

Отчёт по лабораторной работе №14

Имитационное моделирование

Астраханцева А. А.

Содержание

1	Цель работы	4
2	Задание	5
3	Теоретическое введение	6
4	Выполнение лабораторной работы	8
4.1	Модель оформления заказов клиентов одним оператором	8
4.2	Построение гистограммы распределения заявок в очереди	16
4.3	Модель обслуживания двух типов заказов от клиентов в интернет-магазине	20
4.4	Модель оформления заказов несколькими операторами	29
5	Выводы	38
	Список литературы	39

Список иллюстраций

4.1	Модель оформления заказов клиентов одним оператором	9
4.2	Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине	10
4.3	Модель оформления заказов клиентов одним оператором, упражнение	13
4.4	Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине, упражнение	14
4.5	Построение гистограммы распределения заявок в очереди	16
4.6	Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине при построении гистограммы распределения заявок в очереди	17
4.7	Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине при построении гистограммы распределения заявок в очереди	18
4.8	Гистограмма распределения заявок в очереди	18
4.9	Модель обслуживания двух типов заказов от клиентов в интернет-магазине	22
4.10	Отчёт по модели оформления заказов двух типов	23
4.11	Модель обслуживания двух типов заказов с условием, что число заказов с дополнительным пакетом услуг составляет 30% от общего числа заказов	26
4.12	Отчёт по модели оформления заказов двух типов заказов	27
4.13	Модель оформления заказов несколькими операторами	30
4.14	Отчет по модели оформления заказов несколькими операторами	31
4.15	Модель оформления заказов несколькими операторами с учетом отказов клиентов	34
4.16	Отчет по модели оформления заказов несколькими операторами с учетом отказов клиентов	35

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 Теоретическое введение

GPSS (General Purpose Simulation System) — это один из первых специализированных языков программирования для имитационного моделирования, созданный в 1961 году американским инженером Джефффри Гордоном в корпорации IBM. Первоначально язык разрабатывался для нужд моделирования сложных логистических и производственных процессов в промышленных и военных системах, где требовался учёт случайных событий и взаимодействия большого количества объектов во времени.

GPSS стал знаковым инструментом в истории моделирования: он заложил основы событийного подхода и ввёл понятие транзакта как активного объекта, перемещающегося по блокам логики системы. Эти концепции впоследствии легли в основу многих других языков и программных сред моделирования. Благодаря модульной структуре и простой записи моделей, GPSS получил широкое распространение в университетах и научных учреждениях как средство обучения и анализа дискретных систем.

Практическое применение GPSS охватывает широкий спектр задач:

- Организация работы производственных цехов: моделирование потока деталей между станками, учёт времени обработки, простоев и загрузки оборудования;
- Системы массового обслуживания: моделирование очередей в банках, поликлиниках, аэропортах с целью оценки времени ожидания и необходимости в дополнительном персонале;

- Логистика и склады: моделирование перемещения товаров между зонами хранения, погрузки и разгрузки, анализ загрузки транспортных средств;
- Транспорт: моделирование движения автобусов, поездов, планирование расписаний с учётом времени на посадку и высадку пассажиров;
- Военные приложения: планирование операций снабжения, имитация действий в сложных логистических цепочках.

Одним из достоинств GPSS является то, что язык допускает использование случайных величин (например, времени обслуживания или интервалов между заявками), что позволяет создавать реалистичные модели, приближенные к поведению реальных систем. Также GPSS даёт возможность легко собирать статистику по ключевым метрикам: времени пребывания объектов в системе, загрузке ресурсов, количеству отказов и пр.

Несмотря на то, что с момента своего создания прошло более шестидесяти лет, GPSS продолжает использоваться как в учебных целях, так и в инженерной практике благодаря своей простоте, наглядности и эффективности в решении прикладных задач, связанных с анализом и оптимизацией дискретных процессов.

[1,2].

