

# Лабораторная работа 16

Имитационное моделирование

---

Голощапов Ярослав Вячеславович

10 марта 2025

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

## Информация

---

- Голощапов Ярослав Вячеславович
- студент 3 курса
- Российский университет дружбы народов
- 1132222003@pfur.ru
- <https://yvgoloschapov.github.io/ru/>

Построение модели двух стратегий обслуживания

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

---

## 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:

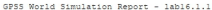

```
lab16.gps
GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ; прибытие автомобилей
TEST LE Q$Other1,Q$Other2,Obs1_2 ; длина оч. 1<= длине оч. 2
TEST E Q$Other1,Q$Other2,Obs1_1 ; длина оч. 1= длине оч. 2
TRANSFER 0.5,Obs1_1,Obs1_2 ; длины очередей равны,
; выбираем произв. пункт пропуска
; моделирование работы пункта 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
```

Рис. 1: Модель



GPSS World - [lab16.1.1 - REPORT]

File Edit Search View Command Window Help

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

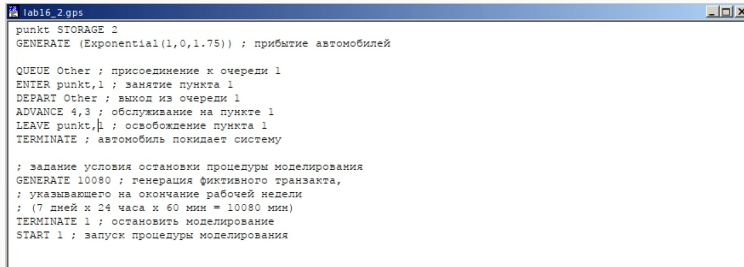
FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
PUNKT2	2537	0.996	3.957	1	5078	0	0	0	388
PUNKT1	2541	0.997	3.955	1	5079	0	0	0	387

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

Рис. 2: Отчет

– составить модель для второй стратегии обслуживания, когда прибывающие автомобили образуют одну очередь и обслуживаются освободившимся пропускным пунктом; – свести полученные статистики моделирования в таблицу – по результатам моделирования сделать вывод о наилучшей стратегии обслуживания автомобилей;



```
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
```

Рис. 3: Модель

tab16_2.2.1 - REPORT									
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				

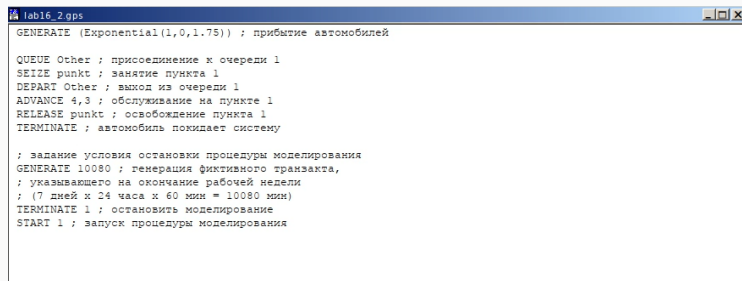
Рис. 4: Отчет

: 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

Рис. 5: Сравнение стратегий

– 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.

## Для обеих стратегий модель с одним пунктом выглядит одинаково



```
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
```

Рис. 6: Модель

lab16\_2.4.1 - REPORT

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

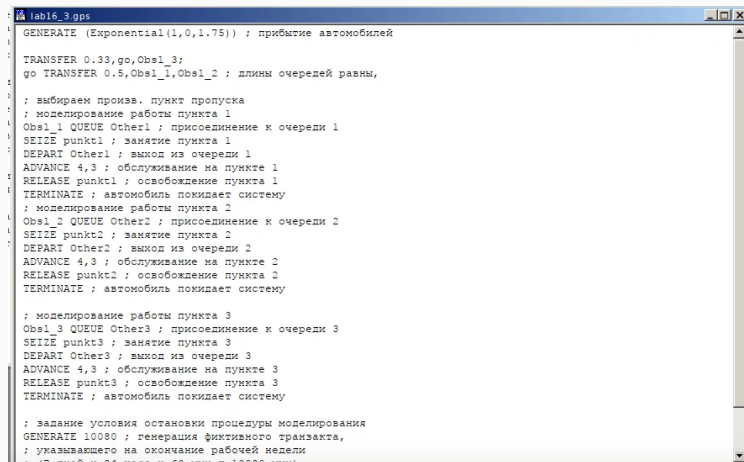
FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
2512	0	10080.255	2512	5	6		
5746	0	10080.384	5746	0	1		
5747	0	20160.000	5747	0	8		

