

Отчёт по лабораторной работе №16

Задачи оптимизации. Модель двух стратегий обслуживания

Астраханцева А. А.

Содержание

1	Цель работы	5
2	Задание	6
3	Теоретическое введение	7
4	Выполнение лабораторной работы	9
4.1	Постановка задачи	9
4.2	Модель для первой стратегии	10
4.3	Модель для второй стратегии	11
4.4	Подбор оптимального числа пропускных пунктов для первой стратегии	14
4.5	Подбор оптимального числа пропускных пунктов для второй стратегии	22
5	Выводы	27
	Список литературы	28

Список иллюстраций

4.1	Модель с двумя очередями и пунктами	10
4.2	Отчёт по модели с двумя очередями и пунктами	11
4.3	Модель с одной очередью и двумя пунктами	12
4.4	Отчёт по модели с одной очередью и двумя пунктами	12
4.5	Модель с одной очередью и одним пунктом	14
4.6	Отчёт по модели с одной очередью и одним пунктом	15
4.7	Модель с тремя очередями и пунктами ч.1	16
4.8	Модель с тремя очередями и пунктами ч.2	16
4.9	Отчёт по модели с тремя очередями и пунктами ч.1	17
4.10	Отчёт по модели с тремя очередями и пунктами ч.2	17
4.11	Модель с четырьмя очередями и пунктами ч.1	18
4.12	Модель с четырьмя очередями и пунктами ч.2	19
4.13	Отчёт по модели с четырьмя очередями и пунктами ч.1	20
4.14	Отчёт по модели с четырьмя очередями и пунктами ч.2	21
4.15	Модель с одной очередью и одним пунктом	22
4.16	Отчёт по модели с одной очередью и одним пунктом	23
4.17	Модель с одной очередью и тремя пунктами	24
4.18	Отчёт по модели с одной очередью и тремя пунктами	24
4.19	Модель с одной очередью и четырьмя пунктами	25
4.20	Отчёт по модели с одной очередью и четырьмя пунктами	25

Список таблиц

4.1 Сравнение стратегий	13
-----------------------------------	----

1 Цель работы

Реализовать с помощью gpss модель двух стратегий обслуживания и оценить оптимальные параметры.

2 Задание

Реализовать с помощью gpss:

- модель с двумя очередями;
- модель с одной очередью;
- изменить модели, чтобы определить оптимальное число пропускных пунктов.

3 Теоретическое введение

GPSS (General Purpose Simulation System) — это один из первых специализированных языков программирования для имитационного моделирования, созданный в 1961 году американским инженером Джеффри Гордоном в корпорации IBM. Первоначально язык разрабатывался для нужд моделирования сложных логистических и производственных процессов в промышленных и военных системах, где требовался учёт случайных событий и взаимодействия большого количества объектов во времени.

GPSS стал знаковым инструментом в истории моделирования: он заложил основы событийного подхода и ввёл понятие транзакта как активного объекта, перемещающегося по блокам логики системы. Эти концепции впоследствии легли в основу многих других языков и программных сред моделирования. Благодаря модульной структуре и простой записи моделей, GPSS получил широкое распространение в университетах и научных учреждениях как средство обучения и анализа дискретных систем.

Практическое применение GPSS охватывает широкий спектр задач:

- Организация работы производственных цехов: моделирование потока деталей между станками, учёт времени обработки, простоев и загрузки оборудования;
- Системы массового обслуживания: моделирование очередей в банках, поликлиниках, аэропортах с целью оценки времени ожидания и необходимости в дополнительном персонале;

- Логистика и склады: моделирование перемещения товаров между зонами хранения, погрузки и разгрузки, анализ загрузки транспортных средств;
- Транспорт: моделирование движения автобусов, поездов, планирование расписаний с учётом времени на посадку и высадку пассажиров;
- Военные приложения: планирование операций снабжения, имитация действий в сложных логистических цепочках.

Одним из достоинств GPSS является то, что язык допускает использование случайных величин (например, времени обслуживания или интервалов между заявками), что позволяет создавать реалистичные модели, приближенные к поведению реальных систем. Также GPSS даёт возможность легко собирать статистику по ключевым метрикам: времени пребывания объектов в системе, загрузке ресурсов, количеству отказов и пр.

Несмотря на то, что с момента своего создания прошло более шестидесяти лет, GPSS продолжает использоваться как в учебных целях, так и в инженерной практике благодаря своей простоте, наглядности и эффективности в решении прикладных задач, связанных с анализом и оптимизацией дискретных процессов.

