

# Лабораторная работа 16

## Задачи оптимизации. Модель двух стратегий обслуживания

Герра Гарсия Паола Валентина

### Содержание

Цель работы .....	1
Задание.....	1
Выполнение лабораторной работы .....	1
Постановка задачи .....	1
Построение модели .....	2
Оптимизация модели двух стратегий обслуживания.....	6
Выводы.....	10

### Цель работы

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

### Задание

Реализовать с помощью gpss:

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

### Выполнение лабораторной работы

#### Постановка задачи

На пограничном контрольно-пропускном пункте транспорта имеются 2 пункта пропуска. Интервалы времени между поступлением автомобилей имеют экспоненциальное распределение со средним значением  $\mu$ . 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.

## Построение модели

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.

Для первой стратегии обслуживания, когда прибывающие автомобили образуют две очереди и обслуживаются соответствующими пропускными пунктами, имеем следующую модель (рис. [-@fig:001]).

```

lab16_1.gps
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

```

*Модель первой стратегии обслуживания*

После запуска симуляции получим отчёт (рис. [-@fig:002]).

Tab16.111 - REPORT									
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				
OBSL_2	10	TERMINATE	2540	0	0				
	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				

### Отчёт по модели первой стратегии обслуживания

Составим модель для второй стратегии обслуживания, когда прибывающие автомобили образуют одну очередь и обслуживаются освободившимся пропускным пунктом (рис. [-@fig:003], [-@fig:004]).

```

Tab16.2.gps
punkt STORAGE 2
GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ; прибытие автомобилей

QUEUE Other ; присоединение к очереди 1
ENTER punkt,1 ; занятие пункта 1
DEPART Other ; выход из очереди 1
ADVANCE 4,3 ; обслуживание на пункте 1
LEAVE punkt,1 ; 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

```

### Модель второй стратегии обслуживания

lab16_2.4.1 - REPORT									
START TIME		END TIME		BLOCKS	FACILITIES	STORAGES			
0.000		10080.000		9	0	1			
NAME				VALUE					
OTHER				10001.000					
PUNKT				10000.000					
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	
OTHER	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				

### Отчет по модели второй стратегии обслуживания

Составим таблицу по полученной статистике (табл. [-@tbl:strategy]).

Сравнение стратегий {#tbl:strategy}:

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

Сравнив результаты моделирования двух систем, можно сделать вывод о том, что первая модель позволяет обслужить большее число автомобилей. Однако мы видим, что разница между обслуженными и поступившими автомобилями меньше для второй модели – значит, продуктивность работы выше. Также для второй модели коэффициент загрузки равен 1 – значит ни один из пунктов не простаивает. Максимальная длина очереди, средняя длина очереди и среднее время ожидания меньше для второй стратегии. Можно сделать вывод, что вторая стратегия лучше.

## Оптимизация модели двух стратегий обслуживания

Изменим модели, чтобы определить оптимальное число пропускных пунктов (от 1 до 4). Будем подбирать под следующие критерии:

- 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.

Для обеих стратегий модель с одним пунктом выглядит одинаково (рис. [-@fig:005]).

```
lab16_2.gps
GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ; прибытие автомобилей

QUEUE Other ; присоединение к очереди 1
SEIZE punkt ; занятие пункта 1
DEPART Other ; выход из очереди 1
ADVANCE 4,3 ; обслуживание на пункте 1
RELEASE punkt ; 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
```

Модель двух стратегий обслуживания с 1 пропускным пунктом

После симуляции получим следующий отчет (рис. [-@fig:005]).

lab16_261 - REPORT									
START TIME		END TIME		BLOCKS	FACILITIES		STORAGES		
0.000		10080.000		9	1		0		
NAME				VALUE					
OTHER				10000.000					
PUNKT				10001.000					
LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY				
1	GENERATE	5744	0	0	0				
2	QUEUE	5744	3233	0	0				
3	SEIZE	2511	0	0	0				
4	DEPART	2511	0	0	0				
5	ADVANCE	2511	1	0	0				
6	RELEASE	2510	0	0	0				
7	TERMINATE	2510	0	0	0				
8	GENERATE	1	0	0	0				
9	TERMINATE	1	0	0	0				
FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
PUNKT	2511	1.000	4.014	1	2512	0	0	0	3233
QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY		
OTHER	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				

Отчёт по модели двух стратегий обслуживания с 1 пропускным пунктом

В этом случае модель не проходит ни по одному из критериев, так как коэффициент загрузки, размер очереди и среднее время ожидания больше.

