

# **Лабораторная работа №14**

**Модели обработки заказов**

Лихтенштейн Алина Алексеевна

# Содержание

<b>1</b>	<b>Цель работы</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Задание</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Выполнение лабораторной работы</b>	<b>6</b>
3.1	Модель оформления заказов клиентов одним оператором . . . . .	6
3.2	Построение гистограммы распределения заявок в очереди . . . . .	12
3.3	Модель обслуживания двух типов заказов от клиентов в интернет-магазине . . . . .	17
3.4	Модель оформления заказов несколькими операторами . . . . .	25
<b>4</b>	<b>Выводы</b>	<b>34</b>
<b>5</b>	<b>Список литературы</b>	<b>35</b>

## Список иллюстраций

3.1	Модель оформления заказов клиентов одним оператором . . . . .	7
3.2	Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине . . . . .	8
3.3	Модель оформления заказов клиентов одним оператором, упражнение . . . . .	10
3.4	Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине, упражнение . . . . .	11
3.5	Построение гистограммы распределения заявок в очереди . . . . .	13
3.6	Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине при построении гистограммы распределения заявок в очереди . . . . .	14
3.7	Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине при построении гистограммы распределения заявок в очереди . . . . .	15
3.8	Гистограмма распределения заявок в очереди . . . . .	15
3.9	Модель обслуживания двух типов заказов от клиентов в интернет-магазине . . . . .	18
3.10	Отчёт по модели оформления заказов двух типов . . . . .	19
3.11	Отчёт по модели оформления заказов двух типов . . . . .	19
3.12	Модель обслуживания двух типов заказов с условием, что число заказов с дополнительным пакетом услуг составляет 30% от общего числа заказов . . . . .	22
3.13	Отчёт по модели оформления заказов двух типов заказов . . . . .	23
3.14	Модель оформления заказов несколькими операторами . . . . .	26
3.15	Отчет по модели оформления заказов несколькими операторами . . . . .	27
3.16	Модель оформления заказов несколькими операторами с учетом отказов клиентов . . . . .	30
3.17	Отчет по модели оформления заказов несколькими операторами с учетом отказов клиентов . . . . .	31

# **1 Цель работы**

Реализовать модели обработки заказов и провести анализ результатов.

## 2 Задание

Реализовать 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.

## 3 Выполнение лабораторной работы

### 3.1 Модель оформления заказов клиентов одним оператором

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

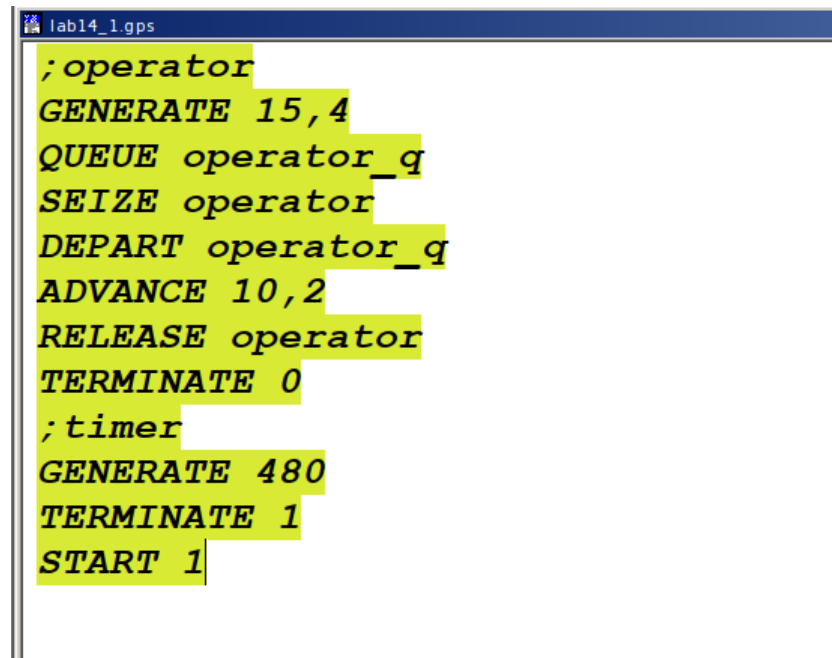
- 1) клиент оставляет заявку на заказ в интернет-магазине;
- 2) если необходимо, заявка от клиента ожидает в очереди освобождения оператора для оформления заказа;
- 3) заявка от клиента принимается оператором для оформления заказа;
- 4) оператор оформляет заказ;
- 5) клиент получает подтверждение об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