4 Выполнение лабораторной работы

4.1 Модель оформления заказов клиентов одним оператором

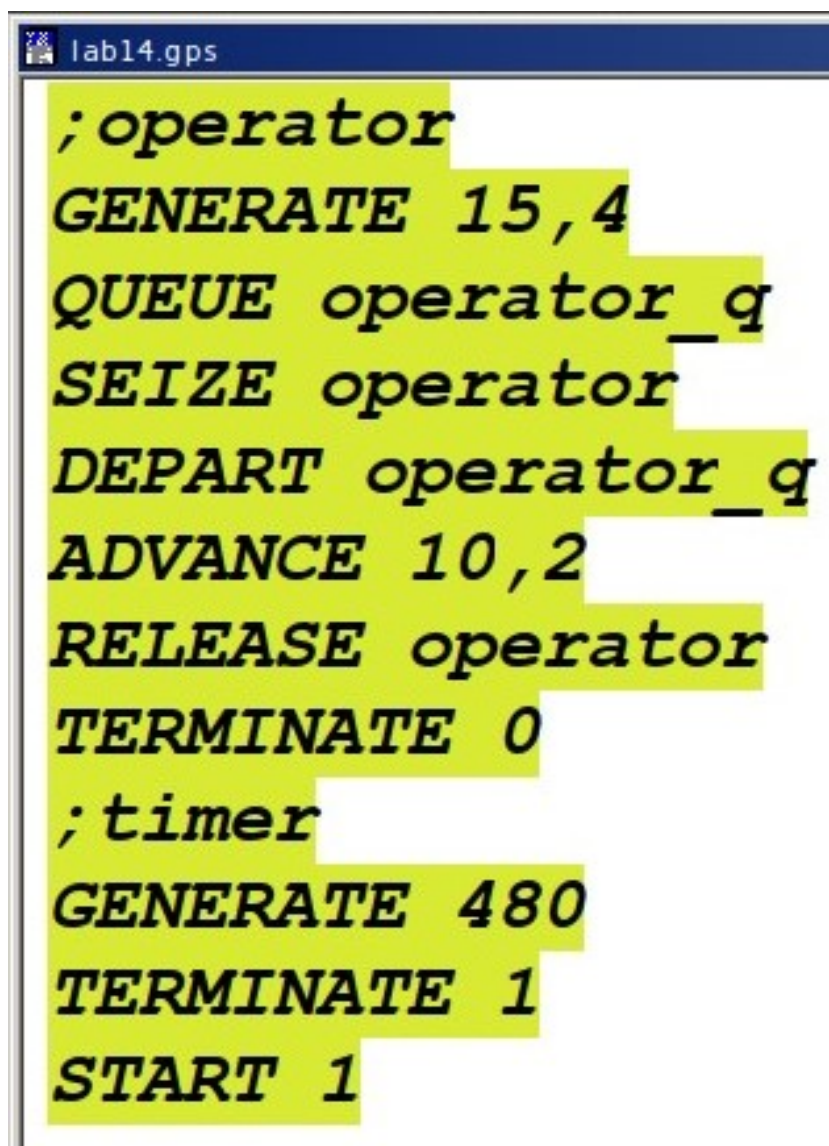
Порядок блоков в модели соответствует порядку фаз обработки заказа в реальной системе:

- 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. 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

После запуска симуляции получаем отчёт (рис. fig. 4.2).

lab14.1.1 - REPORT

GPSS World Simulation Report - lab14.1.1

пятница, мая 09, 2025 16:27:29

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

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:

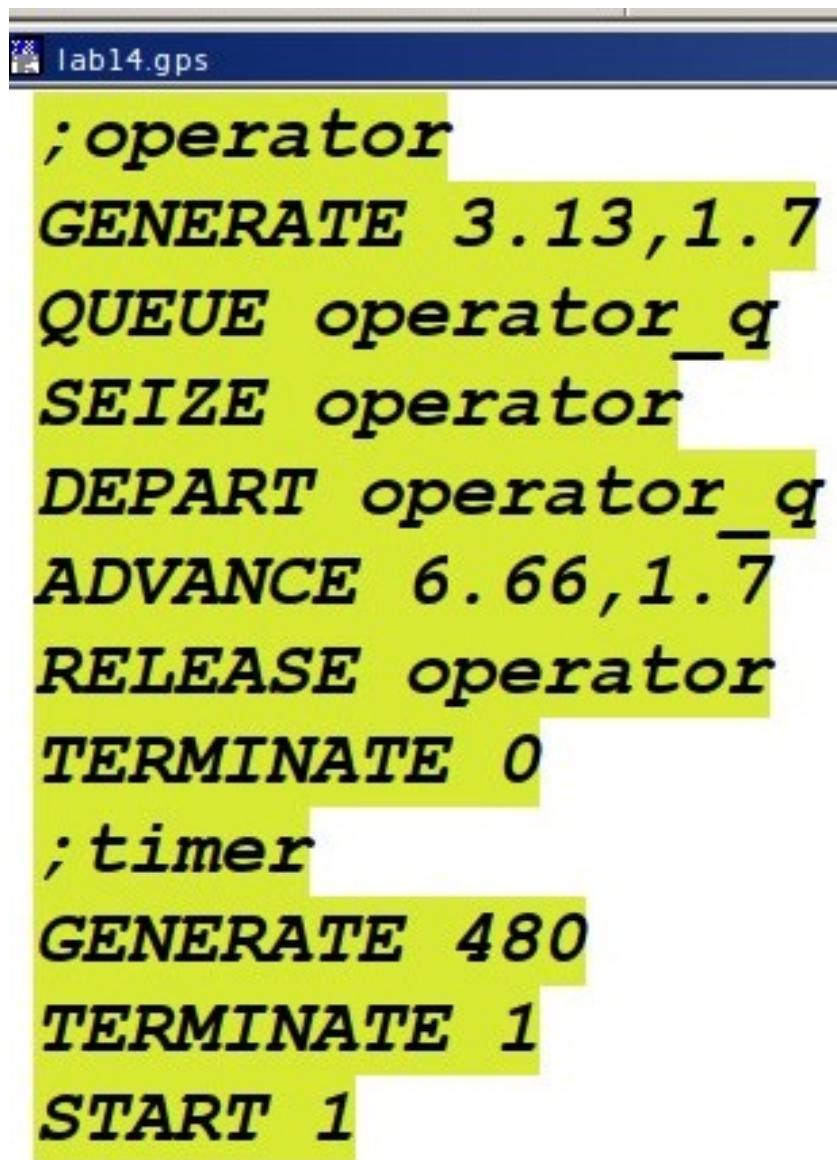
- XN=33 – порядковый номер заявки от клиента, ожидающей поступления для оформления заказа у оператора;

- 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 ± 1.7 мин; время оформления заказа также распределено равномерно на интервале 6.66 ± 1.7 мин. Проанализируйте отчёт, сравнив результаты с результатами предыдущего моделирования.

Изменяем строки GENERATE и ADVANCE (рис. fig. 4.3).



```
;operator  
GENERATE 3.13,1.7  
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: Модель оформления заказов клиентов одним оператором, упражнение

После запуска симуляции получаем отчёт (рис. fig. 4.4).

GPSS World Simulation Report - lab14.2.1									
ПЯТНИЦА, МАЯ 09, 2025 16:38:01									
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	151	0	0				
	2	QUEUE	151	80	0				
	3	SEIZE	71	0	0				
	4	DEPART	71	0	0				
	5	ADVANCE	71	1	0				
	6	RELEASE	70	0	0				
	7	TERMINATE	70	0	0				
	8	GENERATE	1	0	0				
	9	TERMINATE	1	0	0				
FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
OPERATOR	71	0.991	6.700	1	72	0	0	0	80
QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY		
OPERATOR_Q	80	80	151	1	38.534	122.491	123.307	0	
FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE		
72	0	481.491	72	5	6				
153	0	484.233	153	0	1				
154	0	960.000	154	0	8				

Рис. 4.4: 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 = 151.

Затем идёт информация об одноканальном устройстве FACILITY (оператор, оформляющий заказ), откуда видим, что к оператору попало 72 заказа от клиентов (значение поля OWNER=72), но одну заявку оператор не успел принять в обработку до окончания рабочего времени (значение поля ENTRIES=71). Полезность работы оператора составила 0,991. При этом среднее время занятости оператора составило 6,7 мин.

Далее информация об очереди:

- QUEUE=operator_q – имя объекта типа «очередь»;
- MAX= 80 – в очереди находилось 82 ожидающих заявки от клиента;
- CONT= 80 – на момент завершения моделирования очередь была полна (82 заявки);
- ENTRIES= 151 – 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= 38,534 заявок от клиентов в среднем были в очереди;
- AVE . TIME = 122,491 минут в среднем заявки от клиентов провели в очереди (с учётом всех входов в очередь);
- AVE . (-0)=123,307 минут в среднем заявки от клиентов провели в очереди (без учета «нулевых» входов в очередь).

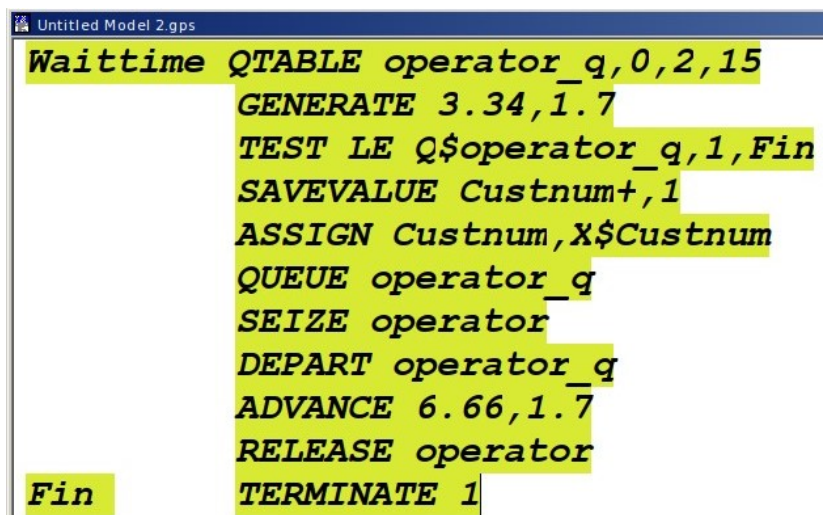
В конце отчёта идёт информация о будущих событиях.

4.2 Построение гистограммы распределения заявок в очереди

Требуется построить гистограмму распределения заявок, ожидающих обработки в очереди в примере из предыдущего упражнения. Для построения гистограммы 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. 4.5).