[1,2].

4 Выполнение лабораторной работы

4.1 Постановка задачи

На пограничном контрольно -пропускном пункте транспорта имеются 2 пункта пропуска. Интервалы времени между поступлением автомобилей имеют экспоненциальное распределение со средним значением μ . Время прохождения автомобилями пограничного контроля имеет равномерное распределение на интервале $[a, b]$. Предлагается две стратегии обслуживания прибывающих автомобилей:

1. автомобили образуют две очереди и обслуживаются соответствующими пунктами пропуска;
2. автомобили образуют одну общую очередь и обслуживаются освободившимся пунктом пропуска. Исходные данные: $\mu = 1,75$ мин, $a = 1$ мин, $b = 7$ мин.

Целью моделирования является определение:

- характеристик качества обслуживания автомобилей, в частности, средних длин очередей; среднего времени обслуживания автомобиля; среднего времени пребывания автомобиля на пункте пропуска;
- наилучшей стратегии обслуживания автомобилей на пункте пограничного контроля;
- оптимального количества пропускных пунктов.

В качестве критериев, используемых для сравнения стратегий обслуживания автомобилей, выберем: - коэффициенты загрузки системы; - максимальные и средние длины очередей; - средние значения времени ожидания обслуживания.

4.2 Модель для первой стратегии

Для первой стратегии обслуживания, когда прибывающие автомобили образуют две очереди и обслуживаются соответствующими пропускными пунктами, имеем следующую модель (рис. 4.1).

```

GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ; прибытие автомобилей
TEST LE Q$Other1,Q$Other2,Obsl_2 ; длина оч. 1<= длине оч. 2
TEST E Q$Other1,Q$Other2,Obsl_1 ; длина оч. 1= длине оч. 2
TRANSFER 0.5,Obsl_1,Obsl_2 ; длины очередей равны,
; выбираем произв. пункт пропуска
; моделирование работы пункта 1
Obsl_1 QUEUE Other1 ; присоединение к очереди 1
SEIZE punkt1 ; занятие пункта 1
DEPART Other1 ; выход из очереди 1
ADVANCE 4,3 ; обслуживание на пункте 1
RELEASE punkt1 ; освобождение пункта 1
TERMINATE ; автомобиль покидает систему
; моделирование работы пункта 2
Obsl_2 QUEUE Other2 ; присоединение к очереди 2
SEIZE punkt2 ; занятие пункта 2
DEPART Other2 ; выход из очереди 2
ADVANCE 4,3 ; обслуживание на пункте 2
RELEASE punkt2 ; освобождение пункта 2
TERMINATE ; автомобиль покидает систему
; задание условия остановки процедуры моделирования
GENERATE 10080 ; генерация фиктивного транзакта,
; указывающего на окончание рабочей недели
; (7 дней x 24 часа x 60 мин = 10080 мин)
TERMINATE 1 ; остановить моделирование
START 1 ; запуск процедуры моделирования

```

Рис. 4.1: Модель с двумя очередями и пунктами

После запуска симуляции получаем отчёт (рис. 4.2).

пятница, мая 23, 2025 10:51:00

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	10080.000	18	2	0

NAME	VALUE
OBSL_1	5.000
OBSL_2	11.000
OTHER1	10000.000
OTHER2	10001.000
PUNKT1	10003.000
PUNKT2	10002.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
OBSL_1	1	GENERATE	5853	0	0
	2	TEST	5853	0	0
	3	TEST	4162	0	0
	4	TRANSFER	2431	0	0
	5	QUEUE	2928	387	0
	6	SEIZE	2541	0	0
	7	DEPART	2541	0	0
	8	ADVANCE	2541	1	0
	9	RELEASE	2540	0	0
	10	TERMINATE	2540	0	0
OBSL_2	11	QUEUE	2925	388	0
	12	SEIZE	2537	0	0
	13	DEPART	2537	0	0
	14	ADVANCE	2537	1	0
	15	RELEASE	2536	0	0
	16	TERMINATE	2536	0	0
	17	GENERATE	1	0	0
	18	TERMINATE	1	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
PUNKT2	2537	0.996	3.957	1	5078	0	0	0	388
PUNKT1	2541	0.997	3.955	1	5079	0	0	0	387

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
OTHER1	393	387	2928	12	187.098	644.107	646.758	0
OTHER2	393	388	2925	12	187.114	644.823	647.479	0

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
5855	0	10081.102	5855	0	1		
5079	0	10083.517	5079	8	9		

