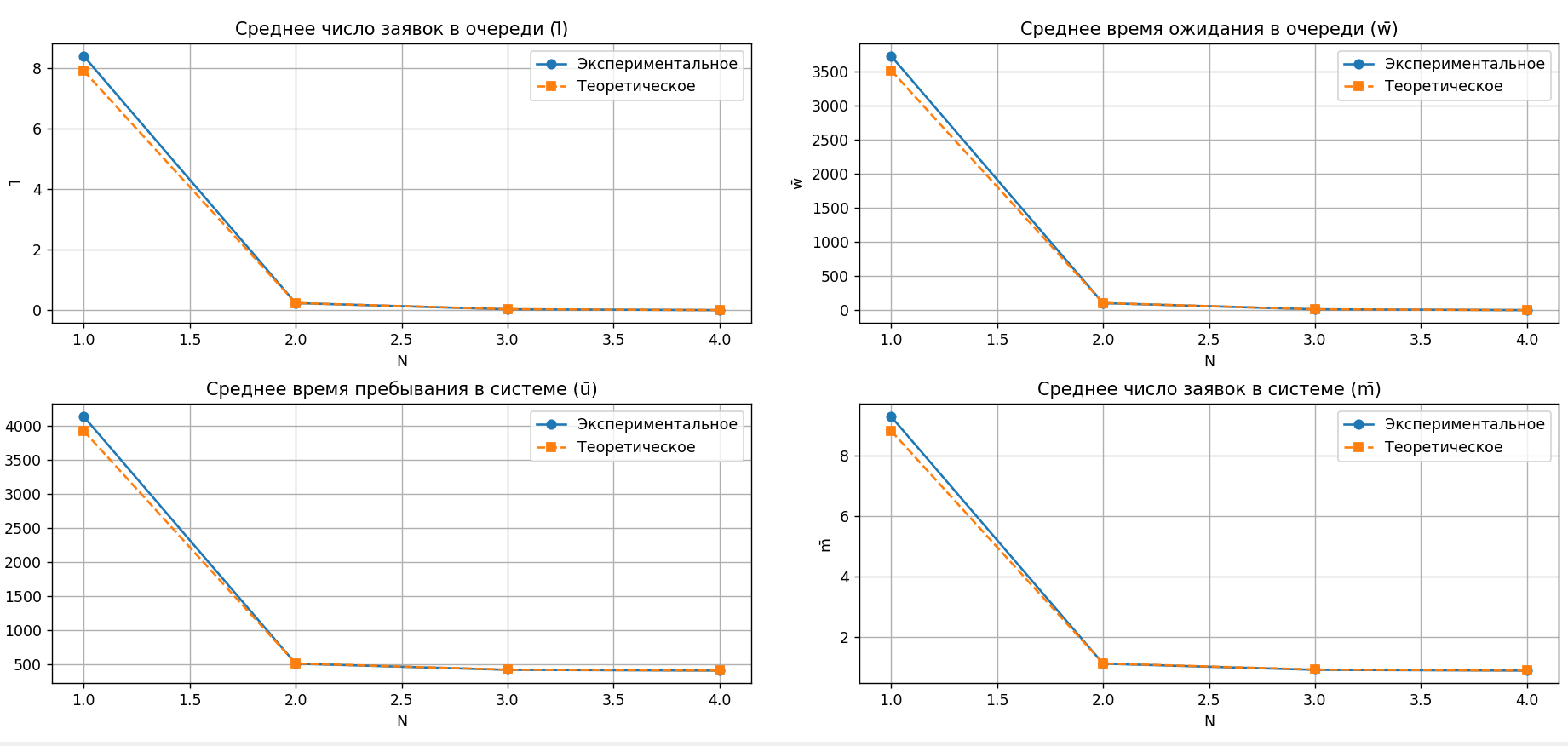
Построим графики по полученным данным (рисунок 7) 

Рисунок 7 – График функций для n-канальной CМО

В результате анализа зависимостей средних характеристик СМО от числа каналов было показано, что увеличение числа каналов существенно снижает среднюю длину очереди , среднее время ожидания  и среднее время пребывания заявки , а также уменьшает коэффициент мультипрограммирования , что отражает улучшение пропускной способности системы. При увеличении количества каналов с 3 до 4 параметры приблизительно равны, то есть наличие 4 канала мало влияет на производительность СМО. Модельные и теоретические значения практически совпадают, с минимальными расхождениями. Наиболее заметное различие наблюдается при одном канале, где вероятность образования очереди максимальна. В целом результаты подтверждают корректность модели и соответствие теоретическим ожиданиям для СМО M/M/N с общей очередью.