```
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. 4.5: 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 смыс-

лу 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 операнда Custnum подсчитывает число заявок на заказ, попавших в очередь. Далее оператору ASSIGN присваивается значение СЧА оператора Custnum.

Получим отчет симуляции (рис. fig. 4.6, fig. 4.7).

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 2.4.1									
ПЯТНИЦА, МАЯ 09, 2025 16:54:44									
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. 4.6: Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине при построении гистограммы распределения заявок в очереди

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

Рис. 4.7: Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине при построении гистограммы распределения заявок в очереди

И гистограмму(рис. fig. 4.8):

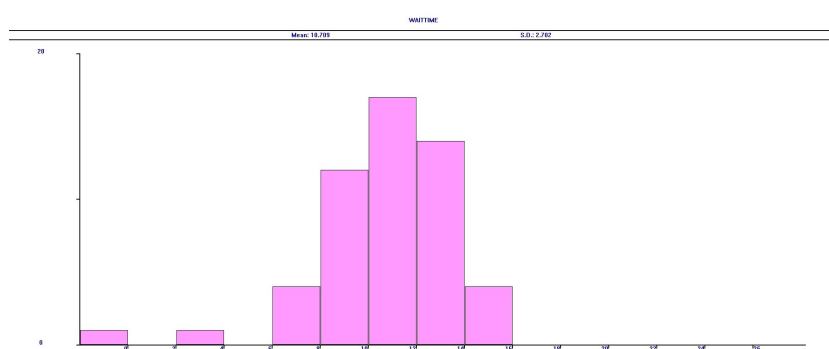


Рис. 4.8: Гистограмма распределения заявок в очереди

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.

4.3 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. 4.9, fig. 4.10).

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

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 3.1.1									
ПЯТНИЦА, МАЯ 09, 2025 17:08:29									
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	0		
	2	QUEUE	32		4	0	0		
	3	SEIZE	28		0	0	0		
	4	DEPART	28		0	0	0		
	5	ADVANCE	28		1	0	0		
	6	RELEASE	27		0	0	0		
	7	TERMINATE	27		0	0	0		
	8	GENERATE	15		0	0	0		
	9	QUEUE	15		3	0	0		
	10	SEIZE	12		0	0	0		
	11	DEPART	12		0	0	0		
	12	ADVANCE	12		0	0	0		
	13	ADVANCE	12		0	0	0		
	14	RELEASE	12		0	0	0		
	15	TERMINATE	12		0	0	0		
	16	GENERATE	1		0	0	0		
	17	TERMINATE	1		0	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. 4.10: 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