Рис. 4.2: Отчёт по модели с двумя очередями и пунктами

4.3 Модель для второй стратегии

Составим модель для второй стратегии обслуживания, когда прибывающие автомобили образуют одну очередь и обслуживаются освободившимся пропускным пунктом (рис. 4.3).

```

punkt STORAGE 2 ; пропускных пункта
GENERATE(Exponential(1,0,1.75)) ; поступление машины
QUEUE punkt_q ; попадание машины в очередь
ENTER punkt,1 ; переход машины к пункту
DEPART punkt_q ; покидание очереди машиной
ADVANCE 4,3 ; обслуживание на освободившемся пункте
LEAVE punkt,1 ; освобождение пункта машиной
TERMINATE 0 ; завершение обработки машины

;timer
GENERATE 10080 ; таймер на 1 рабочую неделю (7 дней * 24 часа * 60 минут)
TERMINATE 1
START 1

```

Рис. 4.3: Модель с одной очередью и двумя пунктами

После запуска симуляции получаем отчёт (рис. 4.4).

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 2.2.1									
пятница, мая 23, 2025 11:07:28									
START TIME		END TIME		BLOCKS	FACILITIES		STORAGES		
0.000		10080.000		9	0		1		
NAME				VALUE					
PUNKT				10000.000					
PUNKT_Q				10001.000					
LABEL	LOC	BLOCK TYPE		ENTRY	COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY	
	1	GENERATE		5719		0		0	
	2	QUEUE		5719		668		0	
	3	ENTER		5051		0		0	
	4	DEPART		5051		0		0	
	5	ADVANCE		5051		2		0	
	6	LEAVE		5049		0		0	
	7	TERMINATE		5049		0		0	
	8	GENERATE		1		0		0	
	9	TERMINATE		1		0		0	
QUEUE	MAX CONT.		ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY	
PUNKT_Q	668	668	5719	4	344.466	607.138	607.562	0	
STORAGE	CAP. REM.		MIN. MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
PUNKT	2	0	0 2	5051	1	2.000	1.000	0	668
FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE		
5721	0	10080.466	5721	0	1				
5051	0	10081.269	5051	5	6				
5052	0	10083.431	5052	5	6				
5722	0	20160.000	5722	0	8				

Рис. 4.4: Отчёт по модели с одной очередью и двумя пунктами

Сведём полученные статистики моделирования в таблицу (табл. [4.1]).

Таблица 4.1: Сравнение стратегий

Показатель	стратегия 1			стратегия 2
	пункт 1	пункт 2	в целом	
Поступило автомобилей	2928	2925	5853	5719
Обслужено автомобилей	2540	2536	5076	5049
Коэффициент загрузки	0,997	0,996	0,9965	1
Максимальная длина очереди	393	393	786	668
Средняя длина очереди	187,098	187,114	374,212	344,466
Среднее время ожидания	644,107	644,823	644,465	607,138

В результате моделирования мы получили такие выводы:

- коэффициент загрузки системы немного выше для системы с общей очередью для двух пунктов (1 против 0.9965 для стратегии с отдельными очередями)
- максимальная и средняя длины очередей значительно меньше для второй стратегии (максимальная длина очереди меньше на 118 машин, а средняя длина очереди на 30 машин)
- средние значения времени ожидания обслуживания меньше почти на полчаса для второй стратегии

Таким образом с данными параметрами модели более оптимальной является вторая стратегия с общей очередью.

4.4 Подбор оптимального числа пропускных пунктов для первой стратегии

- изменив модели, определить оптимальное число пропускных пунктов (от 1 до 4) для каждой стратегии при условии, что:
- коэффициент загрузки пропускных пунктов принадлежит интервалу $[0, 5; 0, 95]$;
- среднее число автомобилей, одновременно находящихся на контрольно-пропускном пункте, не должно превышать 3;
- среднее время ожидания обслуживания не должно превышать 4 мин.

Рассмотрим сначала разное число пропускных пунктов для первой стратегии. Если установить один пункт досмотра, то получим такую модель (рис. 4.5):

```
GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ; прибытие автомобилей
; моделирование работы пункта 1
Obs1_1 QUEUE Other1 ; присоединение к очереди 1
SEIZE punkt1 ; занятие пункта 1
DEPART Other1 ; выход из очереди 1
ADVANCE 4,3 ; обслуживание на пункте 1
RELEASE punkt1 ; освобождение пункта 1
TERMINATE ; автомобиль покидает систему

; задание условия остановки процедуры моделирования
GENERATE 10080 ; генерация фиктивного транзакта,
; указывающего на окончание рабочей недели
; (7 дней x 24 часа x 60 мин = 10080 мин)
TERMINATE 1 ; остановить моделирование
START 1 ; запуск процедуры моделирования
```

Рис. 4.5: Модель с одной очередью и одним пунктом

После запуска симуляции получаем отчёт (рис. 4.6).

