

# Отчет по 16 лабораторной работе

Дисциплина: Имитационное моделирование

---

Шошина Е.А.

24 мая 2025

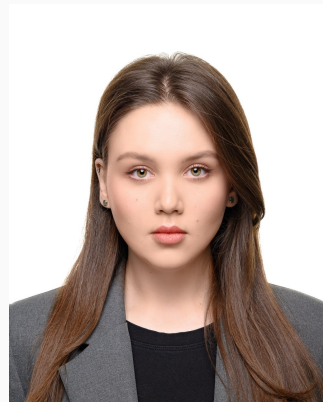
Группа НФИбд-01-22

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

## Информация

---

- Шошина Евгения Александровна
- Студентка 3го курса, группа НФИбд-01-22
- Фундаментальная информатика и информационные технологии
- Российский университет дружбы народов
- Ссылка на репозиторий гитхаба EAShoshina



Определить: - характеристики качества обслуживания автомобилей, в частности, средних длин очередей; среднего времени обслуживания автомобиля; среднего времени пребывания автомобиля на пункте пропуска; - наилучшую стратегию обслуживания автомобилей на пункте пограничного контроля; - оптимальное количество пропускных пунктов.

## Задачи

1. Составить модель для первой стратегии обслуживания, когда прибывающие автомобили образуют две очереди и обслуживаются соответствующими пропускными пунктами, имеем следующую модель
2. Составить модель для второй стратегии обслуживания, когда прибывающие автомобили образуют одну очередь и обслуживаются освободившимся пропускным пунктом;
3. Свести полученные статистики моделирования в таблицу
4. По результатам моделирования сделать вывод о наилучшей стратегии обслуживания автомобилей;
5. 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

## Теоретическое введение

---

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.

## Выполнение лабораторной работы

---



# 1. Составили модель для первой стратегии обслуживания, когда прибывающие автомобили образуют две очереди и обслуживаются соответствующими пропускными пунктами

```
GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ;  
TEST LE Q$Other1,Q$Other2,Obs1_2 ;  
TEST E Q$Other1,Q$Other2,Obs1_1 ;  
  
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  
  
GENERATE 10080 ;  
  
TERMINATE 1 ;  
START 1 ;
```

Рис. 1: Модель для первой стратегии обслуживания

# Результат моделирования для первой стратегии обслуживания

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

NAME	VALUE
CBSL_1	5.000
CBSL_2	11.000
OTHER1	10000.000
OTHER2	10001.000
PUNCT1	10003.000
PUNCT2	10002.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
CBSL_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
CBSL_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

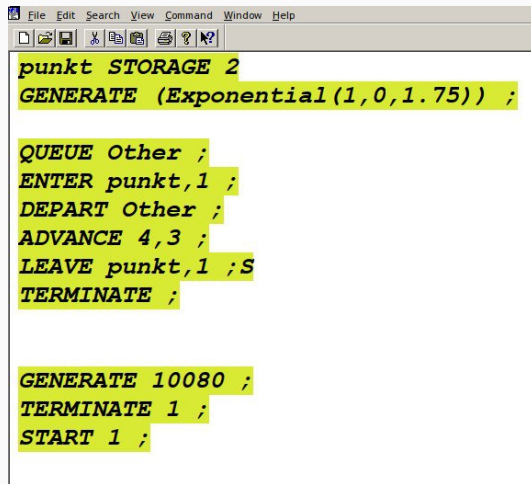
FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
PUNCT2	2537	0.996	3.957	1	5078	0	0	0	388
PUNCT1	2541	0.997	3.955	1	5079	0	0	0	387

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

Рис. 2: Результат моделирования для первой стратегии обслуживания

2. Составили модель для второй стратегии обслуживания, когда прибывающие автомобили образуют одну очередь и обслуживаются освободившимся пропускным пунктом;



The image shows a screenshot of a text editor window with a menu bar (File, Edit, Search, View, Command, Window, Help) and a toolbar. The text inside the editor is a simulation model script for a queueing system. The script is as follows:

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

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

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

Рис. 3: Модель для второй стратегии обслуживания

## Результат моделирования для второй стратегии обслуживания

```

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.13.1

суббота, мая 24, 2025 19:54:12

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               1    GENERATE    5719         0        0
2               2    QUEUE      5719         668      0
3               3    ENTER     5051         0        0
4               4    DEPART    5051         0        0
5               5    ADVANCE   5051         2        0
6               6    LEAVE     5049         0        0
7               7    TERMINATE 5049         0        0
8               8    GENERATE    1          0        0
9               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
    
```

Рис. 4: Результат моделирования для второй стратегии обслуживания

### 3. Свели полученные статистики моделирования в таблицу

Показатель	стратегия 1			стратегия 2
	пункт 1	пункт 2	В целом	
Поступило автомобилей	2928	2925	5853	6719
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

Рис. 5: Сравнительная таблица

4. По результатам моделирования сделали вывод, что наилучшей стратегией обслуживания автомобилей является “стратегия 2”.

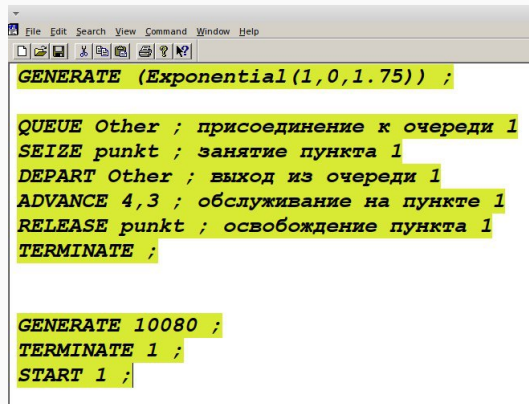
Показатель	стратегия 1			стратегия 2
	пункт 1	пункт 2	В целом	
Поступило автомобилей	2928	2925	5853	6719
Обслужено автомобилей	2540	2536	5076	5049
Коэффициент загрузки	0,997	0,996	0,9965	1
Максимальная длина очереди	393	393	786	668
Средняя длина очереди	187,098	187,114	374,212	344,466
Среднее время ожидания	644,107	644,823	644,465	607,138

Рис. 6: Сравнительная таблица

## 5. Изменив модели, определили оптимальное число пропускных пунктов (от 1 до 4):

Для первой стратегии - 4 Для второй стратегии - 3

Составили модель для первой стратегии обслуживания, когда прибывающие автомобили образуют две очереди и обслуживаются одним пропускным пунктом



```
File Edit Search View Command Window Help
[Icons]
GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ;

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 ;

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

Рис. 7: Модель для первой стратегии обслуживания с одним пропускным пунктом



# Результат моделирования для первой стратегии обслуживания с одним пропускным пунктом

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.17.1									
суббота, мая 24, 2025 20:10:05									
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. (-0)		RETRY	
OTHER	3234 3233	5744	1	1617.676	2838.819	2839.313		0	
FEC XN	PRI	BOT	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. 8: Результат моделирования для первой стратегии обслуживания с одним пропускным пунктом

Составили модель для первой стратегии обслуживания, когда прибывающие автомобили образуют две очереди и обслуживаются тремя пропускными пунктами

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

TRANSFER 0.33,go,Obs1_3;
go 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

; 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

GENERATE 10080 ;
TERMINATE 1 ; остановить моделирование
START 1 ; запуск процедуры моделирования
```

Рис. 9: Модель для первой стратегии обслуживания с тремя пропускными пунктами

# Результат моделирования для первой стратегии обслуживания с тремя пропускными пунктами

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
GO CBSL_1  CBSL_2  CBSL_3	1	GENERATE	5547	0	0
	2	TRANSFER	5547	0	0
	3	TRANSFER	3682	0	0
	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
	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
	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
FUNCT2	1829	0.717	3.952	1	0
FUNCT3	1862	0.740	4.006	1	5534
FUNCT1	1852	0.727	3.957	1	5546
QUEUE					
	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT.
OTHER2	11	0	1829	508	1.112
OTHER3	13	3	1865	513	1.134
OTHER1	9	1	1853	529	0.929
	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY		
OTHER2	6.126	8.482	0		
OTHER3	6.132	8.458	0		
OTHER1	5.055	7.075	0		