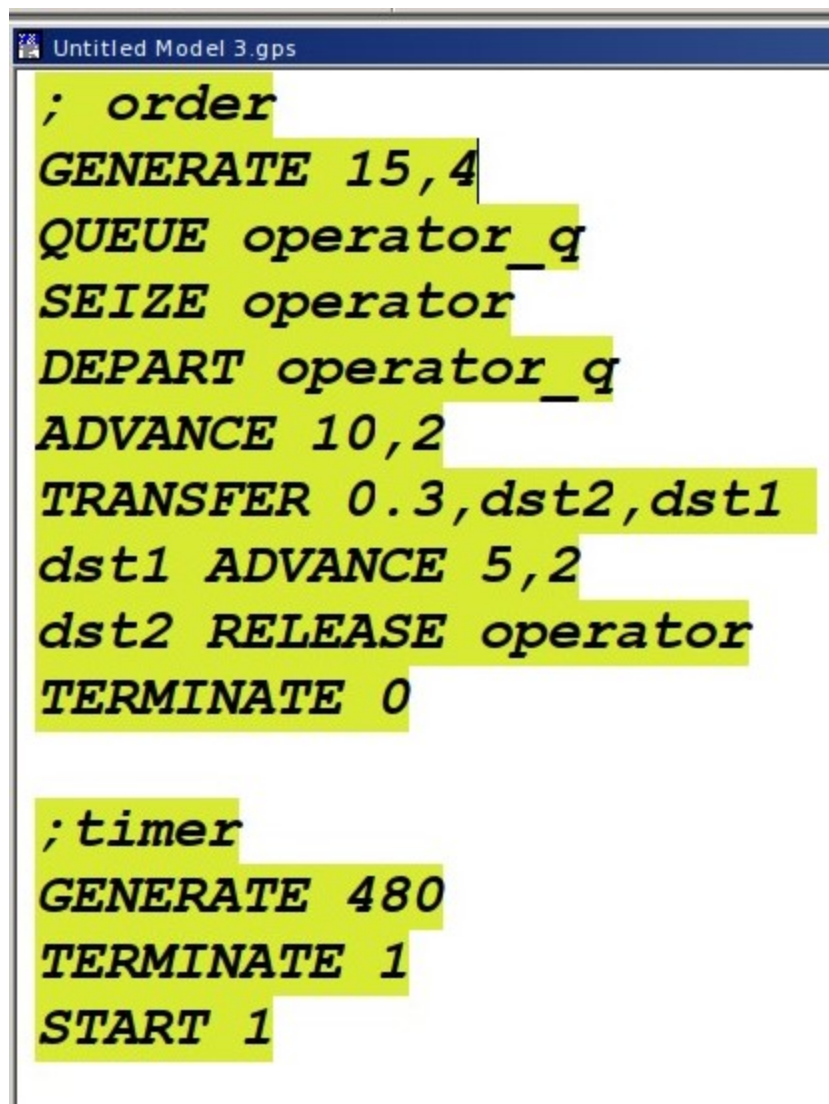
Нужно было скорректировать модель так, чтобы учитывалось условие, что число заказов с дополнительным пакетом услуг составляет 30% от общего числа заказов.

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 (рис. fig. 4.11).



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

Проанализируем результаты моделирования (рис. fig. 4.12).

```

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 3.3.1

        пятница, мая 09, 2025 17:26:13

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          1      GENERATE          33          0          0
2          2      QUEUE            33          0          0
3          3      SEIZE            33          0          0
4          4      DEPART            33          0          0
5          5      ADVANCE            33          0          0
6          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. 4.12: 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 $ENTRY\ COUNT = 33$;
- 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.

4.4 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

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. 4.13).

```
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. 4.13: Модель оформления заказов несколькими операторами

Упражнение

1. Проанализируем отчет (рис. fig. 4.14).

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 4.1.1									
пятница, мая 09, 2025 17:33:22									
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. 4.14: 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=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).

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

TEST XX A, B, [C]

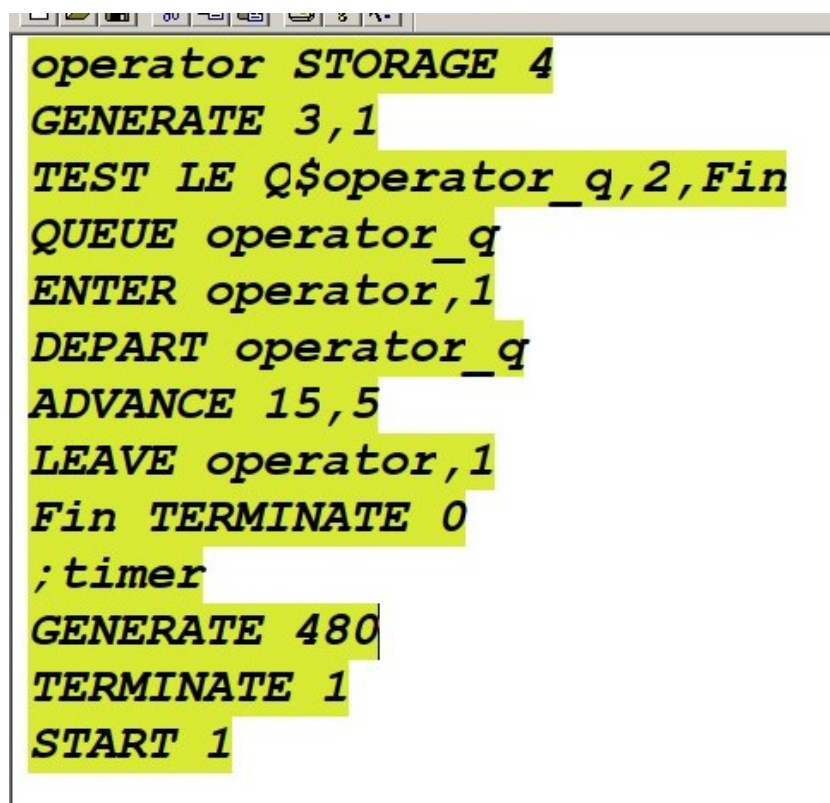
Здесь XX — знак логической операции: L — меньше, G — больше, E — равно, LE — меньше или равно, GE — больше или равно, NE — не равно; A, B — сравниваемые значения; C — метка блока, куда перемещается транзакт в случае невыполнения заданного условия.

