

Модель обработки заказов. GPSS

Отчёт по лабораторной работе №14

Ибатулина Дарья Эдуардовна

Содержание

1	Вводная часть	4
1.1	Цель работы	4
1.2	Задание	4
1.3	Теоретическое введение	4
2	Выполнение лабораторной работы	6
2.1	Модель оформления заказов клиентов одним оператором	6
2.2	Построение гистограммы распределения заявок в очереди	13
2.3	Модель обслуживания двух типов заказов от клиентов в интернет-магазине	18
2.4	Модель оформления заказов несколькими операторами	25
3	Заключительная часть	32
3.1	Выводы	32
	Список литературы	33

Список иллюстраций

2.1	Модель оформления заказов клиентов одним оператором	7
2.2	Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине . . .	8
2.3	Модель оформления заказов клиентов одним оператором с измененными интервалами заказов и времени оформления клиентов	11
2.4	Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине с измененными интервалами заказов и времени оформления клиентов	12
2.5	Построение гистограммы распределения заявок в очереди	14
2.6	Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине при построении гистограммы распределения заявок в очереди	15
2.7	Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине при построении гистограммы распределения заявок в очереди	16
2.8	Гистограмма распределения заявок в очереди	18
2.9	Модель обслуживания двух типов заказов от клиентов в интернет-магазине	19
2.10	Отчёт по модели оформления заказов двух типов	20
2.11	Модель обслуживания двух типов заказов с условием, что число заказов с дополнительным пакетом услуг составляет 30% от общего числа заказов	22
2.12	Отчёт по модели оформления заказов двух типов заказов	23
2.13	Модель оформления заказов несколькими операторами	26
2.14	Отчет по модели оформления заказов несколькими операторами	27
2.15	Модель оформления заказов несколькими операторами с учетом отказов клиентов	29
2.16	Отчет по модели оформления заказов несколькими операторами с учетом отказов клиентов	30

1 Вводная часть

1.1 Цель работы

Реализовать модели обработки заказов и провести анализ результатов [1].

1.2 Задание

Реализовать с помощью gprss:

- модель оформления заказов клиентов одним оператором;
- построение гистограммы распределения заявок в очереди;
- модель обслуживания двух типов заказов от клиентов в интернет-магазине;
- модель оформления заказов несколькими операторами [1].

1.3 Теоретическое введение

В современных условиях эффективное функционирование систем обслуживания и производственных процессов невозможно без применения методов имитационного моделирования. Одной из наиболее распространённых задач, решаемых с помощью моделирования, является анализ и оптимизация процессов обработки заказов, возникающих в различных сферах деятельности - от промышленности и логистики до сферы услуг.

Процесс обработки заказов, как правило, характеризуется случайным поступлением заявок, наличием очередей, ограниченными ресурсами и различными

правилами обслуживания. Такие системы принято называть системами массового обслуживания (СМО). Классические задачи теории массового обслуживания включают определение времени ожидания, длины очереди, степени загрузки обслуживающих устройств и других характеристик, важных для принятия управленческих решений.

Для анализа и исследования подобных систем широко применяется имитационное моделирование, позволяющее воспроизводить работу реальных объектов с учётом случайных факторов и сложных логических связей. Одним из наиболее популярных языков для имитационного моделирования СМО является GPSS (General Purpose Simulation System). GPSS предоставляет удобный инструментарий для описания структуры системы, задания потоков заявок, моделирования работы обслуживающих устройств и анализа статистических характеристик процесса обслуживания.

В рамках данной лабораторной работы рассматривается построение и исследование моделей обработки заказов с использованием среды GPSS. Особое внимание уделяется анализу влияния различных параметров системы (интенсивности поступления заказов, числа обслуживающих устройств, правил приоритета и др.) на основные показатели эффективности - среднее время ожидания, длину очереди, коэффициент загрузки ресурсов. Полученные результаты позволяют обосновать решения по оптимизации работы системы и повысить её производительность [2–6].