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. fig. 3.1).



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

После запуска симуляции получаем отчёт (рис. fig. 3.2).

lab14\_1.2.1 - REPORT

четверг, мая 01, 2025 12:11:49

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. 3.2: 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.



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 учета «нулевых» входов в очередь).

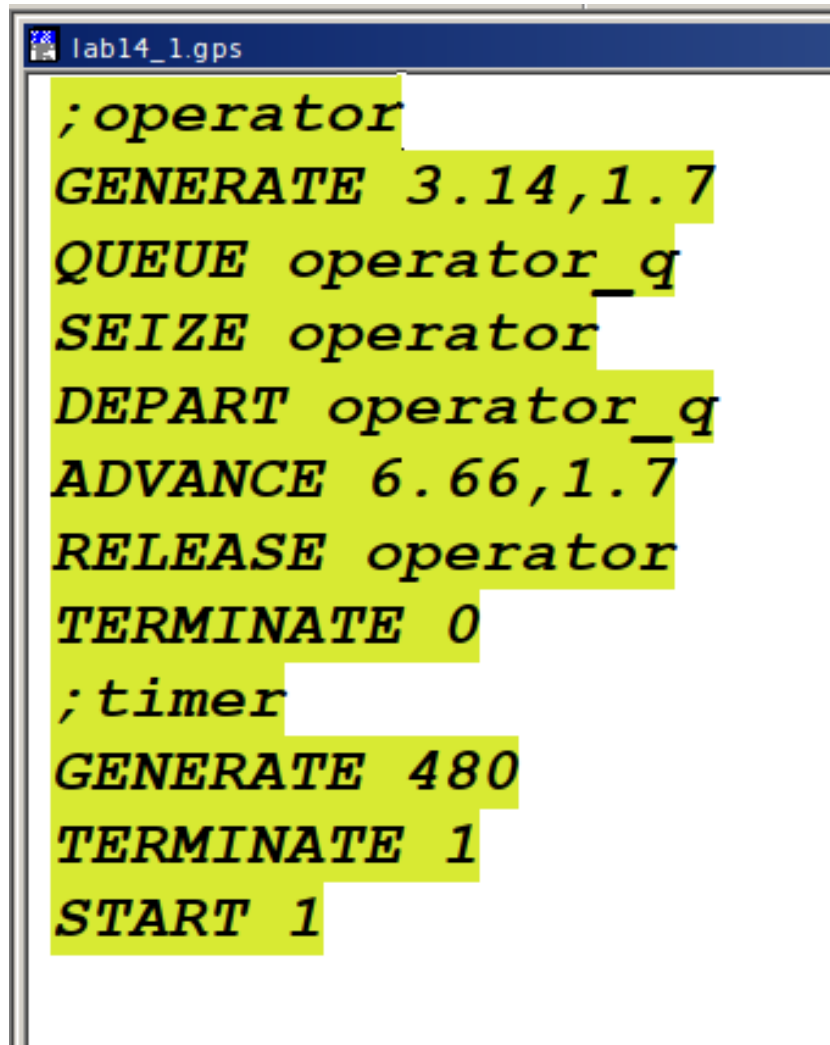
В конце отчёта идёт информация о будущих событиях:

- 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.