GPSS World Simulation Report - lab16.2.1									
ПЯТНИЦА, МАЯ 23, 2025 12:06:27									
START TIME		END TIME		BLOCKS	FACILITIES		STORAGES		
0.000		10080.000		9	1		0		
NAME				VALUE					
OBSL_1				2.000					
OTHER1				10000.000					
PUNKT1				10001.000					
LABEL	LOC	BLOCK TYPE		ENTRY COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY		
OBSL_1	1	GENERATE		5744		0	0		
	2	QUEUE		5744		3233	0		
	3	SEIZE		2511		0	0		
	4	DEPART		2511		0	0		
	5	ADVANCE		2511		1	0		
	6	RELEASE		2510		0	0		
	7	TERMINATE		2510		0	0		
	8	GENERATE		1		0	0		
	9	TERMINATE		1		0	0		
FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
PUNKT1	2511	1.000	4.014	1	2512	0	0	0	3233
QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY	
OTHER1	3234	3233	5744	1	1617.676	2838.819	2839.313	0	
FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE		
2512	0	10080.255	2512	5	6				
5746	0	10080.384	5746	0	1				
5747	0	20160.000	5747	0	8				

Рис. 4.6: Отчёт по модели с одной очередью и одним пунктом

По отчету можно увидеть, что ни одно из выше описанных требований не выполняется:

- коэффициент загрузки пропускных пунктов равняется 1 (больше, чем нужный диапазон);

- среднее число автомобилей, одновременно находящихся на контрольно-пропускном пункте составляет 1617.676;

- среднее время ожидания обслуживания составляет 2838.819 мин.

Модель с двумя пунктами для обоих стратегий мы уже рассмотрели, поэтому теперь рассмотрим для 3 пунктов. Будем распределять автомобили равномерно, не сравнивая длины очередей (в каждую из очередей с вер-тью 0.33) (рис. 4.7, 4.8):


```

GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ; прибытие автомобилей

TRANSFER 0.33,test2,Obs1_3
test2 TRANSFER 0.5,Obs1_1,Obs1_2

; моделирование работы пункта 1
Obs1_1 QUEUE Other1 ; присоединение к очереди 1
SEIZE punkt1 ; занятие пункта 1
DEPART Other1 ; выход из очереди 1
ADVANCE 4,3 ; обслуживание на пункте 1
RELEASE punkt1 ; освобождение пункта 1
TERMINATE ; автомобиль покидает систему

; моделирование работы пункта 2
Obs1_2 QUEUE Other2 ; присоединение к очереди 2
SEIZE punkt2 ; занятие пункта 2
DEPART Other2 ; выход из очереди 2
ADVANCE 4,3 ; обслуживание на пункте 2
RELEASE punkt2 ; освобождение пункта 2
TERMINATE ; автомобиль покидает систему

```

Рис. 4.7: Модель с тремя очередями и пунктами ч.1

```

; моделирование работы пункта 3
Obs1_3 QUEUE Other3 ; присоединение к очереди 3
SEIZE punkt3 ; занятие пункта 3
DEPART Other3 ; выход из очереди 3
ADVANCE 4,3 ; обслуживание на пункте 3
RELEASE punkt3 ; освобождение пункта 3
TERMINATE ; автомобиль покидает систему

; задание условия остановки процедуры моделирования
GENERATE 10080 ; генерация фиктивного транзакта,
; указывающего на окончание рабочей недели
; (7 дней x 24 часа x 60 мин = 10080 мин)
TERMINATE 1 ; остановить моделирование
START 1 ; запуск процедуры моделирования

```

Рис. 4.8: Модель с тремя очередями и пунктами ч.2

После запуска симуляции получаем отчёт (рис. 4.9, 4.10).