2 Выполнение лабораторной работы

2.1 Модель оформления заказов клиентов одним оператором

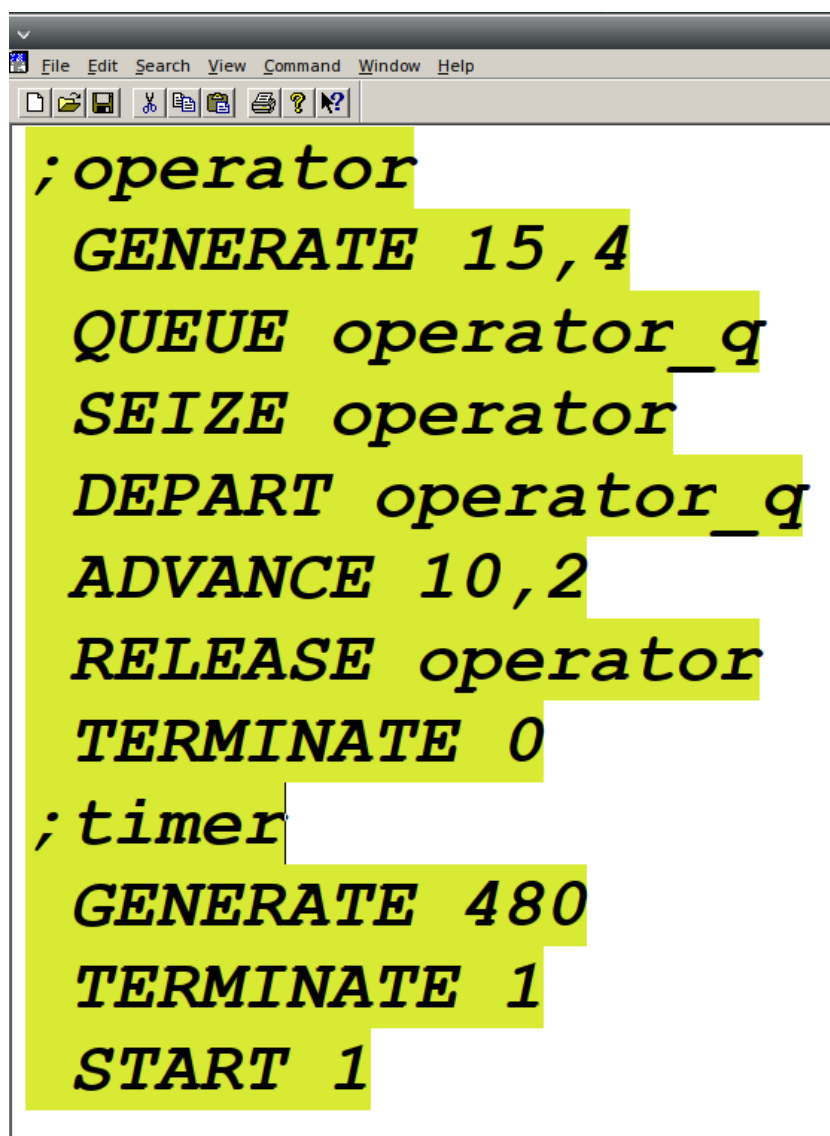
Порядок блоков в модели соответствует порядку фаз обработки заказа в реальной системе:

1. клиент оставляет заявку на заказ в интернет-магазине;
2. если необходимо, заявка от клиента ожидает в очереди освобождения оператора для оформления заказа;
3. заявка от клиента принимается оператором для оформления заказа;
4. оператор оформляет заказ;
5. клиент получает подтверждение об оформлении заказа (покидает систему) [1].

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 [6].

Таким образом, имеем (рис. 2.1).

A screenshot of a simulation software window. The window has a menu bar with 'File', 'Edit', 'Search', 'View', 'Command', 'Window', and 'Help'. Below the menu bar is a toolbar with icons for file operations and simulation control. The main area of the window contains a script written in a monospaced font. The script is as follows:

```
;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. 2.1: Модель оформления заказов клиентов одним оператором

После запуска симуляции получаем отчёт (рис. 2.2).

GPSS World Simulation Report - lab14.1.1									
среда, мая 07, 2025 21:28:49									
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. 2.2: Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине

Результаты работы модели:

- модельное время в начале моделирования: START TIME=0.0;
- абсолютное время или 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`. Имена, используемые в программе модели: `operator`, `operator_q`.

Далее идёт информация о блоках текущей модели, в частности, `ENTRY COUNT` – количество транзактов, вошедших в блок с начала процедуры моделирования [2].

Затем идёт информация об одноканальном устройстве `FACILITY` (оператор, оформляющий заказ), откуда видим, что к оператору попало 33 заказа от клиентов (значение поля `OWNER=33`), но одну заявку оператор не успел принять в обработку до окончания рабочего времени (значение поля `ENTRIES=32`). Полезность работы оператора составила 0, 639. При этом среднее время занятости оператора составило 9.589 мин.

Далее информация об очереди:

- `QUEUE=operator_q` – имя объекта типа «очередь»;
- `MAX=1` – в очереди находилось не более одной ожидающей заявки от клиента;
- `CONT=0` – на момент завершения моделирования очередь была пуста;
- `ENTRIES=32` – общее число заявок от клиентов, прошедших через очередь в течение периода моделирования;
- `ENTRIES(0)=31` – число заявок от клиентов, попавших к оператору без ожидания в очереди;
- `AVE . CONT=0, 001` заявок от клиентов в среднем были в очереди;
- `AVE . TIME=0.021` минут в среднем заявки от клиентов провели в очереди (с учётом всех входов в очередь);
- `AVE . (-0)=0, 671` минут в среднем заявки от клиентов провели в очереди (без учёта «нулевых» входов в очередь) [3].

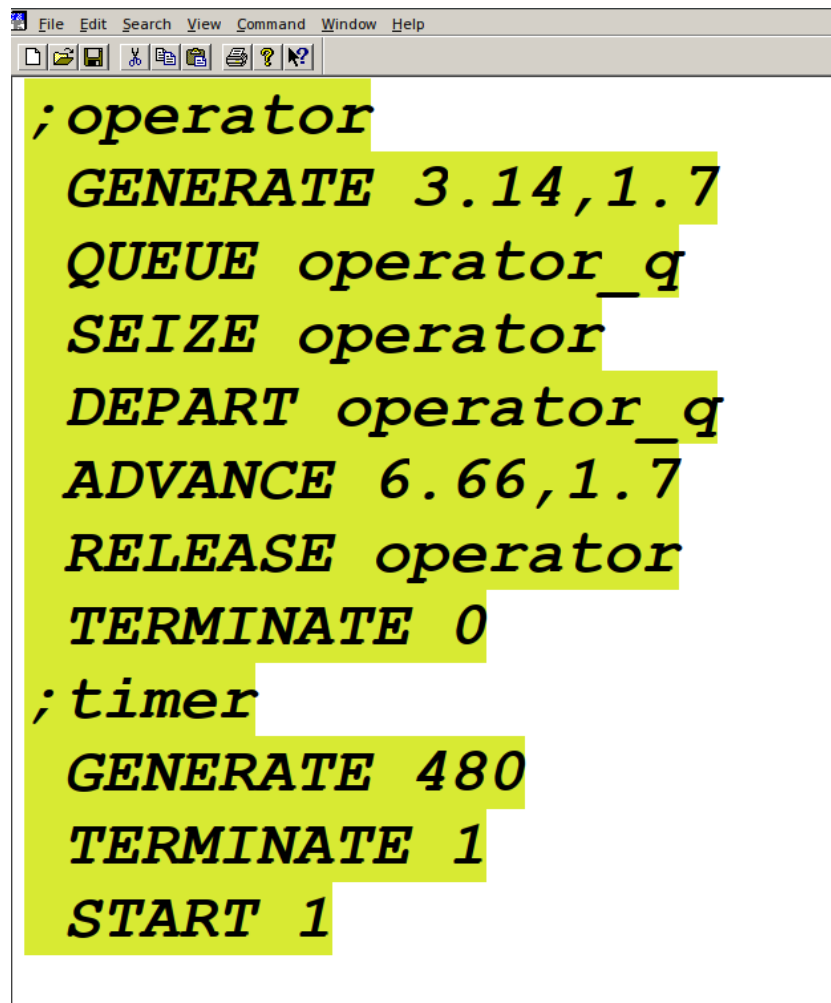
В конце отчёта идёт информация о будущих событиях:

- `XN=33` – порядковый номер заявки от клиента, ожидающей поступления для оформления заказа у оператора;

- PRI=0 – все клиенты (из заявки) равноправны;
- BDT=489, 786 – время назначенного события, связанного с данным транзактом;
- ASSEM=33 – номер семейства транзактов;
- CURRENT=5 – номер блока, в котором находится транзакт;
- NEXT=6 – номер блока, в который должен войти транзакт [3].

Упражнение

Изменим интервалы поступления заказов и время оформления клиентов (рис. 2.3).



