

Лабораторная работа № 14

Имитационное моделирование

Королёв Иван Андреевич

Содержание

1	Цель работы	5
2	Задание	6
3	Теоретическое введение	7
4	Выполнение лабораторной работы	8
4.1	Построение модели оформления заказов клиентов одним оператором	8
4.2	Построение модели обслуживания двух типов заказов от клиентов в интернет-магазине	14
4.3	Построение модели оформления заказов несколькими операторами	18
5	Выводы	23
	Список литературы	24

Список иллюстраций

4.1	Модель оформления заказов клиентов одним оператором	9
4.2	Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине	10
4.3	Измененная модель оформления заказов клиентов одним оператором	11
4.4	Построение гистограммы распределения заявок в очереди	12
4.5	Гистограмма распределения заявок в очереди	12
4.6	Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине при построении гистограммы распределения заявок в очереди	13
4.7	Модель обслуживания двух типов заказов от клиентов в интернет-магазине	15
4.8	Отчёт по модели оформления заказов двух типов	16
4.9	Модель обслуживания двух типов заказов с условием, что число заказов с дополнительным пакетом услуг составляет 30% от общего числа заказов	17
4.10	Отчёт по модели оформления заказов двух типов заказов	18
4.11	Модель оформления заказов несколькими операторами	19
4.12	Отчет по модели оформления заказов несколькими операторами .	20
4.13	Модель оформления заказов несколькими операторами с учетом отказов клиентов	21
4.14	Отчет по модели оформления заказов несколькими операторами с учетом отказов клиентов	22

Список таблиц

1 Цель работы

Реализовать модели обработки заказов в gpss world.

2 Задание

- Построение модели оформления заказов клиентов одним оператором
- Построение модели обслуживания двух типов заказов от клиентов в интернет-магазине
- Построение модели оформления заказов несколькими операторами

3 Теоретическое введение

grps - язык моделирования, используемый для имитационного моделирования различных систем, в основном систем массового обслуживания