Построим модель для первой стратегии с 3 пропускными пунктами и получим отчет (рис. [-@fig:007], [-@fig:008]).

```
lab16_2.gps
GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ; прибытие автомобилей
TRANSFER 0.33,go,OBSL_3;
go 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
; 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

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

Модель первой стратегии обслуживания с 3 пропускными пунктами

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	5547	0	0
	2	TRANSFER	5547	0	0
GO	3	TRANSFER	3682	0	0
OBSL_1	4	QUEUE	1853	1	0
	5	SEIZE	1852	0	0
	6	DEPART	1852	0	0
	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
	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
	19	ADVANCE	1862	1	0
	20	RELEASE	1861	0	0
	21	TERMINATE	1861	0	0
	22	GENERATE	1	0	0
	23	TERMINATE	1	0	0

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		

Отчёт по модели первой стратегии обслуживания с 3 пропускными пунктами

В этом случае среднее количество автомобилей в очереди меньше 3 и коэффициент загрузки в нужном диапазоне, но среднее время ожидания больше 4.

Построим модель для первой стратегии с 4 пропускными пунктами (рис. [-@fig:009], [-@fig:010]).

```

lab16.2.gps
GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ; прибытие автомобиля
TRANSFER 0.5,a,b;
a TRANSFER 0.5,Obal_1,Obal_2
b TRANSFER 0.5,Obal_3,Obal_4

; выбираем произв. пункт пропуска
; моделирование работы пункта 1
Obal_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
Obal_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
; моделирование работы пункта 3
Obal_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
Obal_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 процедур моделирования
GENERATE 10080 ; генерация фиктивного транзакта,
; указывающего на окончании рабочего периода
; (7 дней х 24 часа х 60 мин = 10080 мин)
TERMINATE 1 ; остановить моделирование
START 1 ; запуск процедуры моделирования

```

### Модель первой стратегии обслуживания с 4 пропускными пунктами

26	ADVANCE	1413	1	0
27	RELEASE	1412	0	0
28	TERMINATE	1412	0	0
29	GENERATE	1	0	0
30	TERMINATE	1	0	0

  

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
PUNKT4	1413	0.557	3.971	1	5623	0	0	0	0
PUNKT3	1378	0.545	3.989	1	0	0	0	0	0
PUNKT2	1366	0.541	3.993	1	0	0	0	0	0
PUNKT1	1465	0.584	4.018	1	5621	0	0	0	0

  

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
OTHER4	7	0	1413	628	0.415	2.958	5.325	0
OTHER3	8	0	1378	655	0.345	2.527	4.816	0
OTHER2	6	0	1366	625	0.363	2.676	4.934	0
OTHER1	6	0	1465	590	0.492	3.385	5.667	0

  

FEC	XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
5624	0		10080.041	5624	0	1		
5621	0		10080.398	5621	8	9		
5623	0		10082.255	5623	26	27		
5625	0		20160.000	5625	0	29		

### Отчёт по модели первой стратегии обслуживания с 4 пропускными пунктами

В этом случае все критерии выполнены, поэтому 4 пункта являются *оптимальным* количеством для первой стратегии.

Построим модель для второй стратегии с 3 пропускными пунктами и получим отчет (рис. [-@fig:011], [-@fig:012]).



```
lab16_3.gps
punkt STORAGE 3;
GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ; прибытие автомобилей

; моделирование работы пункта 1
QUEUE Other ; присоединение к очереди 1
ENTER punkt ; занятие пункта 1
DEPART Other ; выход из очереди 1
ADVANCE 4,3 ; обслуживание на пункте 1
LEAVE punkt ; 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
```

### Модель второй стратегии обслуживания с 3 пропускными пунктами

OTHER	10001.000
PUNKT	10000.000

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
OTHER	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		

### Отчёт по модели второй стратегии обслуживания с 3 пропускными пунктами

В этом случае все критерии выполняются, поэтому модель *оптимальна*.

Построим модель для второй стратегии с 4 пропускными пунктами и получим отчет (рис. [-@fig:011], [-@fig:012]).

```

punkt STORAGE 4;
GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ; прибытие автомобилей

; моделирование работы пункта 1
QUEUE Other ; присоединение к очереди 1
ENTER punkt ; занятие пункта 1
DEPART Other ; выход из очереди 1
ADVANCE 4,3 ; обслуживание на пункте 1
LEAVE punkt ; 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

```

### Модель второй стратегии обслуживания с 4 пропускными пунктами

LABEL	LOC	BLOCK	TYPE	ENTRY	COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY
	1	GENERATE		5719		0	0	
	2	QUEUE		5719		0	0	
	3	ENTER		5719		0	0	
	4	DEPART		5719		0	0	
	5	ADVANCE		5719		4	0	
	6	LEAVE		5715		0	0	
	7	TERMINATE		5715		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
OTHER	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		

### Отчёт по модели второй стратегии обслуживания с 4 пропускными пунктами

Здесь все критерии выполнены при этом время ожидания и среднее число автомобилей меньше, чем в случае второй стратегии с 3 пунктами, однако и загрузка меньше. Можно сделать вывод, что 4 пропускной пункт излишне разгружает систему.

В результате анализа наилучшим количеством пропускных пунктов будет 3 при втором типе обслуживания и 4 при первом.

## Выводы

В результате выполнения данной лабораторной работы я реализовала с помощью grps:

- модель с двумя очередями;
- модель с одной очередью;

- изменить модели, чтобы определить оптимальное число пропускных пунктов.