```
;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. 2.3: Модель оформления заказов клиентов одним оператором с измененными интервалами заказов и времени оформления клиентов

После запуска симуляции получаем отчёт (рис. 2.4).

GPSS World Simulation Report - lab14.2.1									
среда, мая 07, 2025 21:36:20									
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	152	0	0				
	2	QUEUE	152	82	0				
	3	SEIZE	70	0	0				
	4	DEPART	70	0	0				
	5	ADVANCE	70	1	0				
	6	RELEASE	69	0	0				
	7	TERMINATE	69	0	0				
	8	GENERATE	1	0	0				
	9	TERMINATE	1	0	0				
FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
OPERATOR	70	0.991	6.796	1	71	0	0	0	82
QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY		
OPERATOR_Q	82	82	152	1	39.096	123.461	124.279	0	
FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE		
71	0	480.405	71	5	6				
154	0	483.330	154	0	1				
155	0	960.000	155	0	8				

Рис. 2.4: Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине с измененными интервалами заказов и времени оформления клиентов

Результаты работы модели:

- модельное время в начале моделирования: START TIME=0.0;
- абсолютное время или 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.

Имена, используемые в программе модели: operator, operator_q.

- количество транзактов, вошедших в блок с начала процедуры моделирования $ENTRY\ COUNT = 152$;

Затем идёт информация об одноканальном устройстве FACILITY (оператор, оформляющий заказ), откуда видим, что к оператору попало 71 заказ от клиентов (значение поля OWNER=71), но оператор успел принять в обработку до окончания рабочего времени только 70 (значение поля ENTRIES=70). Полезность работы оператора составила 0,991. При этом среднее время занятости оператора составило 6,796 мин.

Далее информация об очереди:

- QUEUE=operator_q – имя объекта типа «очередь»;
- MAX=82 – в очереди находилось 82 ожидающих заявок от клиента;
- CONT=82 – на момент завершения моделирования в очереди было 82 заявки;
- ENTRIES=82 – общее число заявок от клиентов, прошедших через очередь в течение периода моделирования;
- ENTRIES(0)=1 – число заявок от клиентов, попавших к оператору без ожидания в очереди;
- AVE . CONT=39,096 заявок от клиентов в среднем были в очереди;
- AVE . TIME=123.461 минут в среднем заявки от клиентов провели в очереди (с учётом всех входов в очередь);
- AVE . (-0)=123,279 минут в среднем заявки от клиентов провели в очереди (без учета «нулевых» входов в очередь).

В конце отчёта идёт информация о будущих событиях [5].