GPSS World Simulation Report - lab16.2.1						
пятница, мая 23, 2025 12:15:55						
START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES		
0.000	10080.000	23	3	0		
NAME		VALUE				
OBSL_1			4.000			
OBSL_2			10.000			
OBSL_3			16.000			
OTHER1			10004.000			
OTHER2			10000.000			
OTHER3			10002.000			
PUNKT1			10005.000			
PUNKT2			10001.000			
PUNKT3			10003.000			
TEST2			3.000			
LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY
TEST2	1	GENERATE	5547		0	0
	2	TRANSFER	5547		0	0
	3	TRANSFER	3682		0	0
OBSL_1	4	QUEUE	1853		1	0
	5	SEIZE	1852		0	0
	6	DEPART	1852		0	0
OBSL_2	7	ADVANCE	1852		1	0
	8	RELEASE	1851		0	0
	9	TERMINATE	1851		0	0
OBSL_2	10	QUEUE	1829		0	0
	11	SEIZE	1829		0	0
	12	DEPART	1829		0	0
OBSL_3	13	ADVANCE	1829		0	0
	14	RELEASE	1829		0	0
	15	TERMINATE	1829		0	0
OBSL_3	16	QUEUE	1865		3	0
	17	SEIZE	1862		0	0
	18	DEPART	1862		0	0
OBSL_3	19	ADVANCE	1862		1	0
	20	RELEASE	1861		0	0
	21	TERMINATE	1861		0	0
OBSL_3	22	GENERATE	1		0	0
	23	TERMINATE	1		0	0

Рис. 4.9: Отчёт по модели с тремя очередями и пунктами ч.1

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE.	TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
PUNKT2	1829	0.717	3.952	1		0	0	0	0	0
PUNKT3	1862	0.740	4.006	1		5534	0	0	0	3
PUNKT1	1852	0.727	3.957	1		5546	0	0	0	1
QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME		AVE.(-0)	RETRY	
OTHER2	11	0	1829	508	1.112	6.126		8.482	0	
OTHER3	13	3	1865	513	1.134	6.132		8.458	0	
OTHER1	9	1	1853	529	0.929	5.055		7.075	0	
FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE			
5549	0	10081.799	5549	0	1					
5534	0	10082.440	5534	19	20					
5546	0	10085.099	5546	7	8					
5550	0	20160.000	5550	0	22					

Рис. 4.10: Отчёт по модели с тремя очередями и пунктами ч.2

По отчету можно увидеть, что 2 из 3 из выше описанных требований выполняются:

- коэффициент загрузки пропускных пунктов в среднем равняется $(0.717 + 0.740 + 0.727)/3 = 0.728$;
- среднее число автомобилей, одновременно находящихся на контрольно-пропускном пункте составляет $(1.112 + 1.134 + 0.929)/3 \approx 1.053$;
- среднее время ожидания обслуживания составляет $(6.126 + 6.132 + 5.055)/3 = 5.771$ мин.

Модель не соответствует требованиям только по критерию среднего времени обслуживания.

Рассмотрим модель с 4 пунктами. Будем распределять автомобили равномерно, не сравнивая длины очередей (в каждую из очередей с вероятью 0.25) (рис. 4.11, 4.12):

```
GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ; прибытие автомобилей

TRANSFER 0.25,test2,Obs1_4
test2 TRANSFER 0.33,test3,Obs1_3
test3 TRANSFER 0.5,Obs1_1,Obs1_2

; моделирование работы пункта 1
Obs1_1 QUEUE Other1 ; присоединение к очереди 1
SEIZE punkt1 ; занятие пункта 1
DEPART Other1 ; выход из очереди 1
ADVANCE 4,3 ; обслуживание на пункте 1
RELEASE punkt1 ; освобождение пункта 1
TERMINATE ; автомобиль покидает систему

; моделирование работы пункта 2
Obs1_2 QUEUE Other2 ; присоединение к очереди 2
SEIZE punkt2 ; занятие пункта 2
DEPART Other2 ; выход из очереди 2
ADVANCE 4,3 ; обслуживание на пункте 2
RELEASE punkt2 ; освобождение пункта 2
TERMINATE ; автомобиль покидает систему
```

Рис. 4.11: Модель с четырьмя очередями и пунктами ч.1

```

; моделирование работы пункта 3
Obsl_3 QUEUE Other3 ; присоединение к очереди 3
SEIZE punkt3 ; занятие пункта 3
DEPART Other3 ; выход из очереди 3
ADVANCE 4,3 ; обслуживание на пункте 3
RELEASE punkt3 ; освобождение пункта 3
TERMINATE ; автомобиль покидает систему

; моделирование работы пункта 4
Obsl_4 QUEUE Other4 ; присоединение к очереди 4
SEIZE punkt4 ; занятие пункта 4
DEPART Other4 ; выход из очереди 4
ADVANCE 4,3 ; обслуживание на пункте 4
RELEASE punkt4 ; освобождение пункта 4
TERMINATE ; автомобиль покидает систему

; задание условия остановки процедуры моделирования
GENERATE 10080 ; генерация фиктивного транзакта,
; указывающего на окончание рабочей недели
; (7 дней x 24 часа x 60 мин = 10080 мин)
TERMINATE 1 ; остановить моделирование
START 1 ; запуск процедуры моделирования

```

Рис. 4.12: Модель с четырьмя очередями и пунктами ч.2

После запуска симуляции получаем отчёт (рис. 4.13, 4.14).