**3. Анализ характеристик СМО от числа обслуживающих каналов при неизменной суммарной вычислительной производительности системы**

Рассчитаем среднее значение длительности обслуживания заявок каждым зависящее от числа каналов (таблица 3):

,

где – номер канала;

Таблица 3 – Среднее значение длительности обслуживания заявок

|  |  |
| --- | --- |
| **Кол-во каналов** |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Изменяя количество каналов, а также значения (первый параметр ADVANCE 400, FN$EXPON) для соответствующего набора каналов зафиксируем значения (рисунок 8-12). Полученные значения представлены в таблице 4, причем .

Таблица 4 – Изменение характеристик от числа каналов при

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Экспериментальные** |  |  |  |  |  |
| **1 канал** |  | 81 |  |  |  |
| **2 канала** | 7.273 | 61 | 3223.596 | 4021.522 | 9.05 |
| **4 канала** | 6.587 | 72 | 2931.268 | 4520.633 |  |
| **8 каналов** | 5.976 | 53 | 2648.233 | 5840.752 | 13.14 |
| **16 каналов** | 6.589 | 85 | 2914.532 | 9310.890 | 20.95 |

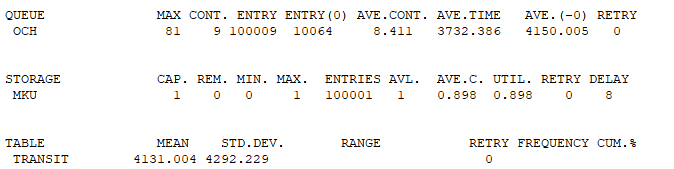


Рисунок 8 – Отчеты моделирования для модели с 1 каналом при

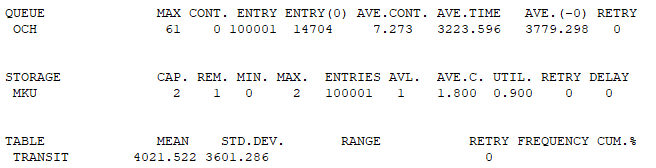


Рисунок 9 – Отчеты моделирования для модели с 2 каналами при

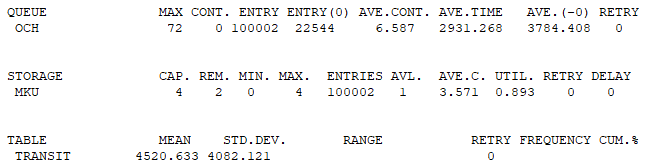
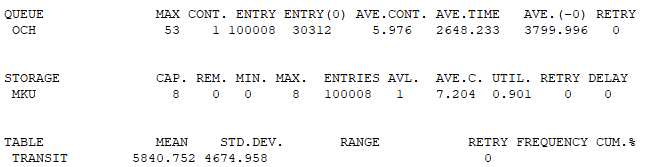


Рисунок 10 – Отчеты моделирования для модели с 4 каналами при

  
Рисунок 11 – Отчеты моделирования для модели с 8 каналами при

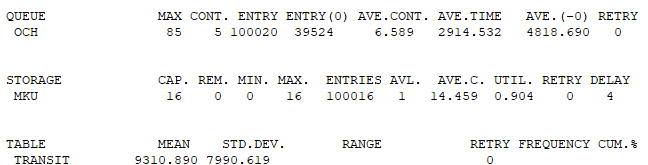


Рисунок 12 – Отчеты моделирования для модели с 16 каналами при

Выполним всё то же самое, только при . Для этого рассчитаем по новой характеристики СМО.