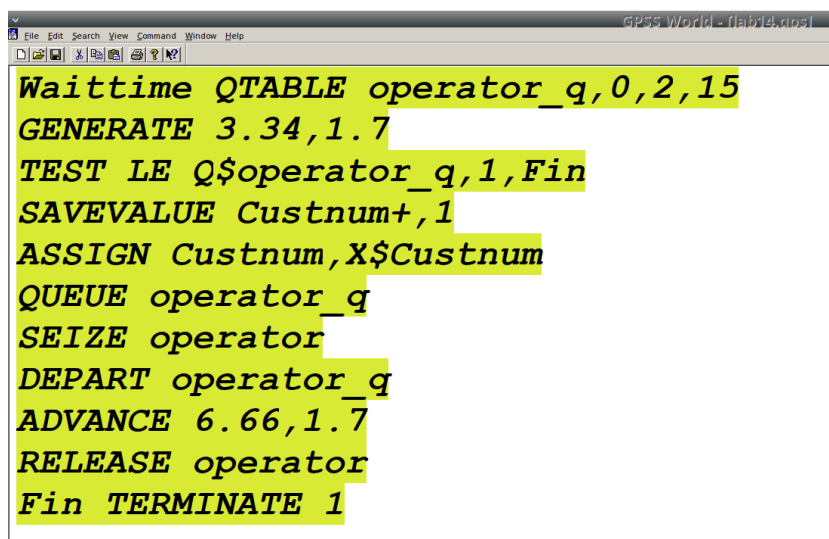
2.2 Построение гистограммы распределения заявок в очереди

Требуется построить гистограмму распределения заявок, ожидающих обработки в очереди в примере из предыдущего упражнения. Для построения гисто-

граммы необходимо сформировать таблицу значений заявок в очереди, записываемых в неё с определённой частотой.

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, чьё частотное распределение будет заноситься в таблицу (может быть именем, выражением в скобках или системным числовым атрибутом (СЧА)); B задается верхний предел первого частотного интервала; C задает ширину частотного интервала — разницу между верхней и нижней границей каждого частотного класса; D задаёт число частотных интервалов [1,3].