Добавим TEST LE Q\$operator_q, 2, Fin для проверки того, сколько заявок в очереди. Если больше 2 — завершаем заявку, рна не попадает в очередь.

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 3, 1, то есть заявки приходят чаще — в интервале от 2 до 4 минут.
- Команда ADVANCE 10, 2 заменена на ADVANCE 15, 5, чтобы одна заявка обрабатывалась дольше — в среднем 15 минут.

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



```
operator STORAGE 4  
GENERATE 3,1  
TEST LE Q$operator_q,2,Fin  
QUEUE operator_q  
ENTER operator,1  
DEPART operator_q  
ADVANCE 15,5  
LEAVE operator,1  
Fin TERMINATE 0  
;timer  
GENERATE 480  
TERMINATE 1  
START 1
```

Рис. 4.15: Модель оформления заказов несколькими операторами с учетом отказов клиентов

3. Проанализируем полученный отчет (рис. fig. 4.16).

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 4.7.1									
пятница, мая 09, 2025 17:57:00									
START TIME		END TIME		BLOCKS	FACILITIES	STORAGES			
0.000		480.000		10	0	1			
NAME				VALUE					
FIN				8.000					
OPERATOR				10000.000					
OPERATOR_Q				10001.000					
LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY			
FIN	1	GENERATE	158	0	0				
	2	TEST	158	0	0				
	3	QUEUE	131	2	0				
	4	ENTER	129	0	0				
	5	DEPART	129	0	0				
	6	ADVANCE	129	4	0				
	7	LEAVE	125	0	0				
	8	TERMINATE	152	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	2	131	6	1.976	7.242	7.589	0	
STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
OPERATOR	4	0	0	4	129	1	3.929	0.982	0 2
FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE		
160	0	480.534	160	0	1				
154	0	485.260	154	6	7				
155	0	485.872	155	6	7				
156	0	486.540	156	6	7				
157	0	497.819	157	6	7				
161	0	960.000	161	0	9				

Рис. 4.16: 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=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 $ENTRY\ COUNT = 158$;
- обработано 94 заказа;
- 27 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);
- $CONT = 2$ – на момент завершения моделирования в очереди было 2 клиента;
- $ENTRIES=131$ – общее число заявок от клиентов, прошедших через очередь в течение периода моделирования;
- $ENTRIES(0)=6$ – число заявок от клиентов, попавших к оператору без ожидания в очереди;
- $AVE. CONT=1,976$ – заявок от клиентов в среднем были в очереди;
- $AVE. TIME=7,242$ минут в среднем заявки от клиентов провели в очереди (с учётом всех входов в очередь);
- $AVE. (-0)=7,589$ 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 129 заявок от клиентов.
- Полезность работы (utilization) составила 0,982, то есть операторы были заняты почти всё время моделирования — 98,2 % времени.
- В среднем один оператор тратил 3,929 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.

5 Выводы

В ходе данной лабораторной работы я реализовала 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.

Список литературы

1. В. К.А., С. К.Д. Руководство к лабораторной работе №14. Моделирование информационных процессов. Модели обработки заказов. 2025. С. 7.
2. Сосновиков Г.К., Воробейчиков Л.А. Компьютерное моделирование. Практикум по имитационному моделированию в среде GPSS World. Издательство не указано, 2023. С. 112.