### Упражнение

Скорректируйте модель в соответствии с изменениями входных данных: интервалы поступления заказов распределены равномерно с интервалом  $3.14 \pm 1.7$  мин; время оформления заказа также распределено равномерно на интервале  $6.66 \pm 1.7$  мин. Проанализируйте отчёт, сравнив результаты с результатами предыдущего моделирования.

Я изменила строки GENERATE и ADVANCE (рис. fig. 3.3).



```
;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. 3.3: Модель оформления заказов клиентов одним оператором, упражнение

После запуска симуляции получаем отчёт (рис. fig. 3.4).

tab14\_13.1 - REPORT

четверг, мая 01, 2025 12:13:43

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. 3.4: Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине, упражнение

Проанализируем отчёт:

- 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 =

152.

Затем идёт информация об одноканальном устройстве FACILITY (оператор, оформляющий заказ), откуда видим, что к оператору попало 71 заказа от клиентов (значение поля OWNER=71), но одну заявку оператор не успел принять в обработку до окончания рабочего времени (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 заявки от клиента;
- CONT= 82 – на момент завершения моделирования очередь была полна (82 заявки);
- ENTRIES= 152 – 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)=124,279 минут в среднем заявки от клиентов провели в очереди (без учета «нулевых» входов в очередь).

В конце отчёта идёт информация о будущих событиях.

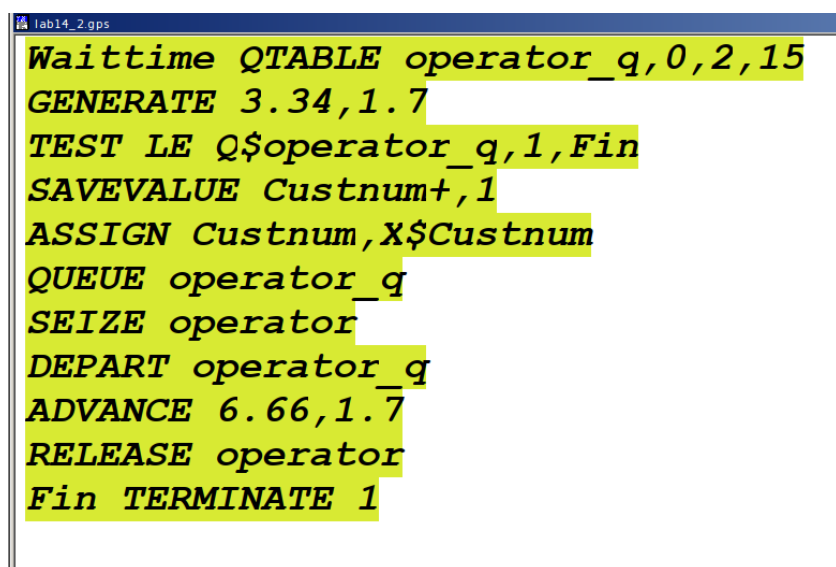
## **3.2 Построение гистограммы распределения заявок в очереди**

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.

Код программы будет следующим(рис. fig. 3.5).



```
lab14_2.gps
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. 3.5: 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.

Получим отчет симуляции (рис. fig. 3.6, fig. 3.7).

lab14\_2.1.1 - REPORT

GPSS World Simulation Report - lab14\_2.1.1

четверг, мая 01, 2025 12:34:30

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

Рис. 3.6: Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине при построении гистограммы распределения заявок в очереди

lab14_2.1.1 - REPORT					
	8	ADVANCE	53	0	0
	9	RELEASE	53	0	0
FIN	10	TERMINATE	100	0	0
FACILITY					
OPERATOR	54	0.987	6.470	1	98
QUEUE					
OPERATOR_Q	2	2	55	1	1.652
TABLE					
WAITTIME	MEAN	STD.DEV.	RANGE	RETRY FREQUENCY	CUM.%
	10.709	2.702		0	
			-	0.000	1
			0.000	2.000	0
			2.000	4.000	1
			4.000	6.000	0
			6.000	8.000	4
			8.000	10.000	12
			10.000	12.000	17
			12.000	14.000	14
			14.000	16.000	4
SAVEVALUE					
CUSTNUM	RETRY	VALUE			
	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. 3.7: Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине при построении гистограммы распределения заявок в очереди