GPSS World Simulation Report - lab16.3.1						
пятница, мая 23, 2025 12:21:17						
START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES		
0.000	10080.000	30	4	0		
NAME	VALUE					
OBSL_1	5.000					
OBSL_2	11.000					
OBSL_3	17.000					
OBSL_4	23.000					
OTHER1	10004.000					
OTHER2	10002.000					
OTHER3	10000.000					
OTHER4	10006.000					
PUNKT1	10005.000					
PUNKT2	10003.000					
PUNKT3	10001.000					
PUNKT4	10007.000					
TEST2	3.000					
TEST3	4.000					
LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY	
	1	GENERATE	5666	0	0	
	2	TRANSFER	5666	0	0	
TEST2	3	TRANSFER	4323	0	0	
TEST3	4	TRANSFER	2905	0	0	
OBSL_1	5	QUEUE	1464	0	0	
	6	SEIZE	1464	0	0	
	7	DEPART	1464	0	0	
	8	ADVANCE	1464	0	0	
	9	RELEASE	1464	0	0	
	10	TERMINATE	1464	0	0	
OBSL_2	11	QUEUE	1441	0	0	
	12	SEIZE	1441	0	0	
	13	DEPART	1441	0	0	
	14	ADVANCE	1441	1	0	
	15	RELEASE	1440	0	0	
	16	TERMINATE	1440	0	0	
OBSL_3	17	QUEUE	1418	0	0	
	18	SEIZE	1418	0	0	
	19	DEPART	1418	0	0	
	20	ADVANCE	1418	0	0	
	21	RELEASE	1418	0	0	

Рис. 4.13: Отчёт по модели с четырьмя очередями и пунктами ч.1

	10	TERMINATE	1407	0	0
OBSL_2	11	QUEUE	1441	0	0
	12	SEIZE	1441	0	0
	13	DEPART	1441	0	0
	14	ADVANCE	1441	1	0
	15	RELEASE	1440	0	0
	16	TERMINATE	1440	0	0
OBSL_3	17	QUEUE	1418	0	0
	18	SEIZE	1418	0	0
	19	DEPART	1418	0	0
	20	ADVANCE	1418	0	0
	21	RELEASE	1418	0	0
	22	TERMINATE	1418	0	0
OBSL_4	23	QUEUE	1343	1	0
	24	SEIZE	1342	0	0
	25	DEPART	1342	0	0
	26	ADVANCE	1342	1	0
	27	RELEASE	1341	0	0
	28	TERMINATE	1341	0	0
	29	GENERATE	1	0	0
	30	TERMINATE	1	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
PUNKT3	1418	0.556	3.950	1	0	0	0	0	0
PUNKT2	1441	0.564	3.945	1	5667	0	0	0	0
PUNKT1	1464	0.585	4.026	1	0	0	0	0	0
PUNKT4	1342	0.517	3.885	1	5665	0	0	0	1

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
OTHER3	9	0	1418	606	0.440	3.127	5.461	0
OTHER2	7	0	1441	647	0.428	2.992	5.429	0
OTHER1	10	0	1464	603	0.501	3.447	5.862	0
OTHER4	5	1	1343	632	0.345	2.593	4.898	0

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
5665	0	10080.006	5665	26	27		
5668	0	10080.047	5668	0	1		
5667	0	10083.464	5667	14	15		
5669	0	20160.000	5669	0	29		

Рис. 4.14: Отчёт по модели с четырьмя очередями и пунктами ч.2

По отчету можно увидеть, модель соответствует всем требованиям:

- коэффициент загрузки пропускных пунктов в среднем равняется $(0.556 + 0.564 + 0.585 + 0.517)/4 = 0.5555$;
- среднее число автомобилей, одновременно находящихся на контрольно-пропускном пункте составляет $(0.44 + 0.428 + 0.501 + 0.345)/4 = 0.4285$;
- среднее время ожидания обслуживания составляет $(3.127 + 2.992 + 3.447 + 2.593)/4 \approx 3.0398$ мин.