Интервал между приходами заявок:

В результате получим следующий код на GPSS:

|  |
| --- |
| Transit TABLE M1,0,25,30 ; Transit time = uср  EXPON FUNCTION RN1,C24  0,0/.1,.104/.2,.222/.3,.335/.4,.509/.5,.69/.6,.915/.7,1.2/.75,1.38  .8,1.6/.84,1.85/.88,2.12/.9,2.3/.92,2.52/.94,2.81/.95,2.99/.96,3.2  .97,3.5/.98,3.9/.99,4.6/.995,5.3/.998,6.2/.999,7/.9998,8  MKU STORAGE 1 ; Число каналов n=1,2,4,8,16  GENERATE 800,FN$EXPON ; Интервал между приходами заявок ~ Exp(800)  QUEUE OCH ; Заявка встаёт в очередь «OCH», если все каналы заняты  ENTER MKU ; Попытка захватить один из свободных каналов MKU  DEPART OCH ; Убирается из очереди после захвата канала  ADVANCE 400,FN$EXPON; Время обслуживания ~ Exp(400\*n)  LEAVE MKU ; Заявка освобождает канал после обслуживания  TABULATE Transit ; Запись статистики времени пребывания заявки в системе  TERMINATE 1 ; Завершение заявки  START 100000 ; Время моделирования для прохождения ≥100000 заявок |

Изменяя количество каналов, а также значения (первый параметр ADVANCE 400, FN$EXPON) для соответствующего набора каналов зафиксируем значения (рисунок 13-17). Полученные значения представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Изменение характеристик от числа каналов при

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Экспериментальные** |  |  |  |  |  |
| **1 канал** |  | 16 |  |  |  |
| **2 канала** |  | 14 |  |  |  |
| **4 канала** |  | 14 |  |  |  |
| **8 каналов** |  | 12 |  |  |  |
| **16 каналов** |  | 13 |  |  |  |

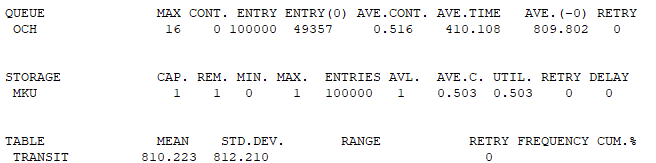


Рисунок 13 – Отчеты моделирования для модели с 1 каналом при

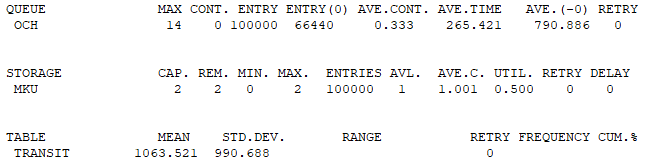


Рисунок 14 – Отчеты моделирования для модели с 2 каналами при

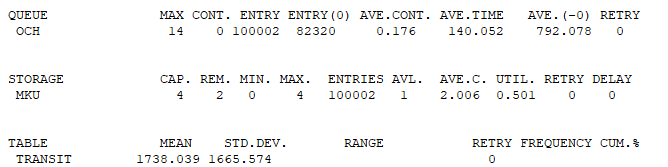


Рисунок 15 – Отчеты моделирования для модели 4 каналами при

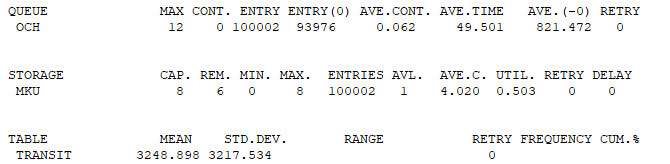


Рисунок 16 – Отчеты моделирования для модели с 8 каналами при

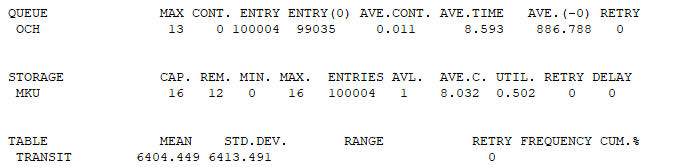


Рисунок 17 – Отчеты моделирования для модели с 16 каналами при

Используя код на языке Python, посчитаем все теоретические значения характеристик при и . Код представлен ниже:

|  |
| --- |
| import math  import pandas as pd  # Среднее время обслуживания  v1 = 400  # Функция для вычисления P0  def calc\_p0(rho, n):  # Сумма членов от 0 до n  sum\_terms = 0  for i in range(0, n + 1):  term = (rho \*\* i) / math.factorial(i)  sum\_terms += term  # Последний член формулы  last\_term = (rho \*\* (n + 1)) / (math.factorial(n) \* (n - rho))  return 1 / (sum\_terms + last\_term)  # Функция для расчёта параметров  def mmn\_characteristics(n):  # Интенсивность входного потока  lambd = 0.9 / v1 # Для ρN = 0.9 \* N  # Среднее время обслуживания для N-канальной системы  vi\_avg = n \* v1  # Интенсивность обслуживания одного канала  mu = 1 / vi\_avg  # Коэффициент загрузки системы ρN  rhoN = lambd \* vi\_avg  # Коэффициент загрузки для формул  rho = rhoN  # Вероятность пустой системы P0  P0 = calc\_p0(rho, n)  # Среднее время ожидания в очереди w  w = (P0 \* rho \*\* n) / (math.factorial(n - 1) \* mu \* (n - rho) \*\* 2)  # Среднее время обслуживания  v\_serv = 1 / mu  # Среднее время пребывания в системе u  u = w + v\_serv  # Среднее число заявок в очереди l  l = lambd \* w  # Среднее число заявок в системе m  m = lambd \* u  return l, w, u, m, P0  # Количество каналов  N\_values = [1, 2, 4, 8, 16]  # Для ρN = 0.9·N  data = []  for n in N\_values:  # Рассчёт всех характеристик  l, w, u, m, P0 = mmn\_characteristics(n)  data.append([n, l, w, u, m])    result = pd.DataFrame(data, columns=["N", "lср", "wср", "uср", "mср"])  # Округление значений  result["lср"] = result["lср"].round(3)  result["wср"] = result["wср"].round(3)  result["uср"] = result["uср"].round(3)  result["mср"] = result["mср"].round(3)  print(result) |

В результате получим следующие значения представленные в таблицах 6 и 7.

Таблица 6 – Теоретические характеристики при

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Теоретические** |  |  |  |  |
| **1 канал** |  |  |  |  |
| **2 канала** | 7.674 | 3410.526 | 4210.526 | 9.474 |
| **4 канала** | 7.090 | 3151.013 | 4751.013 |  |
| **8 каналов** | 6.314 | 2806.132 | 6006.132 | 13.514 |
| **16 каналов** | 5.322 | 2365.374 | 8765.374 | 19.722 |

Таблица 7 – Теоретические характеристики при

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Теоретические** |  |  |  |  |
| **1 канал** |  |  |  |  |
| **2 канала** |  |  |  |  |
| **4 канала** |  |  |  |  |
| **8 каналов** |  |  |  |  |
| **16 каналов** |  |  |  |  |

В результате получим графики с теоретическими и экспериментальными значениями параметров для и соответственно (рисунок 18-19):