Код программы будет следующим(рис. 2.5).



```
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. 2.5: Построение гистограммы распределения заявок в очереди

Здесь Waittime — метка оператора таблицы очередей QTABLE, в данном случае название таблицы очереди заявок на заказы. Строка с оператором TEST по смыслу аналогично действиям оператора IF и означает, что если в очереди 0 или 1 заявка, то осуществляется переход к следующему оператору, в данном случае к оператору SAVEVALUE, в противном случае (в очереди более одной заявки) происходит переход к оператору с меткой Fin, то есть заявка удаляется из системы,

не попадая на обслуживание. Строка с оператором SAVEVALUE с помощью оператора Custnum подсчитывает число заявок на заказ, попавших в очередь. Далее оператору ASSIGN присваивается значение СЧА оператора Custnum [1,2].

Получим отчет симуляции и проанализируем его (рис. 2.6, 2.7).

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	INIER	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	

Рис. 2.6: Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине при построении гистограммы распределения заявок в очереди

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

Рис. 2.7: Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине при построении гистограммы распределения заявок в очереди

Результаты работы модели:

- модельное время в начале моделирования: START TIME=0.0;
- абсолютное время или 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.

Имена, используемые в программе модели: operator, operator_q.

- количество транзактов, вошедших в блок с начала процедуры моделирования ENTRY COUNT = 102;

Затем идёт информация об одноканальном устройстве FACILITY (оператор, оформляющий заказ), откуда видим, что к оператору попало 98 заказов от клиентов (значение поля OWNER=98), но оператор успел принять в обработку до окончания рабочего времени только 54 (значение поля ENTRIES=54). Полезность работы оператора составила 0,987. При этом среднее время занятости оператора составило 6,470 мин.

Далее информация об очереди:

- QUEUE=operator_q – имя объекта типа «очередь»;
- MAX=2 – в очереди находилось не более двух ожидающих заявок от клиента;
- CONT=2 – на момент завершения моделирования в очереди было два клиента;
- ENTRIES=55 – общее число заявок от клиентов, прошедших через очередь в течение периода моделирования;
- ENTRIES(0)=1 – число заявок от клиентов, попавших к оператору без ожидания в очереди;
- AVE . CONT=1,652 заявок от клиентов в среднем были в очереди;
- AVE . TIME=10.628 минут в среднем заявки от клиентов провели в очереди (с учётом всех входов в очередь);
- AVE . (-0)=10,824 минут в среднем заявки от клиентов провели в очереди (без учета «нулевых» входов в очередь).

Также появилась таблица с информацией для гистограммы: частотность разделена на 15 частотных интервалов с шагом 2 и началом в 0, как мы и задали. Наибольшее количество заявок(17) обрабатывалось в диапазоне 10-12 минут.

В конце отчёта идёт информация о будущих событиях.

Проанализируем гистограмму (рис. 2.8).

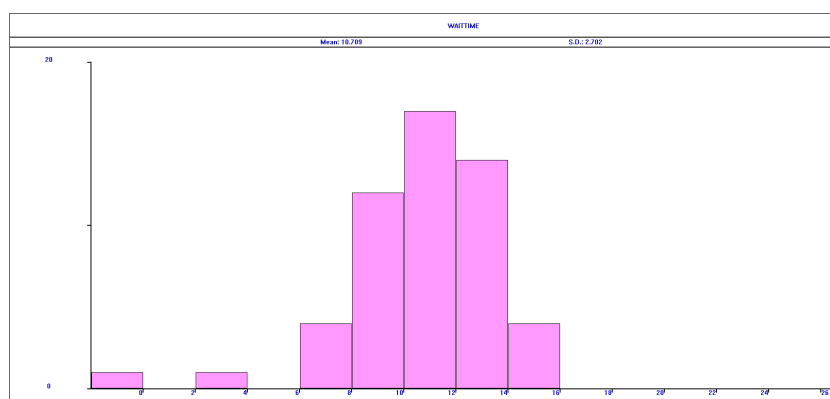
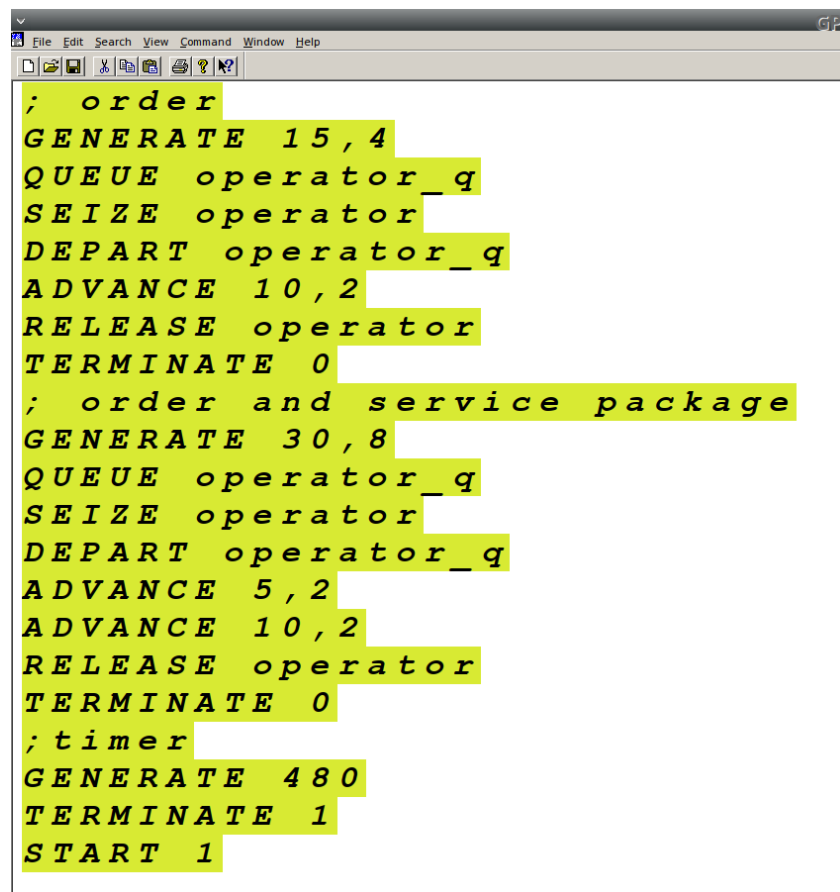


Рис. 2.8: Гистограмма распределения заявок в очереди

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.

2.3 Модель 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 [1]. Код и отчет результатов моделирования следующие (рис. 2.9, 2.10).



```
; 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. 2.9: Модель обслуживания двух типов заказов от клиентов в интернет-магазине

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. 2.10: Отчёт по модели оформления заказов двух типов

Результаты работы модели:

- модельное время в начале моделирования: START TIME=0.0;
- абсолютное время или момент, когда счетчик завершений принял значение 0: END TIME=480.0;
- количество блоков, использованных в текущей модели, к моменту завершения моделирования: BLOCKS=17;
- 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.

Имена, используемые в программе модели: `operator`, `operator_q`.

- количество транзактов, вошедших в блок первого типа заказов с начала процедуры моделирования `ENTRY COUNT = 32`, а второго типа (с дополнительными услугами) `ENTRY COUNT = 15`; обработано $12+27 = 39$;

Затем идёт информация об одноканальном устройстве `FACILITY` (оператор, оформляющий заказ), откуда видим, что к оператору попало 42 заказ от клиентов (значение поля `OWNER=42`), но оператор успел принять в обработку до окончания рабочего времени только 40 (значение поля `ENTRIES=40`). Полезность работы оператора составила 0,947. При этом среднее время занятости оператора составило 11,365 мин.