Рис. 10: Результат моделирования для первой стратегии обслуживания с тремя пропускными пунктами

Составили модель для первой стратегии обслуживания, когда прибывающие автомобили образуют две очереди и обслуживаются четырьмя пропускными пунктами

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

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

; 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

; 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

; моделирование работы пункта 4
Obs1_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
```

Рис. 11: Модель для первой стратегии обслуживания с четырьмя пропускными пунктами

# Результат моделирования для первой стратегии обслуживания с тремя пропускными пунктами

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
A	1	GENERATE	5622	0	0
	2	TRANSFER	5622	0	0
	3	TRANSFER	2831	0	0
S	4	TRANSFER	2791	0	0
	5	QUEUE	1465	0	0
	6	SEIZE	1465	0	0
OBSL_1	7	DEPART	1465	0	0
	8	ADVANCE	1465	1	0
	9	RELEASE	1464	0	0
OBSL_2	10	TERMINATE	1464	0	0
	11	QUEUE	1366	0	0
	12	SEIZE	1366	0	0
OBSL_3	13	DEPART	1366	0	0
	14	ADVANCE	1366	0	0
	15	RELEASE	1366	0	0
OBSL_4	16	TERMINATE	1366	0	0
	17	QUEUE	1378	0	0
	18	SEIZE	1378	0	0
OBSL_5	19	DEPART	1378	0	0
	20	ADVANCE	1378	0	0
	21	RELEASE	1378	0	0
OBSL_6	22	TERMINATE	1378	0	0
	23	QUEUE	1413	0	0
	24	SEIZE	1413	0	0
OBSL_7	25	DEPART	1413	0	0
	26	ADVANCE	1413	1	0
	27	RELEASE	1412	0	0
OBSL_8	28	TERMINATE	1412	0	0
	29	GENERATE	1	0	0
	30	TERMINATE	1	0	0

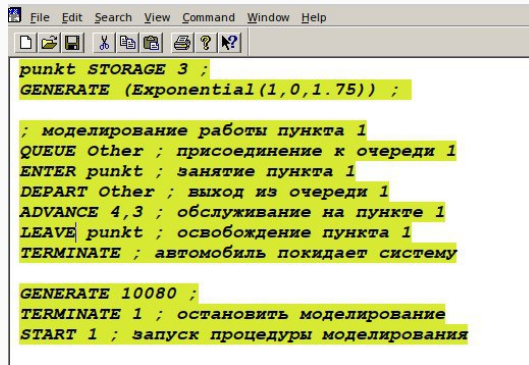
FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
PUNKT4	1413	0.557	3.971	1	5623	0	0	0	0
PUNKT3	1378	0.545	3.989	1	0	0	0	0	0
PUNKT2	1366	0.541	3.993	1	0	0	0	0	0
PUNKT1	1465	0.584	4.018	1	5621	0	0	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
OTHER4	7	0	1413	628	0.415	2.959	5.325	0
OTHER3	6	0	1378	655	0.345	2.827	4.818	0
OTHER2	6	0	1366	625	0.363	2.876	4.934	0
OTHER1	6	0	1465	590	0.492	3.385	5.667	0

Рис. 12: Результат моделирования для первой стратегии обслуживания с четырьмя пропускными пунктами

Составили модель для второй стратегии обслуживания, когда прибывающие автомобили образуют одну очередь и обслуживаются тремя пропускными пунктами



```
File Edit Search View Command Window Help
[Icons]
punkt STORAGE 3 ;
GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ;