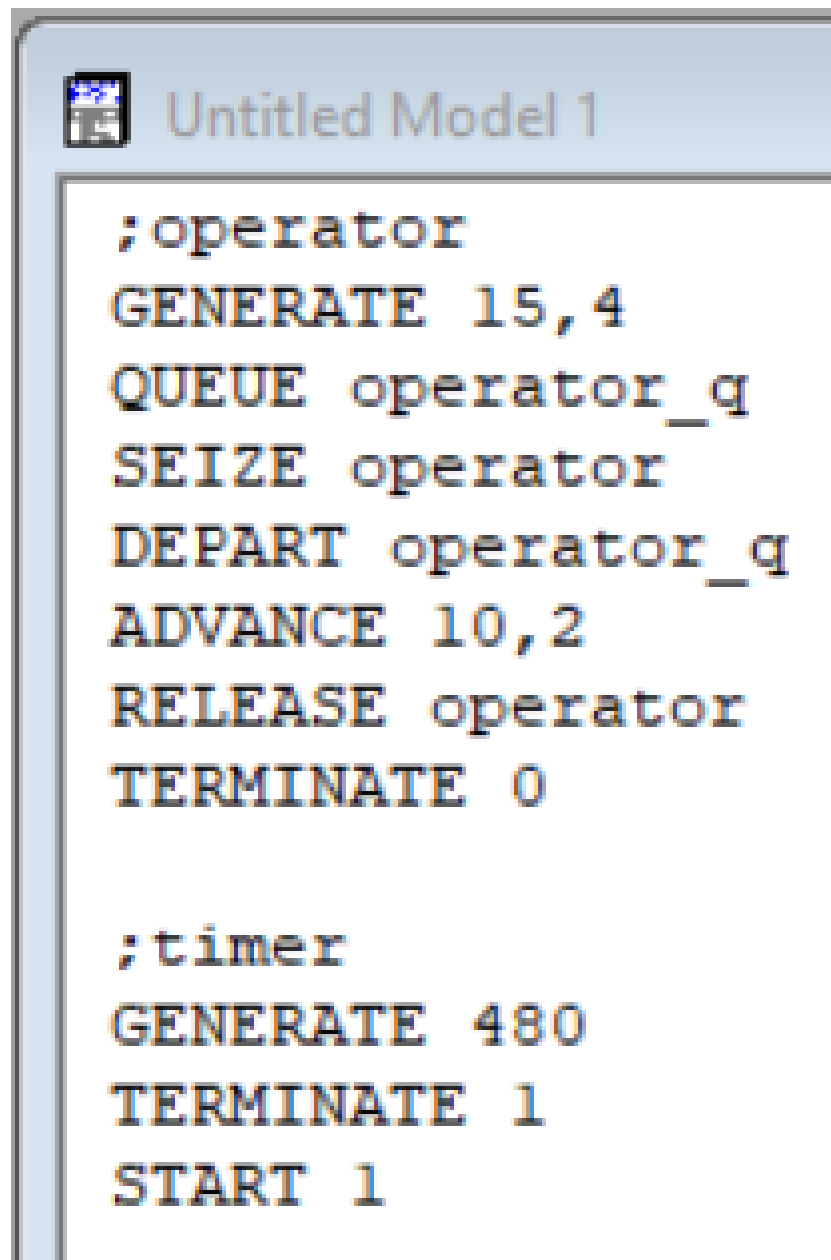
4 Выполнение лабораторной работы

4.1 Построение модели оформления заказов клиентов одним оператором

Модель будет состоять из двух частей: моделирование обработки заказов в интернет-магазине и задание времени моделирования. Для задания равномерного распределения поступления заказов используем блок GENERATE, для задания равномерного времени обслуживания (задержки в системе) – ADVANCE. Для моделирования ожидания заявок клиентов в очереди используем блоки QUEUE и DEPART, в которых в качестве имени очереди укажем `operator_q`. Для моделирования поступления заявок для оформления заказов к оператору используем блоки SEIZE и RELEASE с параметром `operator` – имени «устройства обслуживания».

Требуется, чтобы модельное время было 8 часов. Соответственно, параметр блока GENERATE – 480 (8 часов по 60 минут, всего 480 минут). Работа программы начинается с оператора START с начальным значением счётчика завершений, равным 1; заканчивается – оператором TERMINATE с параметром 1, что задаёт ординарность потока в модели.

Таким образом, имеем (рис. 4.1).



```
;operator
GENERATE 15,4
QUEUE operator_q
SEIZE operator
DEPART operator_q
ADVANCE 10,2
RELEASE operator
TERMINATE 0

;timer
GENERATE 480
TERMINATE 1
START 1
```

Рис. 4.1: Модель оформления заказов клиентов одним оператором

На выходе работы программы получаем отчёт. (рис. 4.2).

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.1.1

Saturday, May 10, 2025 14:03:41

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	480.000	9	1	0

NAME	VALUE
OPERATOR	10001.000
OPERATOR_Q	10000.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
1		GENERATE	32	0	0
2		QUEUE	32	0	0
3		SEIZE	32	0	0
4		DEPART	32	0	0
5		ADVANCE	32	1	0
6		RELEASE	31	0	0
7		TERMINATE	31	0	0
8		GENERATE	1	0	0
9		TERMINATE	1	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
OPERATOR	32	0.639	9.589	1	33	0	0	0	0