Далее информация об очереди:

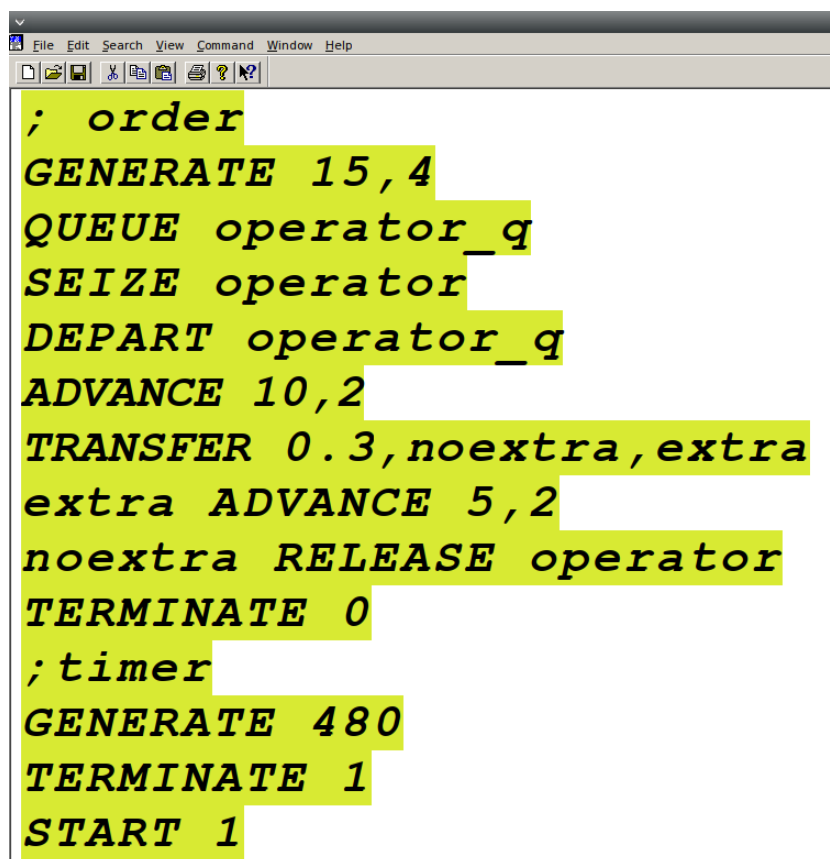
- `QUEUE=operator_q` – имя объекта типа «очередь»;
- `MAX=8` – в очереди находилось не более двух ожидающих заявок от клиента;
- `CONT=7` – на момент завершения моделирования в очереди было 7 клиентов;
- `ENTRIES=47` – общее число заявок от клиентов, прошедших через очередь в течение периода моделирования;
- `'ENTRIES(0)=2` – число заявок от клиентов, попавших к оператору без ожидания в очереди;
- `AVE . CONT=3,355` заявок от клиентов в среднем были в очереди;
- `AVE . TIME=34,261` минут в среднем заявки от клиентов провели в очереди (с учётом всех входов в очередь);
- `AVE . (-0)=35,784` минут в среднем заявки от клиентов провели в очереди (без учёта «нулевых» входов в очередь).

В конце отчёта идёт информация о будущих событиях.

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 noextra 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. 2.11).



```
; order  
GENERATE 15,4  
QUEUE operator_q  
SEIZE operator  
DEPART operator_q  
ADVANCE 10,2  
TRANSFER 0.3,noextra,extra  
extra ADVANCE 5,2  
noextra RELEASE operator  
TERMINATE 0  
; timer  
GENERATE 480  
TERMINATE 1  
START 1
```

Рис. 2.11: Модель обслуживания двух типов заказов с условием, что число заказов с дополнительным пакетом услуг составляет 30% от общего числа заказов

Проанализируем результаты моделирования (рис. 2.12).

GPSS World Simulation Report - lab14.5.1									
среда, мая 07, 2025 22:08:39									
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. 2.12: Отчёт по модели оформления заказов двух типов заказов

Результаты работы модели:

- модельное время в начале моделирования: START TIME=0.0;
- абсолютное время или 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.

Имена, используемые в программе модели: `operator`, `operator_q`.

- количество транзактов, вошедших в блок заказов с начала процедуры моделирования `ENTRY COUNT = 33`, при этом из них второго типа (с дополнительными услугами) `ENTRY COUNT = 8`; обработано 32 заказа;

Затем идёт информация об одноканальном устройстве `FACILITY` (оператор, оформляющий заказ), откуда видим, что к оператору попало 34 заказа от клиентов (значение поля `OWNER=34`), но оператор успел принять в обработку до окончания рабочего времени только 33 (значение поля `ENTRIES=33`). Полезность работы оператора составила 0,766. При этом среднее время занятости оператора составило 11,146 мин.

Далее информация об очереди:

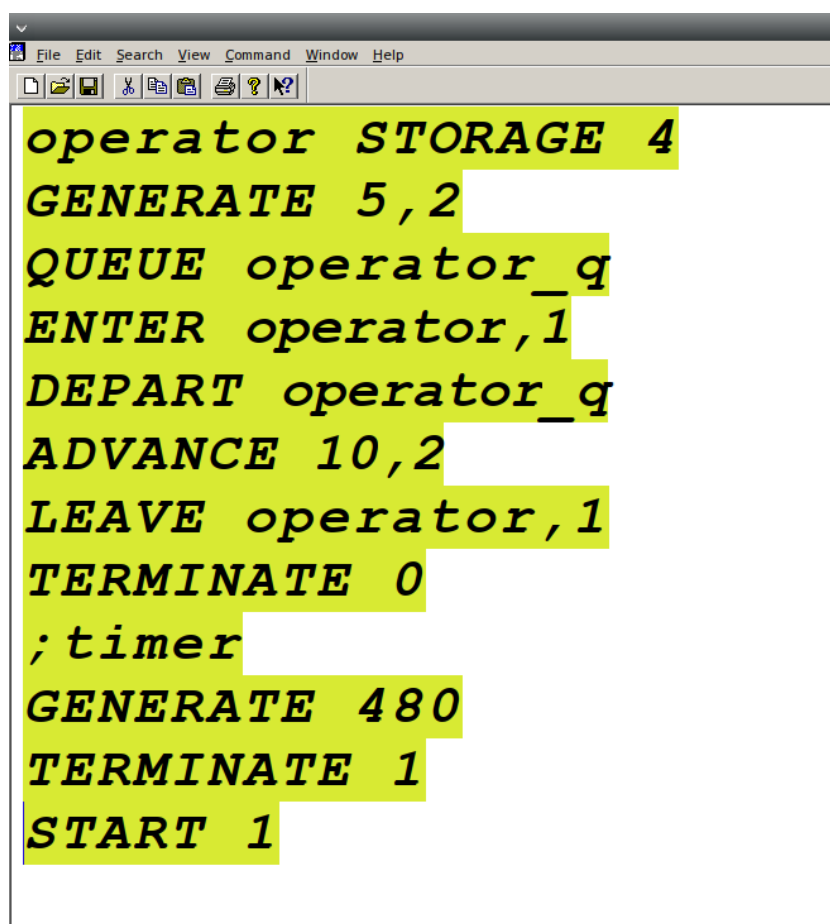
- `QUEUE=operator_q` – имя объекта типа «очередь»;
- `MAX=1` – в очереди находилось не более двух ожидающих заявок от клиента;
- `CONT=0` – на момент завершения моделирования в очереди было ноль клиентов;
- `ENTRIES=33` – общее число заявок от клиентов, прошедших через очередь в течение периода моделирования;
- `ENTRIES(0)=25` – число заявок от клиентов, попавших к оператору без ожидания в очереди;
- `AVE . CONT=0,054` заявок от клиентов в среднем были в очереди;
- `AVE . TIME=0.781` минут в среднем заявки от клиентов провели в очереди (с учётом всех входов в очередь);
- `AVE . (-0)=3,220` минут в среднем заявки от клиентов провели в очереди (без учета «нулевых» входов в очередь).

В конце отчёта идёт информация о будущих событиях.

2.4 Модель 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 [1].

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. 2.13).



```
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. 2.13: Модель оформления заказов несколькими операторами

Далее получим и проанализируем отчет (рис. 2.14).

GPSS World Simulation Report - lab14.6.1									
среда, мая 07, 2025 22:17:23									
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			
	2	QUEUE		93	0	0			
	3	ENTER		93	0	0			
	4	DEPART		93	0	0			
	5	ADVANCE		93	2	0			
	6	LEAVE		91	0	0			
	7	TERMINATE		91	0	0			
	8	GENERATE		1	0	0			
	9	TERMINATE		1	0	0			
QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.COUNT	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	BOT		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. 2.14: Отчет по модели оформления заказов несколькими операторами

Результаты работы модели:

- модельное время в начале моделирования: START TIME=0.0;
- абсолютное время или 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.

Имена, используемые в программе модели: `operator`, `operator_q`.

- количество транзактов, вошедших в блок заказов с начала процедуры моделирования `ENTRY COUNT = 93`; обработан 91 заказ;

Далее информация об очереди:

- `QUEUE=operator_q` – имя объекта типа «очередь»;
- `MAX=1` – в очереди находилось не более двух ожидающих заявок от клиента;
- `CONT=0` – на момент завершения моделирования в очереди было ноль клиентов;
- `ENTRIES=93` – общее число заявок от клиентов, прошедших через очередь в течение периода моделирования;
- `ENTRIES(0)=93` – число заявок от клиентов, попавших к оператору без ожидания в очереди;
- `AVE . CONT=0,000` – заявок от клиентов в среднем были в очереди;
- `AVE . TIME=0.000` минут в среднем заявки от клиентов провели в очереди (с учётом всех входов в очередь);
- `AVE . (-0)=0,000` минут в среднем заявки от клиентов провели в очереди (без учета «нулевых» входов в очередь).

Затем идёт информация о многоканальном устройстве `STORAGE` (оператор, оформляющий заказ), откуда видим, что к операторам попало 93 заказа от клиентов, но не указано, сколько операторы успели принять в обработку. Полезность работы операторов составила 0,482. При этом среднее время занятости оператора составило 1,926 мин. Также появились значения, характерные для `STORAGE`: вместительность 4, максимальное число одновременно работающих операторов – 4, минимальное – 0.

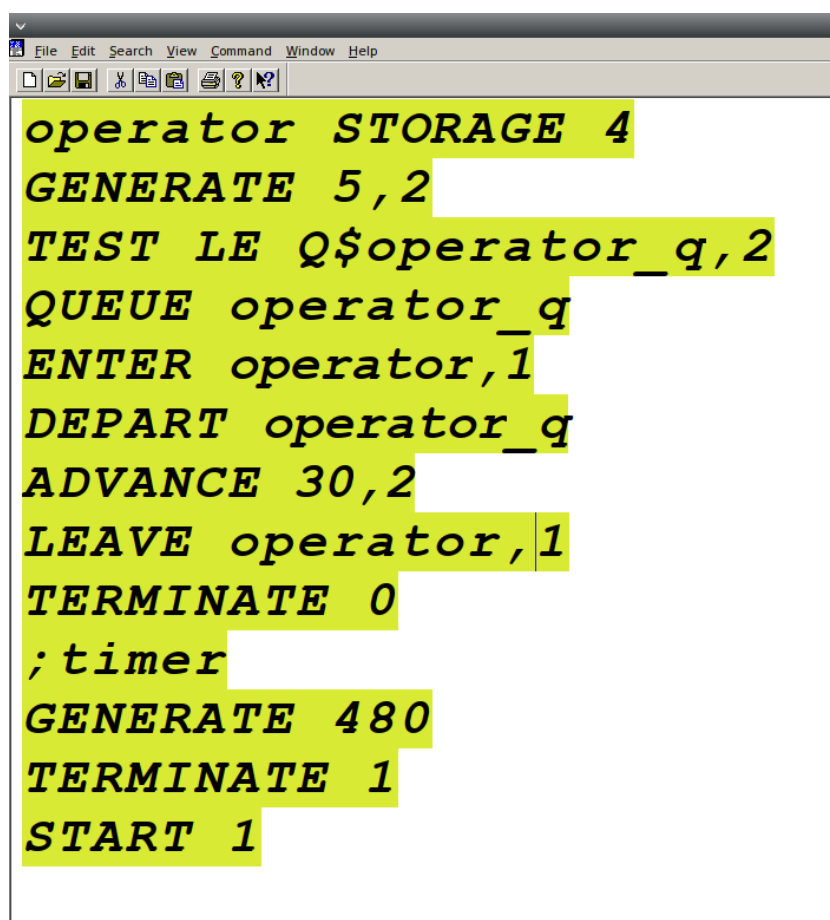
В конце отчёта идёт информация о будущих событиях.

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) [2].

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. 2.15).