И гистограмму(рис. fig. 3.8):

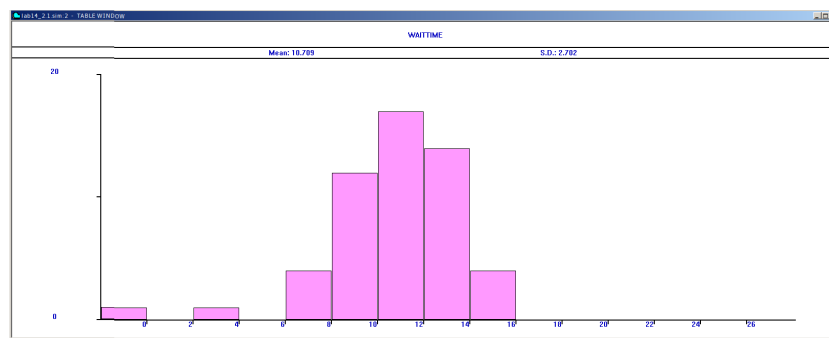


Рис. 3.8: Гистограмма распределения заявок в очереди

### Упражнение

Требуется проанализировать отчёт и гистограмму по результатам моделирования.

Проанализируем отчёт:

- 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: `custnum`, `fin`, `operator`, `operator_q`, `waittime`.

- 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, а также в таблице указана частота, количество обрабатываемых заявок.

В конце отчёта идёт информация о будущих событиях.

Проанализируем гистограмму:

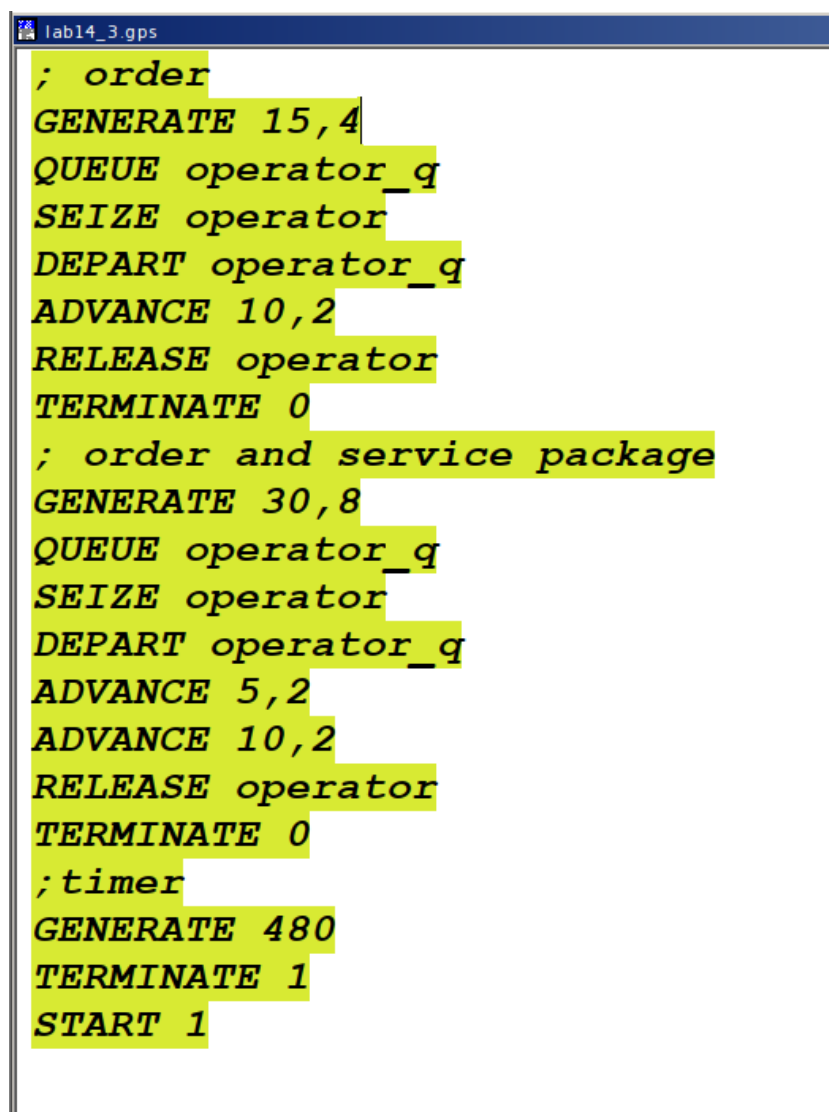
Частотное распределение времени обработки заявок было сформировано на основе 15 равных интервалов шириной 2 минуты, начиная с нуля, в соответствии с заданными параметрами.