; 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

GENERATE 10080 ;
TERMINATE 1 ; остановить моделирование
START 1 ; запуск процедуры моделирования
```

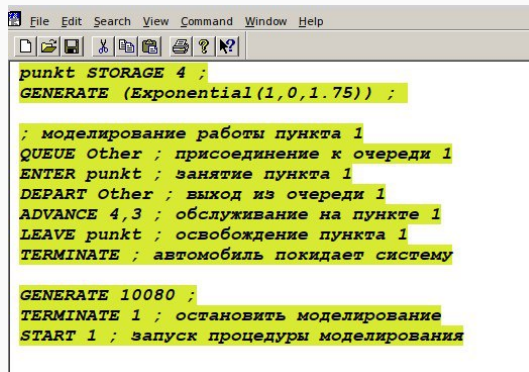
Рис. 13: Модель для второй стратегии обслуживания с тремя пропускными пунктами

# Результат моделирования для первой стратегии обслуживания с тремя пропускными пунктами

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.7.1									
суббота, мая 24, 2023 20:59:43									
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 COUNT		ENTRY ENTRY(0)	AVE.COUNT	AVE.TIME	AVE.(1-0)	RETRY		
OTHER	12	0	5683 2821	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	XX	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE	
5680	0		10080.434	5680	5	4			
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. 14: Результат моделирования для второй стратегии обслуживания с тремя пропускными пунктами

Составили модель для второй стратегии обслуживания, когда прибывающие автомобили образуют одну очередь и обслуживаются четырьмя пропускными пунктами



The screenshot shows a window with a menu bar (File, Edit, Search, View, Command, Window, Help) and a toolbar with icons for file operations and simulation control. The main text area contains a script for a simulation model. The script defines a storage area, generates arrivals, and models the service process at a single point with four parallel servers. Comments in Russian explain each step: joining the queue, occupying the point, leaving the queue, and receiving service. The simulation runs for 10080 time units and then terminates.

```
punkt STORAGE 4 ;  
GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ;  
  
; 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  
  
GENERATE 10080 ;  
TERMINATE 1 ; остановить моделирование  
START 1 ; запуск процедуры моделирования
```

Рис. 15: Модель для второй стратегии обслуживания с четырьмя пропускными пунктами



# Результат моделирования для первой стратегии обслуживания с тремя пропускными пунктами

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.8.1									
суббота, мая 24, 2025 21:01:02									
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		5719		0	0		
	7	TERMINATE		5719		0	0		
	8	GENERATE		1		0	0		
	9	TERMINATE		1		0	0		
MAX CONT.		ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE. (-0)		RETRY	
OTHER		7	0	5719	4386	0.194	0.341	1.491	0
CAP. REM.		MIN.	MAX.	ENTRIES AVL.	AVE.C. UTIL.	RETRY DELAY			
STORAGE PUNKT		4	0	0	4	5719	1	2.253	0.563
FEC	XN	PRI	BOT	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. 16: Результат моделирования для второй стратегии обслуживания с четырьмя пропускными пунктами

## Выводы

---

Определили: 1. характеристики качества обслуживания автомобилей, в частности, средних длин очередей; среднего времени обслуживания автомобиля; среднего времени пребывания автомобиля на пункте пропуска; 2. наилучшую стратегию обслуживания автомобилей на пункте пограничного контроля; 3. оптимальное количество пропускных пунктов.

## Список литературы

---

1. Постановка задачи оптимизации и численные методы ее решения [Электронный ресурс]. URL: <https://hub.exponenta.ru/post/postanovka-zadachi-optimizatsii-i-chislennyye-metody-ee-resheniya356> (дата обращения: 03.01.2023).
2. Применение многомерной математической модели для решения задачи оптимизации стратегии технического обслуживания сложных систем [Электронный ресурс]. URL: <https://infourok.ru/primenenie-mnogomernoy-matematicheskoy-modeli-dlya-resheniya-zadachi-optimizatsii-strategii-tehnicheskogo-obsluzhivaniya-slozhnih-3534388.html> (дата обращения: 03.01.2023).
3. Бикритериальные задачи оптимизации обслуживания линейно-рассредоточенной группировки стационарных объектов [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bikriterialnye-zadachi-optimizatsii-obsluzhivaniya-lineyno-rassredotochennoy-gruppirovki-statsionarnyh-obektov> (дата обращения: 03.01.2023).
4. Таненбаум Э., Бос Х. Современные операционные системы. 4-е изд. СПб.: Питер, 2015. 1120 с. (Классика Computer Science).