Модель полностью соответствует требованиям.

4.5 Подбор оптимального числа пропускных пунктов для второй стратегии

Рассмотрим разное число пропускных пунктов для второй стратегии. Если установить один пункт досмотра, то получим модель с результатами аналогично первой стратегии, единственное - в реализации модели будем использовать многоканальное устройство (STORAGE) (рис. 4.15):

```
punkt STORAGE 1 ; пропускных пункта
GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ; поступление машины
QUEUE punkt_q ; попадание машины в очередь
ENTER punkt,1 ; переход машины к пункту
DEPART punkt_q ; покидание очереди машиной
ADVANCE 4,3 ; обслуживание на освободившемся пункте
LEAVE punkt,1 ; освобождение пункта машиной
TERMINATE 0 ; завершение обработки машины

;timer
GENERATE 10080 ; таймер на 1 рабочую неделю (7 дней * 24 часа * 60 минут)
TERMINATE 1
START 1
```

Рис. 4.15: Модель с одной очередью и одним пунктом

После запуска симуляции получаем отчёт (рис. 4.16).

GPSS World Simulation Report - lab16_2.3.1									
ПЯТНИЦА, МАЯ 23, 2025 12:24:43									
START TIME		END TIME		BLOCKS	FACILITIES		STORAGES		
0.000		10080.000		9	0		1		
NAME				VALUE					
PUNKT				10000.000					
PUNKT_Q				10001.000					
LABEL	LOC	BLOCK TYPE		ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY			
	1	GENERATE		5744	0	0			
	2	QUEUE		5744	3233	0			
	3	ENTER		2511	0	0			
	4	DEPART		2511	0	0			
	5	ADVANCE		2511	1	0			
	6	LEAVE		2510	0	0			
	7	TERMINATE		2510	0	0			
	8	GENERATE		1	0	0			
	9	TERMINATE		1	0	0			
QUEUE									
MAX CONT.		ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)		RETRY	
PUNKT_Q		3234 3233	5744	1 1617.676	2838.819	2839.313		0	
STORAGE									
CAP.		REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
PUNKT		1	0	0	1	2511	1	1.000	1.000 0 3233
FEC XN	PRI	BDT		ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER		VALUE
2512	0	10080.255		2512	5	6			
5746	0	10080.384		5746	0	1			
5747	0	20160.000		5747	0	8			

Рис. 4.16: Отчёт по модели с одной очередью и одним пунктом

Отчет полностью соответствует модели первой стратегии с 1 пропускным пунктом. По отчету можно увидеть, что ни одно из выше описанных требований не выполняется:

- коэффициент загрузки пропускных пунктов равняется 1 (больше, чем нужный диапазон);
- среднее число автомобилей, одновременно находящихся на контрольно-пропускном пункте составляет 1617.676;
- среднее время ожидания обслуживания составляет 2838.819 мин.

Модель с двумя пунктами для обеих стратегий мы уже рассмотрели, поэтому теперь рассмотрим для 3 пунктов. Автомобили поступают в общую очередь и как только один из пунктов освобождается - автомобиль переходит к этому пункту (рис. 4.17):


```

punkt STORAGE 3 ; пропускных пункта
GENERATE(Exponential(1,0,1.75)) ; поступление машины
QUEUE punkt_q ; попадание машины в очередь
ENTER punkt,1 ; переход машины к пункту
DEPART punkt_q ; покидание очереди машиной
ADVANCE 4,3 ; обслуживание на освободившемся пункте
LEAVE punkt,1 ; освобождение пункта машиной
TERMINATE 0 ; завершение обработки машины

;timer
GENERATE 10080 ; таймер на 1 рабочую неделю (7 дней * 24 часа * 60 минут)
TERMINATE 1
START 1

```

Рис. 4.17: Модель с одной очередью и тремя пунктами

После запуска симуляции получаем отчёт (рис. 4.18).