- Максимальное количество заявок (17) обрабатывалось в интервале 10–12 минут.
- Второй по частоте интервал — 12–14 минут, в котором обрабатывалось 14 заявок.
- Третий по частоте — 8–10 минут с 12 заявками.
- Во всех остальных интервалах количество заявок варьировалось от 0 до 4, что свидетельствует о низкой вероятности соответствующего времени обработки.

### **3.3 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. Код и отчет результатов моделирования следующие (рис. fig. 3.9, fig. 3.10, fig. 3.11).



```
lab14_3.gps
; 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. 3.9: Модель обслуживания двух типов заказов от клиентов в интернет-магазине

```
lab14_3.1.1 - REPORT
```

GPSS World Simulation Report - lab14\_3.1.1

Wetnepr, Mar 01, 2025 12:47:39

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

Рис. 3.10: Отчёт по модели оформления заказов двух типов

lab14_3.1.1 - REPORT									
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. 3.11: Отчёт по модели оформления заказов двух типов

**Задание:** проанализировать отчёт.

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;
  - второго типа(с дополнительными услугами) ENTRY COUNT = 15;
  - обработано 39 (потому что  $12+27 = 39$ );

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 восьми 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 учета «нулевых» входов в очередь).

В конце отчёта идёт информация о будущих событиях.

### Упражнение

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

Из теории мы знаем, что:

Блок TRANSFER изменяет маршрут движения транзактов:

- TRANSFER [A],B,[C],[D]

Здесь A — режим перехода; B — метка первого альтернативного блока; C — метка второго альтернативного блока; D — константа, используемая для относительной переадресации транзактов.

Будем использовать один блок order, а разделим типы заявок с помощью переходов оператором TRANSFER. Каждый заказ обрабатывается  $10 \pm 2$  минуты, после этого зададим оператор TRANSFER, в котором укажем, что с вероятностью 0.7 происходит обработка заявки (переход к блоку dst2 RELEASE operator), а с вероятностью 0.3 дополнительно заказ обрабатывается еще  $5 \pm 2$  минуты (переход к блоку dst1 ADVANCE 5,2) и только после этого является обработанным (рис. fig. 3.12).