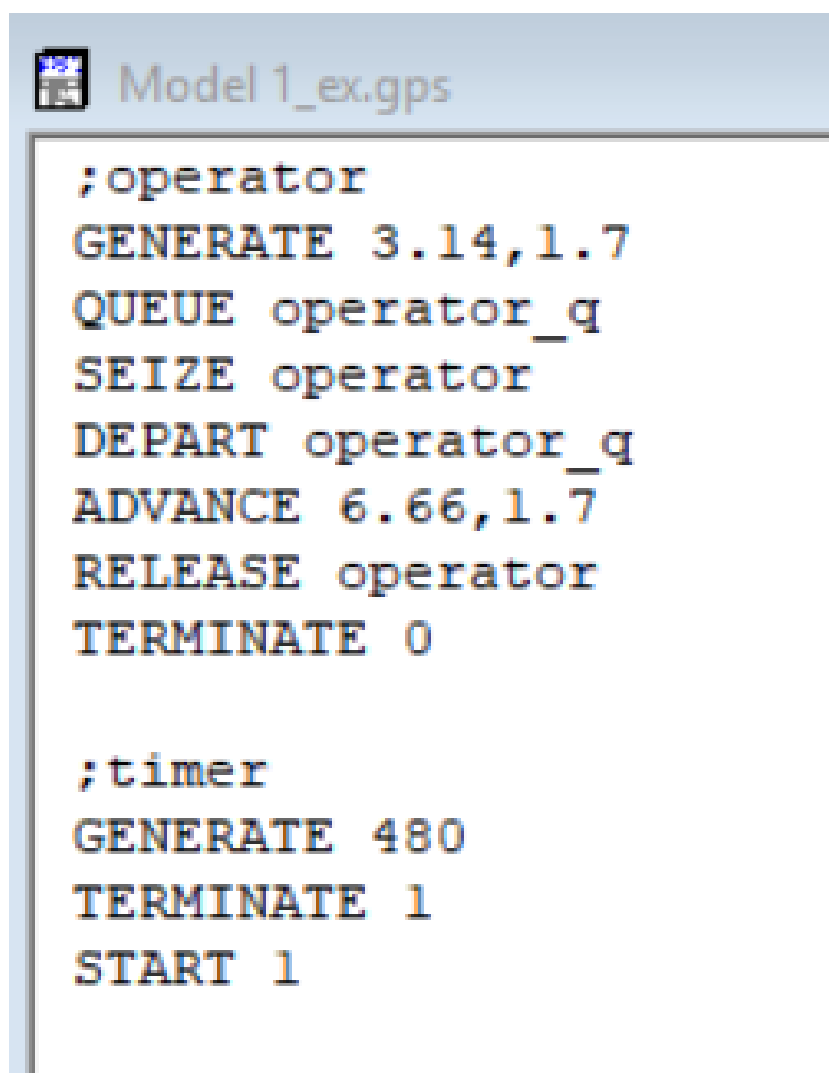
QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
OPERATOR_Q	1	0	32	31	0.001	0.021	0.671 0

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
33	0	489.786	33	5	6		
34	0	496.081	34	0	1		
35	0	960.000	35	0	8		

Рис. 4.2: Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине

Упражнение.

Меняю интервалы поступления заказов и время оформления заказов клиентов (рис. 4.3).



```
;operator
GENERATE 3.14,1.7
QUEUE operator_q
SEIZE operator
DEPART operator_q
ADVANCE 6.66,1.7
RELEASE operator
TERMINATE 0

;timer
GENERATE 480
TERMINATE 1
START 1
```

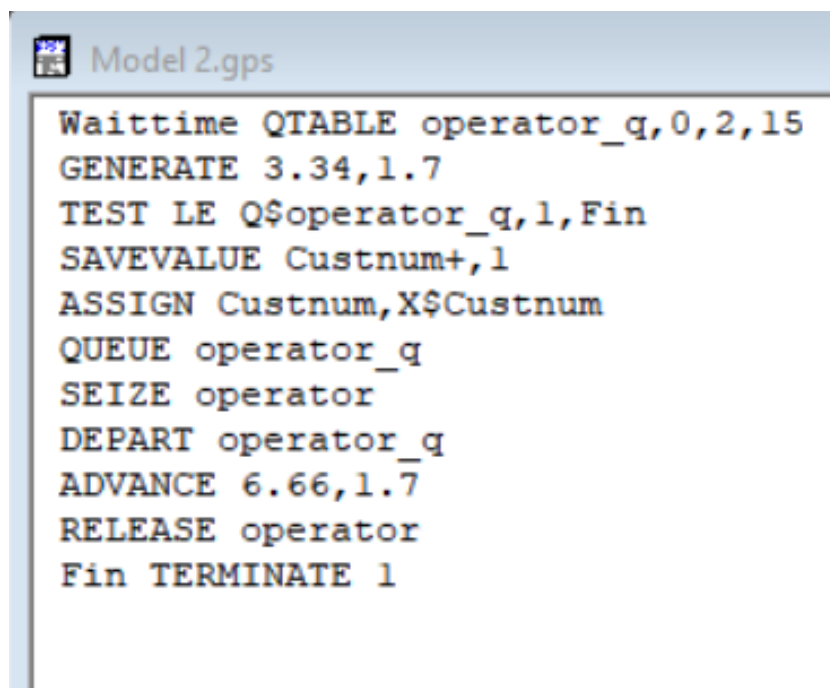
Рис. 4.3: Измененная модель оформления заказов клиентов одним оператором