GPSS World Simulation Report - lab16_2.4.1									
пятница, мая 23, 2025 12:27:20									
START TIME		END TIME		BLOCKS	FACILITIES		STORAGES		
0.000		10080.000		9	0		1		
NAME				VALUE					
PUNKT				10000.000					
PUNKT_Q				10001.000					
LABEL	LOC	BLOCK TYPE		ENTRY COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY		
	1	GENERATE		5683	0	0			
	2	QUEUE		5683	0	0			
	3	ENTER		5683	0	0			
	4	DEPART		5683	0	0			
	5	ADVANCE		5683	3	0			
	6	LEAVE		5680	0	0			
	7	TERMINATE		5680	0	0			
	8	GENERATE		1	0	0			
	9	TERMINATE		1	0	0			
QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY		
PUNKT_Q	12	0	5683	2521	1.063	1.885	3.388	0	
STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY DELAY
PUNKT	3	0	0	3	5683	1	2.243	0.748	0 0
FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE		
5680	0	10080.434	5680	5	6				
5683	0	10080.631	5683	5	6				
5685	0	10082.068	5685	0	1				
5684	0	10085.592	5684	5	6				
5686	0	20160.000	5686	0	8				

Рис. 4.18: Отчёт по модели с одной очередью и тремя пунктами

По отчету можно увидеть, все выше описанные требования выполняются:

- коэффициент загрузки пропускных пунктов в среднем равняется 0.748;
- среднее число автомобилей, одновременно находящихся на контрольно-пропускном пункте составляет 1.063;

– среднее время ожидания обслуживания составляет 1.885 мин.

Модель полностью соответствует требованиям.

Для полноты картины рассмотрим модель с 4 пунктами (рис. 4.19):

```
punkt STORAGE 4 ; пропускных пункта
GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ; поступление машины
QUEUE punkt_q ; попадание машины в очередь
ENTER punkt,1 ; переход машины к пункту
DEPART punkt_q ; покидание очереди машиной
ADVANCE 4,3 ; обслуживание на освободившемся пункте
LEAVE punkt,1 ; освобождение пункта машиной
TERMINATE 0 ; завершение обработки машины

;timer
GENERATE 10080 ; таймер на 1 рабочую неделю (7 дней * 24 часа * 60 минут)
TERMINATE 1
START 1
```

Рис. 4.19: Модель с одной очередью и четырьмя пунктами

После запуска симуляции получаем отчёт (рис. 4.20).

GPSS World Simulation Report - lab16_2.5.1									
пятница, мая 23, 2025 12:29:31									
START TIME		END TIME		BLOCKS	FACILITIES	STORAGES			
0.000		10080.000		9	0	1			
NAME				VALUE					
PUNKT				10000.000					
PUNKT_Q				10001.000					
LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY			
	1	GENERATE	5719	0	0	0			
	2	QUEUE	5719	0	0	0			
	3	ENTER	5719	0	0	0			
	4	DEPART	5719	0	0	0			
	5	ADVANCE	5719	4	0	0			
	6	LEAVE	5715	0	0	0			
	7	TERMINATE	5715	0	0	0			
	8	GENERATE	1	0	0	0			
	9	TERMINATE	1	0	0	0			
QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY		
PUNKT_Q	7	0	5719	4356	0.194	0.341	1.431	0	
STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
PUNKT	4	0	0	4	5719	1	2.253	0.563	0 0
FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE		
5718	0	10082.346	5718	5	6				
5717	0	10082.412	5717	5	6				
5719	0	10083.393	5719	5	6				
5721	0	10084.393	5721	0	1				
5720	0	10085.162	5720	5	6				
5722	0	20160.000	5722	0	8				

Рис. 4.20: Отчёт по модели с одной очередью и четырьмя пунктами

По отчету можно увидеть, модель соответствует всем требованиям:

- коэффициент загрузки пропускных пунктов в среднем равняется 0.563;
- среднее число автомобилей, одновременно находящихся на контрольно-пропускном пункте составляет 0.194;
- среднее время ожидания обслуживания составляет 0.341 мин.

Модель полностью соответствует требованиям, но использовать 4 обработчика в данной стратегии не очень рационально, так как достаточно большое время (около 44% от всего времени) пункты свободны и происходит простой. Автомобили ожидают обслуживания всего несколько секунд. Для данных требований для второй стратегии оптимальное число пунктов - 3.

5 Выводы

В ходе данной лабораторной работы я реализовала с помощью grps модель двух стратегий обслуживания и оценила оптимальные параметры.

Список литературы

1. Королькова А.В., Кулябов Д.С. Руководство к лабораторной работе №16. Моделирование информационных процессов. Задачи оптимизации. Модель двух стратегий обслуживания. 2025. С. 2.
2. Сосновиков Г.К., Воробейчиков Л.А. Компьютерное моделирование. Практикум по имитационному моделированию в среде GPSS World. 2023. С. 112.