```
; order  
GENERATE 15,4  
QUEUE operator_q  
SEIZE operator  
DEPART operator_q  
ADVANCE 10,2  
TRANSFER 0.3,dst2,dst1  
dst1 ADVANCE 5,2  
dst2 RELEASE operator  
TERMINATE 0  
;timer  
GENERATE 480  
TERMINATE 1  
START 1
```

Рис. 3.12: Модель обслуживания двух типов заказов с условием, что число заказов с дополнительным пакетом услуг составляет 30% от общего числа заказов

Проанализируем результаты моделирования (рис. fig. 3.13).

lab14\_3.3.1 - REPORT

GPSS World Simulation Report - lab14\_3.3.1

четверг, мая 01, 2025 13:00:17

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	480.000	11	1	0

NAME	VALUE
DST1	7.000
DST2	8.000
OPERATOR	10001.000
OPERATOR_Q	10000.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	33	0	0
	2	QUEUE	33	0	0
	3	SEIZE	33	0	0
	4	DEPART	33	0	0
	5	ADVANCE	33	0	0
	6	TRANSFER	33	0	0
DST1	7	ADVANCE	8	1	0
DST2	8	RELEASE	32	0	0
	9	TERMINATE	32	0	0
	10	GENERATE	1	0	0
	11	TERMINATE	1	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. 3.13: 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  $ENTRY\ COUNT = 33$ ;
- 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 одной ожидающей заявки 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.

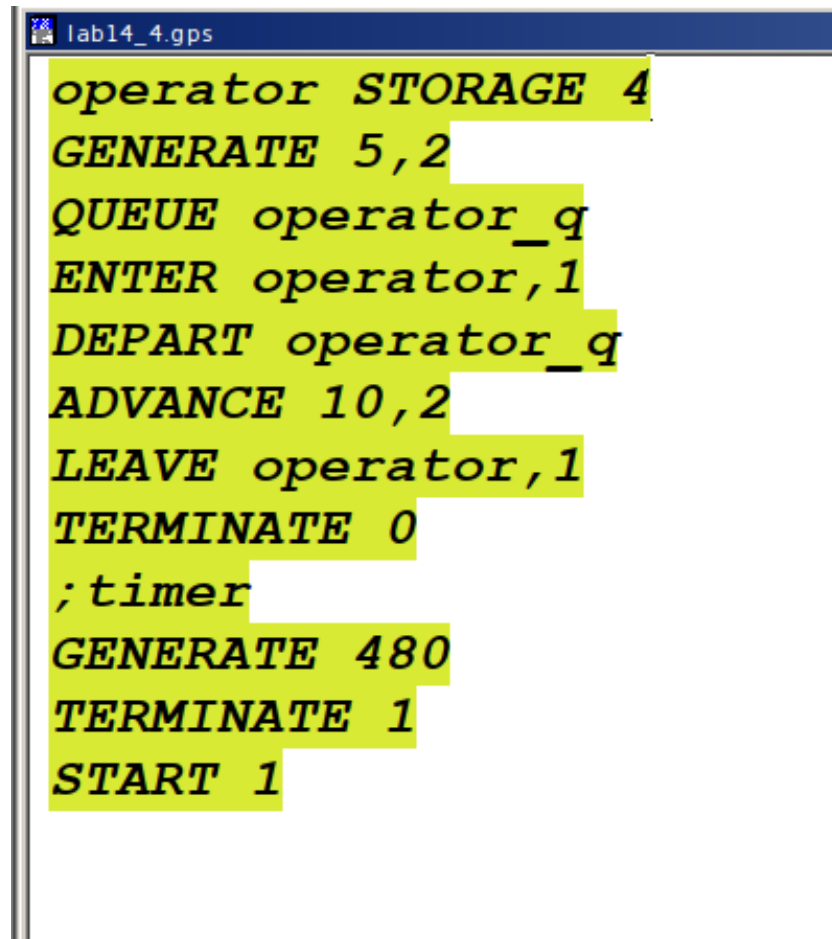


### 3.4 Модель оформления заказов несколькими операторами

В интернет-магазине заказы принимают 4 оператора. Интервалы поступления заказов распределены равномерно с интервалом  $5 \pm 2$  мин. Время оформления заказа каждым оператором также распределено равномерно на интервале  $10 \pm 2$  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

Для задания количества доступных операторов в системе используется команда `STORAGE operator 4`, где `operator` — имя ресурса, а число 4 указывает на то, что одновременно могут работать четыре оператора.

На этапе обработки каждой заявки добавляется команда `ENTER operator,1`, обозначающая, что для начала обслуживания необходимо зарезервировать одного оператора (рис. fig. 3.14).