На выходе работы программы получаем отчёт. В результате работы модельное время в начале моделирования: START TIME=0.0, момент, когда счетчик завершений принял значение 0: END TIME=480.0, количество блоков, использованных в текущей модели, к моменту завершения моделирования: BLOCKS=9, количество одноканальных устройств, использованных в модели к моменту завершения моделирования: FACILITIES=1, количество многоканальных устройств, использованных в текущей модели к моменту завершения моделирования: STORAGES=0.

Гистограмма Команда описания такой таблицы QTABLE имеет следующий формат: Name QTABLE A,B,C,D Здесь Name – метка, определяющая имя таблицы. Далее

должны быть заданы операнды: A задается элемент данных, чье частотное распределение будет заноситься в таблицу (может быть именем, выражением в скобках или системным числовым атрибутом (СЧА)); В задается верхний предел первого частотного интервала; С задает ширину частотного интервала — разницу между верхней и нижней границей каждого частотного класса; D задает число частотных интервалов.

Код программы будет следующим(рис. 4.4).



```

Waittime QTABLE operator_q,0,2,15
GENERATE 3.34,1.7
TEST LE Q$operator_q,1,Fin
SAVEVALUE Custnum+,1
ASSIGN Custnum,X$Custnum
QUEUE operator_q
SEIZE operator
DEPART operator_q
ADVANCE 6.66,1.7
RELEASE operator
Fin TERMINATE 1

```

Рис. 4.4: Построение гистограммы распределения заявок в очереди

Гистограмма. (рис. 4.5).

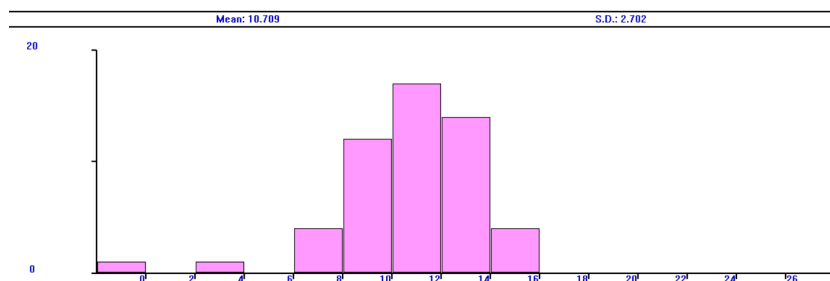


Рис. 4.5: Гистограмма распределения заявок в очереди

Отчет. 4.6).

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	353.895	10	1	0

NAME	VALUE
CUSTNUM	10002.000
FIN	10.000
OPERATOR	10003.000
OPERATOR_Q	10001.000
WAITTIME	10000.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY
	1	GENERATE	102		0	0
	2	TEST	102		0	0
	3	SAVEVALUE	55		0	0
	4	ASSIGN	55		0	0
	5	QUEUE	55		1	0
	6	SEIZE	54		1	0
	7	DEPART	53		0	0
	8	ADVANCE	53		0	0
	9	RELEASE	53		0	0
FIN	10	TERMINATE	100		0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
OPERATOR	54	0.987	6.470	1	98	0	0	0	1

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE. (-0)	RETRY
OPERATOR_Q	2	2	55	1	1.652	10.628	10.824	0

TABLE	MEAN	STD.DEV.	RANGE		RETRY	FREQUENCY	CUM.%
WAITTIME	10.709	2.702			0		
			-	0.000		1	1.89
			0.000	-	2.000	0	1.89
			2.000	-	4.000	1	3.77
			4.000	-	6.000	0	3.77
			6.000	-	8.000	4	11.32
			8.000	-	10.000	12	33.96
			10.000	-	12.000	17	66.04
			12.000	-	14.000	14	92.45
			14.000	-	16.000	4	100.00

SAVEVALUE	RETRY	VALUE
CUSTNUM	0	55.000

CEC XN	PRI	M1	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
98	0	341.236	98	6	7	CUSTNUM	54.000

PEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
103	0	356.553	103	0	1		

Рис. 4.6: Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине при построении гистограммы распределения заявок в очереди


Проанализируем гистограмму и отчёт. На выходе работы программы получаем отчёт. В результате работы модельное время в начале моделирования: START TIME=0.0, момент, когда счетчик завершений принял значение 0: END TIME=353.895, количество блоков, использованных в текущей модели, к моменту завершения моделирования: BLOCKS=10, количество одноканальных устройств, использованных в модели к моменту завершения моделирования: FACILITIES=1, количество многоканальных устройств, использованных в текущей модели к моменту завершения моделирования: STORAGES=0.

Частотность разделена на 15 частотных интервалов с шагом 2 и началом в

0, как мы и задали. Наибольшее количество заявок (17) обрабатывалось 10-12 минут, 14 заявок – 12-14 минут, 12 заявок – 8-10 минут, в остальных диапазонах 0-4 заявок.

4.2 Построение модели обслуживания двух типов заказов от клиентов в интернет-магазине

Необходимо реализовать отличие в оформлении обычных заказов и заказов с дополнительным пакетом услуг. Такую систему можно промоделировать с помощью двух сегментов. Один из них моделирует оформление обычных заказов, а второй – заказов с дополнительным пакетом услуг. В каждом из сегментов пара QUEUE-DEPART должна описывать одну и ту же очередь, а пара блоков SEIZE-RELEASE должна описывать в каждом из двух сегментов одно и то же устройство и моделировать работу оператора. Код и отчет результатов моделирования следующие (рис. 4.7, 4.8).



```
; order
GENERATE 15,4
QUEUE operator_q
SEIZE operator
DEPART operator_q
ADVANCE 10,2
RELEASE operator
TERMINATE 0
; order and service package
GENERATE 30,8
QUEUE operator_q
SEIZE operator
DEPART operator_q
ADVANCE 5,2
ADVANCE 10,2
RELEASE operator
TERMINATE 0
;timer
GENERATE 480
TERMINATE 1
START 1
```