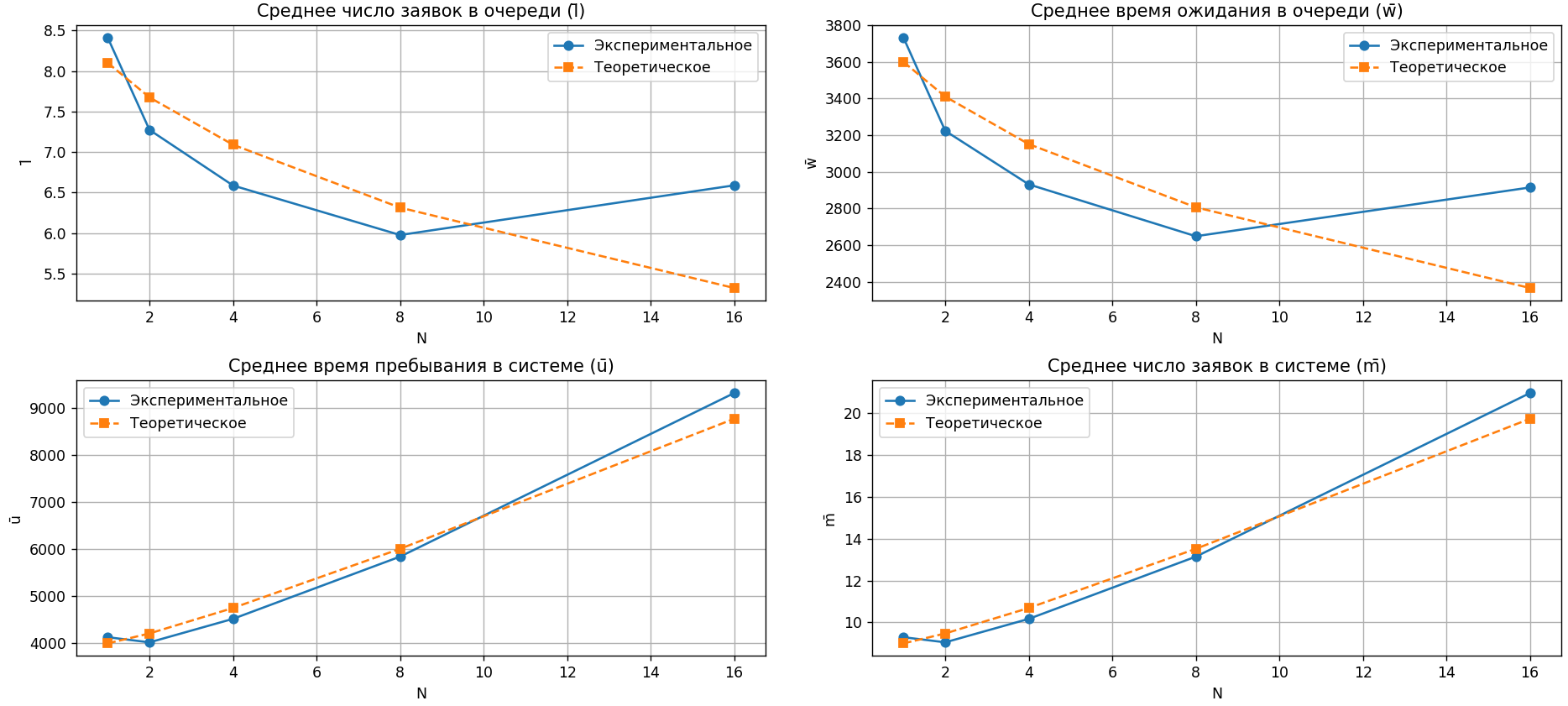


Рисунок 18 – Графики с теоретическими и экспериментальными значениями при

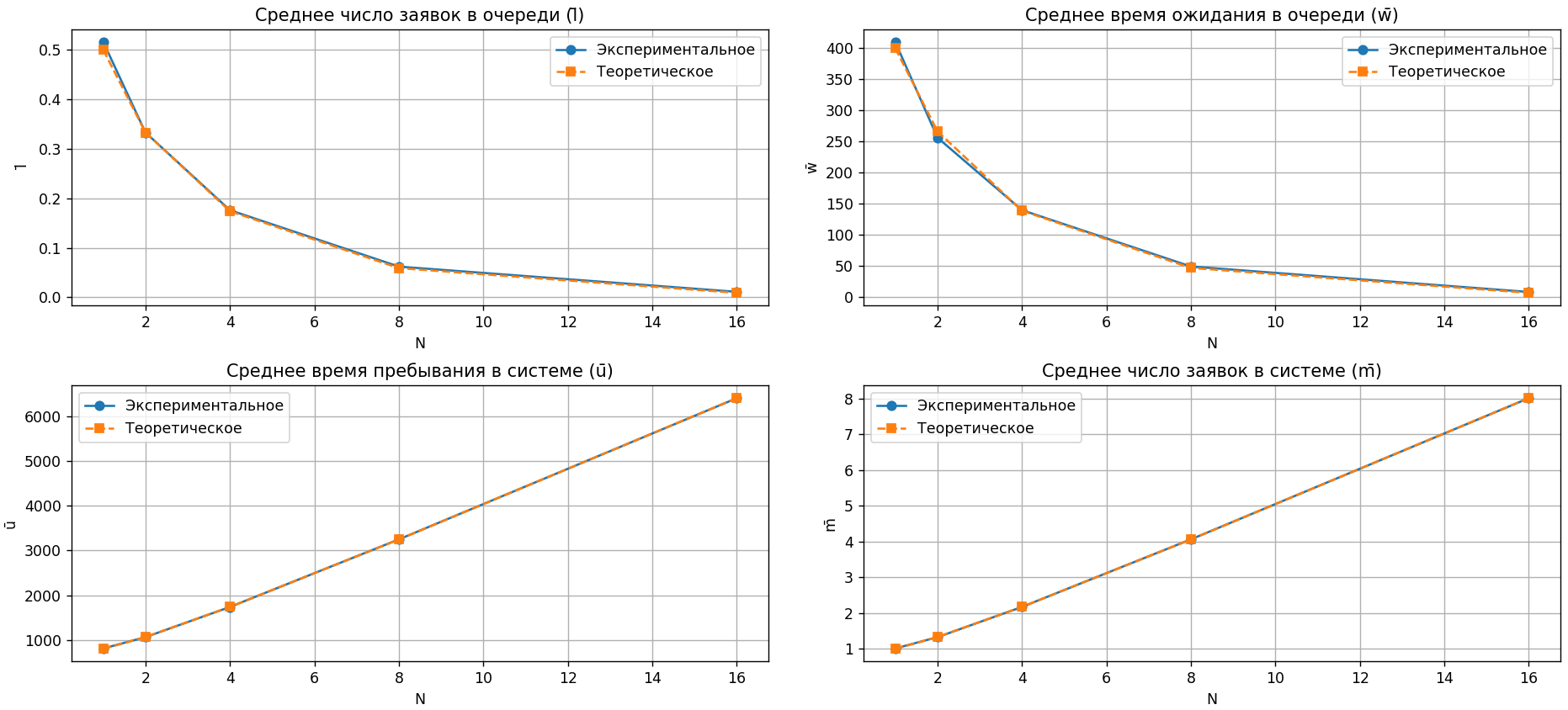


Рисунок 19 – Графики с теоретическими и экспериментальными значениями при

Сравнительный анализ графиков для коэффициентов загрузки и показывает принципиально различное поведение системы. При высокой нагрузке () средняя длина очереди и среднее время ожидания существенно выше, что отражает значительную загрузку каналов, и наблюдаются достаточно сильные расхождения между теоретическими и экспериментальными значениями, особенно при большом количестве каналов. В то же время при умеренной нагрузке () система работает практически в идеальном режиме: очереди минимальны, а среднее время ожидания и пребывания заявок остаётся небольшим, и экспериментальные значения хорошо согласуются с теоретическими.

Отсюда можно сделать вывод, что при высокой нагрузке и большом числе каналов СМО с неизменной суммарной вычислительной производительностью становится нестабильной, поскольку в условиях высокой загрузки значительно увеличивает чувствительность системы к случайным выбросам входного потока, что приводит к существенным отклонениям экспериментальных от теоретических данных.

**4. Выбор оптимальных параметров**

Выберем оптимальное количество каналов СМО с неизменной суммарной вычислительной производительностью на основе полученных графиков (рисунок 18-19) параметров системы от числа каналов.

Для системы с оптимальным количеством каналов будет являться , поскольку при увеличении числа каналов среднее число заявок в очереди растет вместе с временем ожидания , что свидетельствуето потере эффективности системы.

Для системы с оптимальным количеством каналов будет являться , поскольку все параметры системы являются минимальными и стабильными из-за достаточного запаса производительности, что позволяет компенсировать случайные выбросы входного потока.

**Вывод**

В ходе работы было изучено влияние числа каналов и коэффициента загрузки на характеристики многоканальной СМО, моделирующей параллельные вычисления.