```
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. 2.15: Модель оформления заказов несколькими операторами с учетом отказов клиентов

Проанализируем полученный отчет (рис. 2.16).

GPSS World Simulation Report - lab14.7.1							
среда, мая 07, 2025 22:22:36							
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. 2.16: Отчет по модели оформления заказов несколькими операторами с учетом отказов клиентов

Результаты работы модели:

- модельное время в начале моделирования: START TIME=0.0;
- абсолютное время или 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.

Имена, используемые в программе модели: operator, operator_q.

- количество транзактов, вошедших в блок заказов с начала процедуры моделирования $ENTRY\ COUNT = 94$; обработано 60 заказа; 27 человек отказались оставлять заявки, поскольку очередь была более 2ух заявок.

Далее информация об очереди:

- $QUEUE=operator_q$ – имя объекта типа «очередь»;
- $MAX=3$ – в очереди находилось не более трех ожидающих заявок от клиента(как и было указано);
- $CONT=3$ – на момент завершения моделирования в очереди было ноль клиентов;
- $ENTRIES=67$ – общее число заявок от клиентов, прошедших через очередь в течение периода моделирования;
- $ENTRIES(0)=4$ – число заявок от клиентов, попавших к оператору без ожидания в очереди;
- $AVE. CONT=2,701$ – заявок от клиентов в среднем были в очереди;
- $AVE. TIME=19,347$ минут в среднем заявки от клиентов провели в очереди (с учётом всех входов в очередь);
- $AVE. (-0)=20,576$ минут в среднем заявки от клиентов провели в очереди (без учета «нулевых» входов в очередь).

Затем идёт информация о многоканальном устройстве $STORAGE$ (оператор, оформляющий заказ), откуда видим, что к операторам попало 64 заказов от клиентов. Полезность работы операторов составила 0,971. При этом среднее время занятости оператора составило 3,885 мин. Также появились значения, характерные для $STORAGE$: вместительность 4, максимальное число одновременно работающих операторов – 4, минимальное – 0 [4].

В конце отчёта идёт информация о будущих событиях.

3 Заключительная часть

3.1 Выводы

В результате была реализована с помощью *gpss*:

- модель оформления заказов клиентов одним оператором;
- построение гистограммы распределения заявок в очереди;
- модель обслуживания двух типов заказов от клиентов в интернет-магазине;
- модель оформления заказов несколькими операторами.

Список литературы

1. Королькова А.В., Кулябов Д.С. Моделирование информационных процессов: Лабораторная работа №14. РУДН, 2025.
2. Шрайбер Г.Дж. Моделирование на GPSS. Москва: Машиностроение, 1980.
3. Кравченя Д.Н. И. Н. Шевченко. Имитационное моделирование на GPSS. Гомель: БелГУТ, 2022.
4. Алтаев А.А. Имитационное моделирование на языке GPSS. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2002.
5. Моделирование простых систем средствами GPSS. <https://rep.vsu.by/bitstream/123456789/1942/5/Компьютерный%20эксперимент%20в%20имитационном%20моделировании.pdf>, 2019.
6. Моделирование систем массового обслуживания в среде GPSS. https://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/010.pdf, 2016.