Рис. 7: Отчет

В этом случае модель не проходит ни по одному из критериев



## Далее строим модель с 3 пропускными пунктами для первой стратегии



```
lab16_3.gps
1 GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ; прибытие автомобилей
2
3
4 TRANSFER 0.33,go,Obs1_3;
5 go TRANSFER 0.5,Obs1_1,Obs1_2 ; длины очередей равны,
6
7 ; выбираем произв. пункт пропуска
8 ; моделирование работы пункта 1
9 Obs1_1 QUEUE Other1 ; присоединение к очереди 1
10 SEIZE punkt1 ; занятие пункта 1
11 DEPART Other1 ; выход из очереди 1
12 ADVANCE 4,3 ; обслуживание на пункте 1
13 RELEASE punkt1 ; освобождение пункта 1
14 TERMINATE ; автомобиль покидает систему
15
16 ; моделирование работы пункта 2
17 Obs1_2 QUEUE Other2 ; присоединение к очереди 2
18 SEIZE punkt2 ; занятие пункта 2
19 DEPART Other2 ; выход из очереди 2
20 ADVANCE 4,3 ; обслуживание на пункте 2
21 RELEASE punkt2 ; освобождение пункта 2
22 TERMINATE ; автомобиль покидает систему
23
24 ; моделирование работы пункта 3
25 Obs1_3 QUEUE Other3 ; присоединение к очереди 3
26 SEIZE punkt3 ; занятие пункта 3
27 DEPART Other3 ; выход из очереди 3
28 ADVANCE 4,3 ; обслуживание на пункте 3
29 RELEASE punkt3 ; освобождение пункта 3
30 TERMINATE ; автомобиль покидает систему
31
32 ; задание условия остановки процедуры моделирования
33 GENERATE 10080 ; генерация фиктивного транзакта,
34 ; указывающего на окончание рабочей недели
35 ; (17 часов в 24 часа и 60 минут в 10000 минут)
```

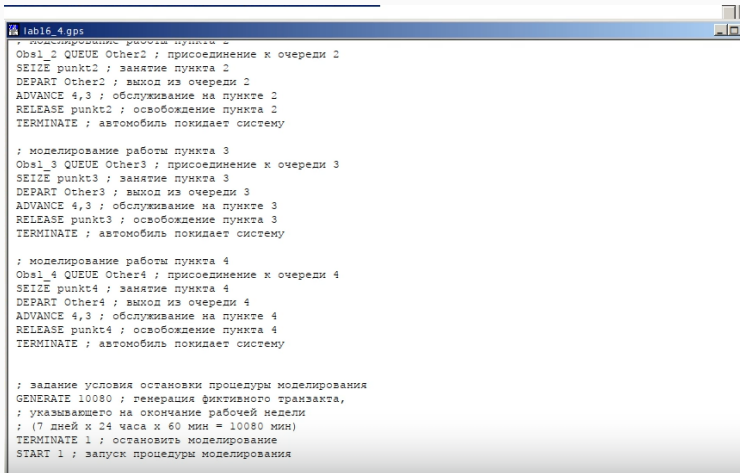
Рис. 8: Модель

lab16_3.1.1 - REPORT									
OBSL_3	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	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 BDI 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. 9: Отчет

В этом случае среднее время ожидания превышает 4мин, поэтому модель не подходит

## Строим модель для первой стратегии с 4 пунктами



```
; 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

; 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
```

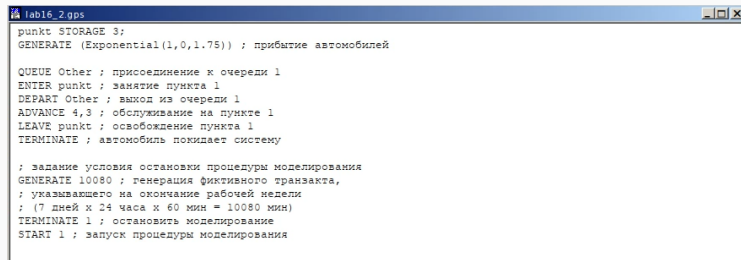
Рис. 10: Модель

lab16_4.1.1 - REPORT									
OBSL_4	21	RELEASE	1378	0	0				
	22	TERMINATE	1378	0	0				
	23	QUEUE	1413	0	0				
	24	SEIZE	1413	0	0				
	25	DEPART	1413	0	0				
	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				

Рис. 11: Отчет

В этом случае все критерии выполнены, поэтому 4 пункта являются оптимальными для первой стратегии

## Посторение модели для второй стратегии с 3 пропускными пунктами



```
tab16_2.gps

punkt STORAGE 3;
GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ; прибытие автомобилей

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
```

Рис. 12: Модель

lab16.25.1 - REPORT

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

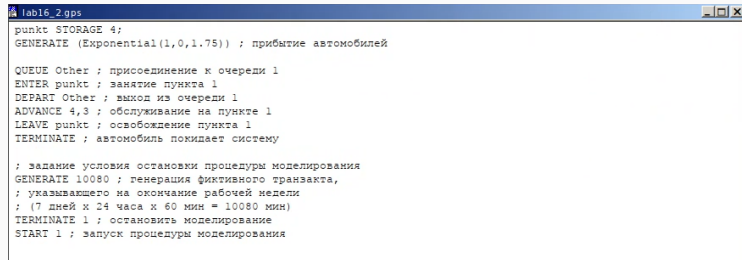
  

FEC	XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
5680	0		10080.434	5680	5	6		
5683	0		10080.631	5683	5	6		
5685	0		10082.068	5685	0	1		
5684	0		10085.592	5684	5	6		
5686	0		20160.000	5686	0	8		

Рис. 13: Отчет

В этом случае все критерии выполняются, поэтому модель оптимальна

## Посторение модели для второй стратегии с 4 пропускными пунктами



```
lab16_2.gps
punkt STORAGE 4;
GENERATE (Exponential(1,0,1.75)) ; прибытие автомобилей

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
```

Рис. 14: Модель

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	0

FEC	XN	PRI	BDI	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. 15: Отчет

Здесь все критерии выполнены, однако можно увидеть, что система излишне разгружена.



В результате анализа наилучшим количеством пропусных пунктов будет 4 при первой стратегии и 3 при второй

В этой лабораторной работе я приобрел навыки построения модели двух стратегий обслуживания