

# Лабораторная Работа №16

Задачи оптимизации. Модель двухстратегий обслуживания

---

Козлов В.П.

Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва, Россия

- Козлов Всеволод Павлович
- НФИбд-02-22
- Российский университет дружбы народов
- [1132226428@pfur.ru]

# Выполнение лабораторной работы

---

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

Реализовать с помощью gpss:

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

## 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.

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.



# Прибывающие автомобили образуют две очереди и облс. соответств. пропускными пунктами

```
GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ; прибытие автомобилей
TEST LE Q$Other1,Q$Other2,Obs1_2 ; длина оч. 1<= длине оч. 2
TEST E Q$Other1,Q$Other2,Obs1_1 ; длина оч. 1= длине оч. 2
TRANSFER 0.5,Obs1_1,Obs1_2 ; длины очередей равны,
; выбираем произв. пункт пропуска
; 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
; 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
```

**Figure 1:** Прибывающие автомобили образуют две очереди и облс. соответств. пропускными пунктами

# Отчет. Прибывающие автомобили образуют две очереди и обсл. соответств. пропускными пунктами

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	10000.000	18	2	0

  

NAME	VALUE
OBSL_1	0.000
OBSL_2	11.000
OTHER1	10000.000
OTHER2	10001.000
PUNKT1	10008.000
PUNKT2	10002.000

  

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
OBSL_1	1	GENERATE	0	0	0
	2	TEST	0	0	0
	3	TEST	0	0	0
	4	TRANSFER	0	0	0
	5	QUEUE	387	0	0
	6	SEIZE	0	0	0
	7	DEPART	0	0	0
	8	ADVANCE	1	0	0
	9	RELEASE	0	0	0
	10	TERMINATE	0	0	0
OBSL_2	11	QUEUE	388	0	0
	12	SEIZE	0	0	0
	13	DEPART	0	0	0
	14	ADVANCE	1	0	0
	15	RELEASE	0	0	0
	16	TERMINATE	0	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.(1-0)	RETRY
OTHER1	393	387	2928	12	187.098	644.107	0
OTHER2	393	388	2925	12	187.114	644.823	0

  

FEC	XN	PRI	BDT	ASSEN	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
5855	0		10081.102	5855	0	1		
5079	0		10083.517	5079	8	9		
5078	0		10083.808	5078	14	15		
5856	0		20160.000	5856	0	17		

**Figure 2:** Отчет. Прибывающие автомобили образуют две очереди и обсл. соответств. пропускными пунктами

# Прибывающие автомобили образуют одну очередь и обл. освободившимися пропускными пунктами

```
punkt STORAGE 2
GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ; прибытие автомобилей

QUEUE Other;
ENTER punkt,1
DEPART Other;
ADVANCE 4,3;
LEAVE punkt,1;
TERMINATE ;

GENERATE 10080;
TERMINATE 1;
START 1;
```

**Figure 3:** Прибывающие автомобили образуют одну очередь и обл. освободившимися пропускными пунктами

# Отчет. Прибывающие автомобили образуют одну очередь и облс. освобожденными пропускными пунктами

```
GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.5.1

cy66ota, max 24, 2025 10:54:54

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          0          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 XM  FRI      BOT  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
```

**Figure 4:** Отчет. Прибывающие автомобили образуют одну очередь и облс. освобожденными пропускными пунктами

## 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

Анализ результатов моделирования двух систем показывает, что первая модель способна обработать большее количество автомобилей. Однако стоит отметить, что во второй модели разница между числом поступивших и обслуженных машин меньше, что свидетельствует о более эффективной работе системы. Кроме того, коэффициент загрузки для второй модели достигает 1, что означает полное использование всех пропускных пунктов без простоев. Также показатели, связанные с длиной очередей и временем ожидания, во второй стратегии оказались ниже. Это позволяет считать вторую стратегию более предпочтительной.

Изменим модели под следующие критерии:

- коэффициента загрузки пропускных пунктов принадлежат 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.

## Модель с одним пунктам (для обеи стратегий)

```
GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ; прибытие автомобилей
QUEUE Other;
SEIZE punkt; занятие пункта 1
DEPART Other;
ADVANCE 4,3;
RELEASE punkt;
TERMINATE ;

GENERATE 10080;
TERMINATE 1;
START 1;
```

**Figure 5:** Отчет. Прибывающие автомобили образуют одну очередь и обсл. освободившимися пропускными пунктами



# Отчет. Модель с одним пунктам

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.6.1									
cy56ora, may 24, 2025 10:57:07									
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				
	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
PUNKT	2511	1.000	4.014	1	2512	0	0	0	3233
QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(1-0)		RETRY	
OTHER	3234 3233	5744	1	1617.676	2838.819	2839.313		0	
FEC	KN	PRI	BUT	ASSEN	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			

Figure 6: Отчет. Модель с одним пунктам

Здесь модель не проходит ни по одному из критериев, тк коэффициенты загрузки, размер очереди и среднее время ожидания больше.