Рис. 4.7: Модель обслуживания двух типов заказов от клиентов в интернет-магазине

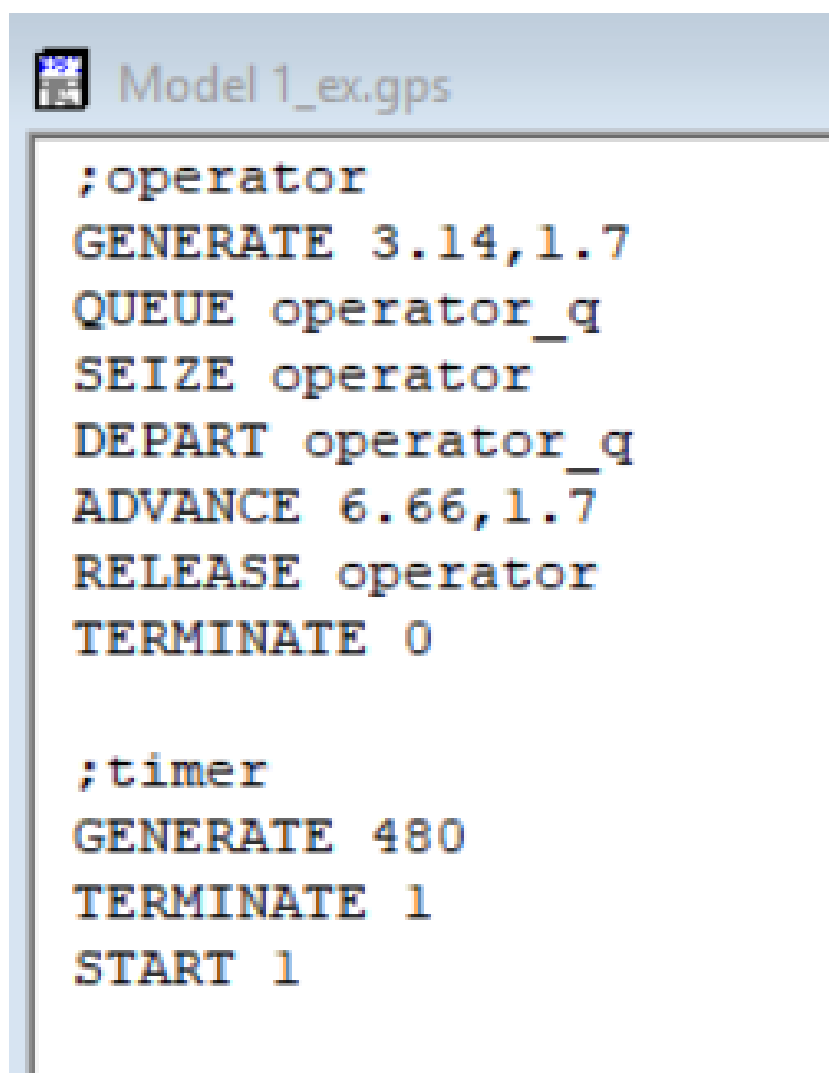
Saturday, May 10, 2025 14:27:40									
START TIME		END TIME		BLOCKS	FACILITIES		STORAGES		
0.000		480.000		17	1		0		
NAME				VALUE					
OPERATOR				10001.000					
OPERATOR_Q				10000.000					
LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY			
	1	GENERATE	32		0	0			
	2	QUEUE	32		4	0			
	3	SEIZE	28		0	0			
	4	DEPART	28		0	0			
	5	ADVANCE	28		1	0			
	6	RELEASE	27		0	0			
	7	TERMINATE	27		0	0			
	8	GENERATE	15		0	0			
	9	QUEUE	15		3	0			
	10	SEIZE	12		0	0			
	11	DEPART	12		0	0			
	12	ADVANCE	12		0	0			
	13	ADVANCE	12		0	0			
	14	RELEASE	12		0	0			
	15	TERMINATE	12		0	0			
	16	GENERATE	1		0	0			
	17	TERMINATE	1		0	0			
FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
OPERATOR	40	0.947	11.365	1	42	0	0	0	7
QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY		
OPERATOR_Q	8	7	47	2	3.355	34.261	35.784	0	
FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE		
42	0	487.825	42	5	6				
50	0	493.164	50	0	1				
49	0	499.562	49	0	8				
51	0	960.000	51	0	16				

Рис. 4.8: Отчёт по модели оформления заказов двух типов

Упражнение.

Скорректируем модель так, чтобы учитывалось условие, что число заказов с дополнительным пакетом услуг составляет 30% от общего числа заказов.

Будем использовать один блок order, а разделим типы заявок с помощью переходов оператором TRANSFER. Каждый заказ обрабатывается 10 ± 2 минуты, после этого зададим оператор TRANSFER, в котором укажем, что с вероятностью 0.7 происходит обработка заявки (переход к блоку extra RELEASE operator), а с вероятностью 0.3 дополнительно заказ обрабатывается еще 5 ± 2 минуты (переход к блоку extra ADVANCE 5,2) и только после этого является обработанным (рис. 4.9).



```
;operator
GENERATE 3.14,1.7
QUEUE operator_q
SEIZE operator
DEPART operator_q
ADVANCE 6.66,1.7
RELEASE operator
TERMINATE 0

;timer
GENERATE 480
TERMINATE 1
START 1
```

Рис. 4.9: Модель обслуживания двух типов заказов с условием, что число заказов с дополнительным пакетом услуг составляет 30% от общего числа заказов

Проанализируем отчёт. На выходе работы программы получаем отчёт. В результате работы модельное время в начале моделирования: START TIME=0.0, момент, когда счетчик завершений принял значение 0: END TIME=480.0, количество блоков, использованных в текущей модели, к моменту завершения моделирования: BLOCKS=11, количество одноканальных устройств, использованных в модели к моменту завершения моделирования: FACILITIES=1, количество многоканальных устройств, использованных в текущей модели к моменту завершения моделирования: STORAGES=0. (рис. 4.10).