```
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. 3.14: Модель оформления заказов несколькими операторами

### Упражнение

1. Проанализируем отчет (рис. fig. 3.15).

lab14\_4.1.1 - REPORT

GPSS World Simulation Report - lab14\_4.1.1

verbepr, mar 01, 2025 13:29:05

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. 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. 3.15: 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=0;
- количество многоканальных устройств, использованных в текущей модели к моменту завершения моделирования: STORAGES=1.

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 одной ожидающей заявки 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).

Далее идет информация про многоканальное устройство STORAGE (представляющее операторов, оформляющих заказы), и мы можем сделать такие выводы:

- Общее число заявок, направленных к операторам, составило 93.
- Значение коэффициента полезности (или загрузки) STORAGE составило 0,482.
- Среднее время, в течение которого один оператор был занят одной заявкой, составило 1,926 минуты.
- $CAP. = 4$ , что означает возможность одновременной работы до четырёх операторов.
- Максимальное число одновременно задействованных операторов: 4 – то есть в некоторые моменты все операторы находились в работе.

- Минимальное число задействованных операторов: 0 — были периоды, когда ни один оператор не был занят.

В конце отчёта идёт информация о будущих событиях.

2. 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).

Прочитаем информацию про TEST:

Блок TEST определяет направление движения транзакта в зависимости от выполнения условия, заданного алгебраическим соотношением:

TEST XX A, B, [C]

Здесь XX — знак логической операции: L — меньше, G — больше, E — равно, LE — меньше или равно, GE — больше или равно, NE — не равно; A, B — сравниваемые значения; C — метка блока, куда перемещается транзакт в случае невыполнения заданного условия.

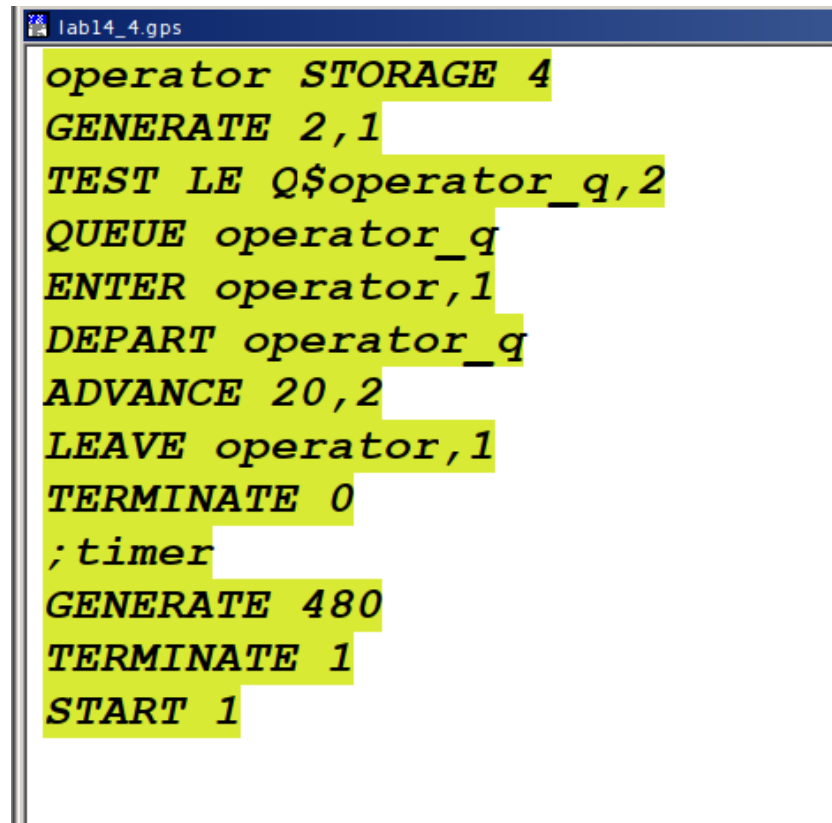
В модель я добавила строчку TEST LE Q\$operator\_q, 2, которая проверяет, сколько человек стоит в очереди к операторам. Если в очереди не больше двух клиентов, заявка идёт дальше на обработку. Если клиентов больше двух — заявка уходит из системы, имитируя отказ пользователя из-за слишком долгого ожидания.