# Модель для первой стратегии с 3 пропускными пунктами

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

TRANSFER 0.33,go,Obs1_3;
go TRANSFER 0.5,Obs1_1,Obs1_2;
Obs1_1 QUEUE Other1;
SEIZE punkt1;
DEPART Other1;
ADVANCE 4,3;
RELEASE punkt1;
TERMINATE;

Obs1_2 QUEUE Other2;
SEIZE punkt2;
DEPART Other2;
ADVANCE 4,3;
RELEASE punkt2;
TERMINATE;

Obs1_3 QUEUE Other3;
SEIZE punkt3;
DEPART Other3;
ADVANCE 4,3;
RELEASE punkt3;
TERMINATE;

GENERATE 10080;
TERMINATE 1;
START 1;
```

Figure 7: Модель с тремя пунктами

# Отчет. Модель для первой стратегии с 3 пропускными пунктами

```

GPSS World Simulation Report - Unedited Model 1.14.1

cy8600a, max 24, 2025 11:08:13

START TIME          END TIME    BLOCKS   FACILITIES  STORAGES
0.000              10000.000    29         4           0

NAME                VALUE
GO                  0.000
OBSL_1              0.000
OBSL_2              10.000
OBSL_3              10.000
OTHER1              10000.000
OTHER2              10000.000
OTHER3              10000.000
PUNET1              10000.000
PUNET2              10000.000
PUNET3              10000.000

LABEL              LOC  BLOCK TIME    ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
GO
OBSL_1              4  QUEUE      1982      0      0
OBSL_1              5  SEIZE      1982      0      0
OBSL_1              6  DEPART      1982      0      0
OBSL_1              7  ADVANCE     1982      1      0
OBSL_1              8  RELEASE     1981      0      0
OBSL_1              9  TERMINATE    1981      0      0
OBSL_2              10  QUEUE      1929      0      0
OBSL_2              11  SEIZE      1929      0      0
OBSL_2              12  DEPART      1929      0      0
OBSL_2              13  ADVANCE     1929      0      0
OBSL_2              14  RELEASE     1929      0      0
OBSL_2              15  TERMINATE    1929      0      0
OBSL_2              16  QUEUE      1965      0      0
OBSL_2              17  SEIZE      1962      0      0
OBSL_2              18  DEPART      1962      0      0
OBSL_2              19  ADVANCE     1962      1      0
OBSL_2              20  RELEASE     1961      0      0
OBSL_2              21  TERMINATE    1961      0      0
OBSL_2              22  SEIZE      1962      0      0
OBSL_2              23  TERMINATE    1961      0      0

FACILITY            ENTRIES UTIL.  AVE. TIME AVAIL.  ORDER PEND INTER RETRY DELAY
PUNET2              1929  0.717    0.982  1      0  0  0  0  0
PUNET3              1982  0.740    4.006  1    5524  0  0  0  0  0
PUNET1              1982  0.707    0.987  1    5566  0  0  0  0  1

QUEUE              MAX CONT.  ENTRY ENTRY(0) AVE. CONT.  AVE. TIME  AVE. (1-5)  RETRY
OTHER2              11  0    1929  508    1.112    6.126    8.482  0
OTHER3              13  0    1965  519    1.104    6.102    8.488  0
OTHER1              9   1    1982  528    0.929    6.099    7.079  0

REQ ID  PRI      BOT  ASSIGN  CURRENT  NEXT  PARAMETER  VALUE
5549  0    10000.799  5549  0    1
5524  0    10000.440  5524  18   20
5546  0    10000.000  5546  7    8
5540  0    10000.000  5540  0   -1

```

File Name: main1.F1      Report is Generated

Figure 8: Отчет. Модель с тремя пунктами

Здесь сред кол-во автомобилей в очереди меньше 3 и коэффициента загрузки в нужном диапазоне. Однако сред время ожидания больше 4.

# Модель для первой стратегии с 4 пропускными пунктами

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

TRANSFER 0.5,a,b;
a TRANSFER 0.5,Obs1_1,Obs1_2;
b TRANSFER 0.5,Obs1_3,Obs1_4

Obs1_1 QUEUE Other1;
SEIZE punkt1;
DEPART Other1;
ADVANCE 4,3;
RELEASE punkt1;
TERMINATE;

Obs1_2 QUEUE Other2;
SEIZE punkt2;
DEPART Other2;
ADVANCE 4,3;
RELEASE punkt2;
TERMINATE;

Obs1_3 QUEUE Other3;
SEIZE punkt3;
DEPART Other3;
ADVANCE 4,3;
RELEASE punkt3;
TERMINATE;

Obs1_4 QUEUE Other4;
SEIZE punkt4;
DEPART Other4;
ADVANCE 4,3;
RELEASE punkt4;
TERMINATE;

GENERATE 10080;
```