GPSS World Simulation Report - Model 3_ex.1.1									
Saturday, May 10, 2025 14:32:58									
START TIME		END TIME		BLOCKS	FACILITIES	STORAGES			
0.000		480.000		11	1	0			
NAME				VALUE					
EXTRA				7.000					
NOEXTRA				8.000					
OPERATOR				10001.000					
OPERATOR_Q				10000.000					
LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY	COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY		
	1	GENERATE	33		0	0	0		
	2	QUEUE	33		0	0	0		
	3	SEIZE	33		0	0	0		
	4	DEPART	33		0	0	0		
	5	ADVANCE	33		0	0	0		
	6	TRANSFER	33		0	0	0		
EXTRA	7	ADVANCE	8		1	0	0		
NOEXTRA	8	RELEASE	32		0	0	0		
	9	TERMINATE	32		0	0	0		
	10	GENERATE	1		0	0	0		
	11	TERMINATE	1		0	0	0		
FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
OPERATOR	33	0.766	11.146	1	34	0	0	0	0
QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY	
OPERATOR_Q	1	0	33	25	0.054	0.781	3.220	0	
FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE		
34	0	482.925	34	7	8				
35	0	487.726	35	0	1				
36	0	960.000	36	0	10				

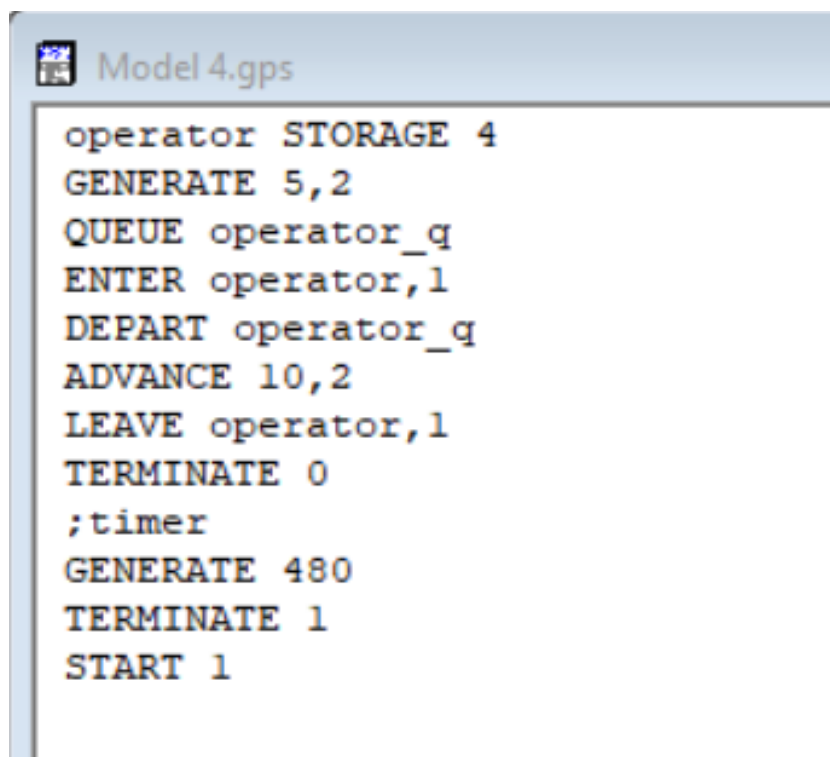
Рис. 4.10: Отчёт по модели оформления заказов двух типов заказов

4.3 Построение модели оформления заказов несколькими операторами

В интернет-магазине заказы принимают 4 оператора. Интервалы поступления заказов распределены равномерно с интервалом 5 ± 2 мин. Время оформления заказа каждым оператором также распределено равномерно на интервале 10 ± 2 мин. обработка поступивших заказов происходит в порядке очереди (FIFO). Требуется определить характеристики очереди заявок на оформление заказов при условии, что заявка может обрабатываться одним из 4-х операторов в течение восьмичасового рабочего дня

С помощью строки operator STORAGE 4 указываем, что у нас 4 оператора, затем

к обычной процедуре генерации и обработки заявки добавляется, что заявку обрабатывает один оператор `operator,1`, сегмент моделирования времени остается без изменений (рис. 4.11).



```
operator STORAGE 4
GENERATE 5,2
QUEUE operator_q
ENTER operator,1
DEPART operator_q
ADVANCE 10,2
LEAVE operator,1
TERMINATE 0
;timer
GENERATE 480
TERMINATE 1
START 1
```

Рис. 4.11: Модель оформления заказов несколькими операторами

Далее получим и проанализируем отчет (рис. 4.12).