Ранее в отчёте было видно, что длина очереди ни разу не превышала двух человек. Это связано с тем, что заявки поступали довольно редко, и операторы успевали справляться с потоком. Чтобы проверить, как система поведёт себя при большей нагрузке, я изменила параметры модели:

- Вместо GENERATE 5, 2 теперь используется GENERATE 2, 1, то есть заявки приходят чаще — примерно раз в 2 минуты с небольшим разбросом.

- Команда ADVANCE 10,2 заменена на ADVANCE 20,2, чтобы одна заявка обрабатывалась дольше — в среднем 20 минут.

Таким образом, модель теперь работает в условиях, когда операторов может не хватать, и появляется шанс, что очередь превысит допустимый предел в два человека. Это позволяет проверить, как сработает фильтрация через TEST, и насколько сильно это повлияет на общий поток заявок (рис. fig:015).



```

operator STORAGE 4
GENERATE 2,1
TEST LE Q$operator_q,2
QUEUE operator_q
ENTER operator,1
DEPART operator_q
ADVANCE 20,2
LEAVE operator,1
TERMINATE 0
;timer
GENERATE 480
TERMINATE 1
START 1

```

Рис. 3.16: Модель оформления заказов несколькими операторами с учетом отказов клиентов

3. Проанализируем полученный отчет (рис. fig. 3.17).

lab14\_4.4.1 - REPORT

GPSS World Simulation Report - lab14\_4.4.1

четверг, мая 01, 2025 13:42:04

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	239	138	0
	2	TEST	101	0	0
	3	QUEUE	101	3	0
	4	ENTER	98	0	0
	5	DEPART	98	0	0
	6	ADVANCE	98	4	0
	7	LEAVE	94	0	0
	8	TERMINATE	94	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	101	4	2.915	13.854	14.425 138

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
OPERATOR	4	0	0	4	98	1	3.953	0.988	0	3

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
241	0	481.105	241	0	1		
96	0	486.885	96	6	7		
97	0	494.918	97	6	7		
98	0	496.712	98	6	7		
99	0	498.144	99	6	7		
242	0	960.000	242	0	9		

Рис. 3.17: 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=10;
- количество одноканальных устройств, использованных в модели к моменту завершения моделирования: FACILITIES=0;
- количество многоканальных устройств, использованных в текущей модели к моменту завершения моделирования: STORAGES=1.

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

- количество транзактов, вошедших в блок заказов с начала процедуры моделирования `ENTRY COUNT = 239`;
- обработано 94 заказа;
- 138 человек отказались оставлять заявки, поскольку очередь была более двух 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 три клиента;
- `ENTRIES=101` – 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=2,915` – заявок от клиентов в среднем были в очереди;
- `AVE . TIME=13,854` минут в среднем заявки от клиентов провели в очереди (с учётом всех входов в очередь);
- `AVE . (-0)=14,425` минут в среднем заявки от клиентов провели в очереди (без учета «нулевых» входов в очередь).

Далее в отчёте представлена статистика по многоканальному устройству `STORAGE`, которое моделирует операторов, занимающихся оформлением заказов. Из данных видно следующее:

- К операторам было направлено 98 заявок от клиентов.
- Полезность работы (*utilization*) составила 0,988, то есть операторы были заняты почти всё время моделирования — 98,8 % времени.



- В среднем один оператор тратил 3,953 минуты на обработку одной заявки.
- CAP. = 4, что означает возможность одновременной работы до четырёх операторов.
- Максимальное число одновременно занятых операторов: 4.
- Минимальное число занятых операторов: 0 (были периоды простоя, хотя и редкие).

В конце отчёта идёт информация о будущих событиях.

## 4 Выводы

В ходе данной лабораторной работы было реализовано следующее:

- 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.

## 5 Список литературы

Королькова А.В., Кулябов Д.С. Моделирование информационных процессов