Figure 9: Модель с четырьмя пунктам

# Отчет. Модель для первой стратегии с 4 пропускными пунктами

NAME		VALUE
A		1.000
B		4.000
OBSL_1		1.000
OBSL_2		11.000
OBSL_3		17.000
OBSL_4		23.000
OTHER1		10004.000
OTHER2		10004.000
OTHER3		10001.000
OTHER4		10001.000
PUNHT1		10007.000
PUNHT2		10008.000
PUNHT3		10008.000
PUNHT4		10001.000

  

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY
1	GENERATE	5621	0	0	0	0
2	TRANSFER	5621	0	0	0	0
3	TRANSFER	2921	0	0	0	0
4	TRANSFER	2791	0	0	0	0
5	QUEUE	1489	0	0	0	0
OBSL_1	6	SEIZE	1489	0	0	0
	7	DEPART	1489	0	0	0
	8	ADVANCE	1489	1	0	0
	9	RELEASE	1489	0	0	0
OBSL_2	10	TERMINATE	1489	0	0	0
	11	QUEUE	1378	0	0	0
	12	SEIZE	1378	0	0	0
	13	DEPART	1378	0	0	0
	14	ADVANCE	1378	0	0	0
	15	RELEASE	1378	0	0	0
OBSL_3	16	TERMINATE	1378	0	0	0
	17	QUEUE	1378	0	0	0
	18	SEIZE	1378	0	0	0
	19	DEPART	1378	0	0	0
	20	ADVANCE	1378	0	0	0
	21	RELEASE	1378	0	0	0
OBSL_4	22	TERMINATE	1378	0	0	0
	23	QUEUE	1419	0	0	0
	24	SEIZE	1419	0	0	0
	25	DEPART	1419	0	0	0
	26	ADVANCE	1419	1	0	0
	27	RELEASE	1419	0	0	0
	28	TERMINATE	1419	0	0	0
	29	GENERATE	1	0	0	0
	30	TERMINATE	1	0	0	0

  

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	ENTER	RETRY	DELAY
PUNHT4	1419	0.957	3.971	1	5623	0	0	0	0
PUNHT3	1378	0.948	3.989	1	0	0	0	0	0
PUNHT2	1489	0.941	3.992	1	0	0	0	0	0
PUNHT1	1489	0.986	4.018	1	5621	0	0	0	0

  

QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(G)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (1-0) RETRY		
OTHER4	7	0	1419	628	0.415	2.955	5.325	0
OTHER3	8	0	1378	898	0.348	2.827	4.916	0
OTHER2	8	0	1378	628	0.369	2.876	4.916	0
OTHER1	8	0	1489	590	0.492	3.085	5.667	0

  

FEC NO	PR1	BDT	ARREN	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
5624	0	10000.041	5624	0	1		

Figure 10: Отчет. Модель с четырьмя пунктам

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



# Модель для второй стратегии с 3 пропускными пунктами

```
punkt STORAGE 3;  
GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ; прибытие автомобилей  
  
QUEUE Other;  
ENTER punkt;  
DEPART Other;  
ADVANCE 4,3;  
LEAVE punkt;  
TERMINATE;  
  
GENERATE 10080;  
TERMINATE 1;  
START 1;
```

**Figure 11:** Модель для второй стратегии с 3 пропускными пунктами

# Отчет. Модель для второй стратегии с 3 пропускными пунктами

```
GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.16.1

суббота, мая 24, 2025 11:12:24

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    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      EDT  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
```

**Figure 12:** Отчет. Модель для второй стратегии с 3 пропускными пунктами

Все критерии выполняются  $\Rightarrow$  модель оптимальна.

# Модель для второй стратегии с 4 пропускными пунктами

```
punkt STORAGE 4;  
GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ; прибытие автомобилей  
  
QUEUE Other;  
ENTER punkt;  
DEPART Other;  
ADVANCE 4,3;  
LEAVE punkt;  
TERMINATE;  
  
GENERATE 10080;  
TERMINATE 1;  
START 1;
```

**Figure 13:** Модель для второй стратегии с 4 пропускными пунктами

# Отчет. Модель для второй стратегии с 4 пропускными пунктами

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.17.1									
cy66ora, max 24, 2025 11:14:08									
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	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
FEC	XX	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			

Figure 14: Отчет. Модель для второй стратегии с 4 пропускными пунктами

В данной ситуации все критерии соблюдены, при этом время ожидания и среднее количество автомобилей оказываются ниже, чем во втором варианте стратегии с тремя пунктами. Однако уровень загрузки также снижается, что говорит о возможной избыточности четвёртого пункта пропуска.

Таким образом, на основе проведённого анализа можно заключить, что оптимальное количество пропускных пунктов составляет три при втором типе обслуживания и четыре при первом.

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