Saturday, May 10, 2025 14:34:10									
START TIME		END TIME		BLOCKS	FACILITIES	STORAGES			
0.000		480.000		9	0	1			
NAME				VALUE					
OPERATOR				10000.000					
OPERATOR_Q				10001.000					
LABEL	LOC	BLOCK TYPE		ENTRY	COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY	
	1	GENERATE		93		0	0	0	
	2	QUEUE		93		0	0	0	
	3	ENTER		93		0	0	0	
	4	DEPART		93		0	0	0	
	5	ADVANCE		93		2	0	0	
	6	LEAVE		91		0	0	0	
	7	TERMINATE		91		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	
OPERATOR_Q	1	0	93	93	0.000	0.000	0.000	0	
STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY DELAY
OPERATOR	4	2	0	4	93	1	1.926	0.482	0 0
FEC	XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE	
95	0		480.457	95	0	1			
93	0		482.805	93	5	6			
94	0		483.473	94	5	6			
96	0		960.000	96	0	8			

Рис. 4.12: Отчет по модели оформления заказов несколькими операторами

Упражнение

Изменим модель: требуется учесть в ней возможные отказы клиентов от заказа – когда при подаче заявки на заказ клиент видит в очереди более двух других заявок, он отказывается от подачи заявки, то есть отказывается от обслуживания (используем блок TEST и стандартный числовой атрибут Qj текущей длины очереди j).

Добавим строчку TEST LE Q\$operator_q,2, которая проверяет больше ли в очереди клиентов, чем два, если нет – клиент поступает на обработку, иначе уходит. Также в ранее проанализированном отчете видно, что клиентов в очереди не было больше 2, поэтому увеличим время обработки заказов до 30 ± 2 мин., чтобы проверить результаты изменений модели (рис. 4.13).

```

operator STORAGE 4
GENERATE 5,2
TEST LE Q$operator_q,2
QUEUE operator_q
ENTER operator,1
DEPART operator_q
ADVANCE 30,2
LEAVE operator,1
TERMINATE 0
;timer
GENERATE 480
TERMINATE 1
START 1

```

Рис. 4.13: Модель оформления заказов несколькими операторами с учетом отказов клиентов

Проанализируем отчёт. На выходе работы программы получаем отчёт. В результате работы модельное время в начале моделирования: START TIME=0.0, момент, когда счетчик завершений принял значение 0: END TIME=480.0, количество блоков, использованных в текущей модели, к моменту завершения моделирования: BLOCKS=9, количество одноканальных устройств, использованных в модели к моменту завершения моделирования: FACILITIES=1, количество многоканальных устройств, использованных в текущей модели к моменту завершения моделирования: STORAGES=0. (рис. ~ 4.14).

Saturday, May 10, 2025 14:35:48									
START TIME		END TIME		BLOCKS	FACILITIES	STORAGES			
0.000		480.000		10	0	1			
NAME				VALUE					
OPERATOR				10000.000					
OPERATOR_Q				10001.000					
LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY				
	1	GENERATE	94	27	0				
	2	TEST	67	0	0				
	3	QUEUE	67	3	0				
	4	ENTER	64	0	0				
	5	DEPART	64	0	0				
	6	ADVANCE	64	4	0				
	7	LEAVE	60	0	0				
	8	TERMINATE	60	0	0				
	9	GENERATE	1	0	0				
	10	TERMINATE	1	0	0				
QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE. (-0)	RETRY		
OPERATOR_Q	3	3	67	4	2.701	19.347	20.576	27	
STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY DELAY
OPERATOR	4	0	0	4	64	1	3.885	0.971	0 3
FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE		
96	0	480.736	96	0	1				
62	0	491.784	62	6	7				
63	0	491.929	63	6	7				
64	0	495.070	64	6	7				
65	0	499.648	65	6	7				
97	0	960.000	97	0	9				

Рис. 4.14: Отчет по модели оформления заказов несколькими операторами с учетом отказов клиентов

5 Выводы

Реализовал модели обработки заказов в gpss world.

Список литературы