Отчёт по лабораторной работе №14

Имитационное моделирование

Ганина Таисия Сергеевна, НФИбд-01-22

Содержание

# 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 Джеффри 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. [1](#fig:001)).

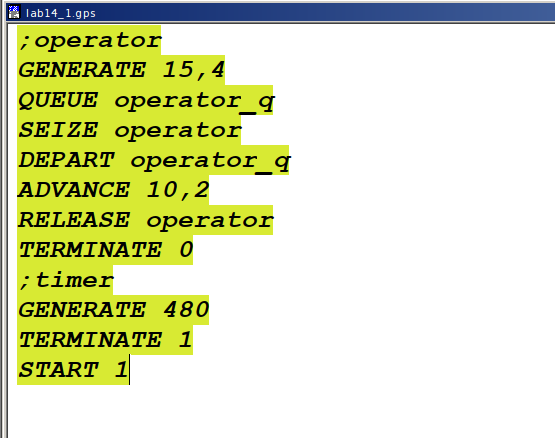


Figure 1: Модель оформления заказов клиентов одним оператором

После запуска симуляции получаем отчёт (рис. [2](#fig:002)).

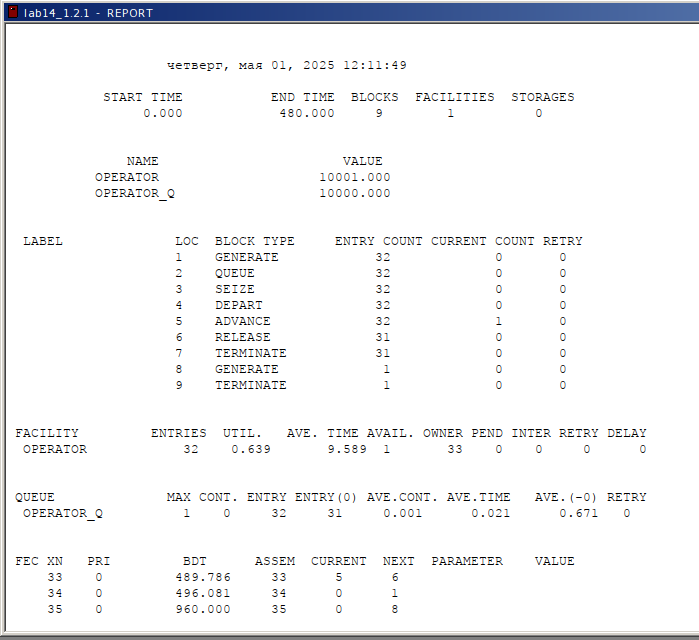


Figure 2: Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине

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(O)=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 интер- вале 6.66 ± 1.7 мин. Проанализируйте отчёт, сравнив результаты с результатами предыдущего моделирования.

Я изменила строки GENERATE и ADVANCE (рис. [3](#fig:003)).

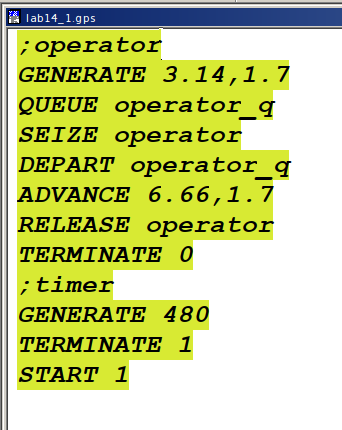


Figure 3: Модель оформления заказов клиентов одним оператором, упражнение

После запуска симуляции получаем отчёт (рис. [4](#fig:004)).

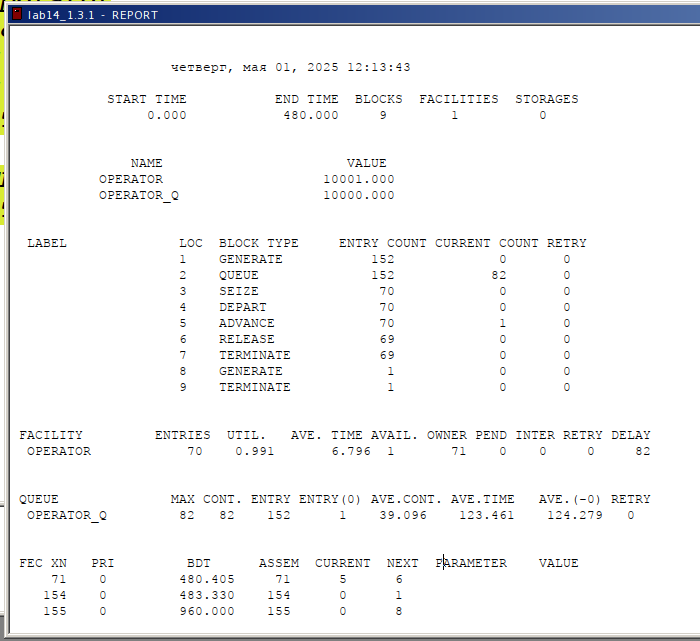


Figure 4: Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине, упражнение

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(O)= 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.

## 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: А 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; С задает ширину частотного интервала — разницу между верхней и нижней границей каждого частотного класса; D задаёт число частотных интервалов.

Код программы будет следующим(рис. [5](#fig:005)).

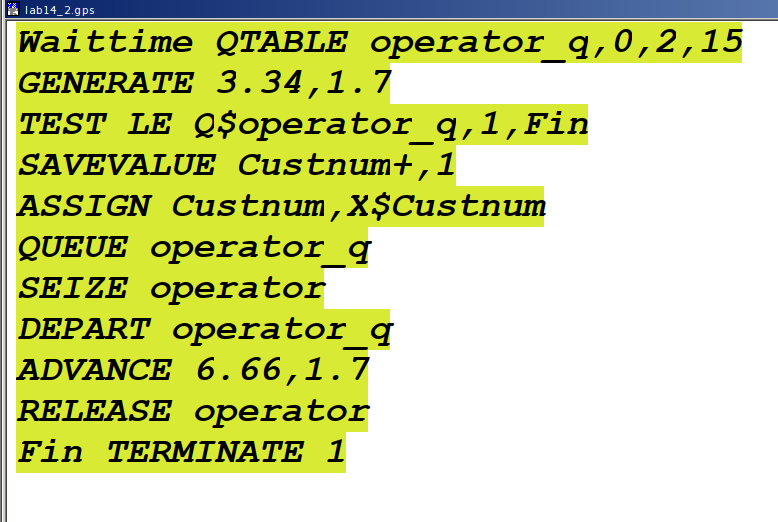


Figure 5: Построение гистограммы распределения заявок в очереди

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

Получим отчет симуляции (рис. [6](#fig:006), [7](#fig:007)).

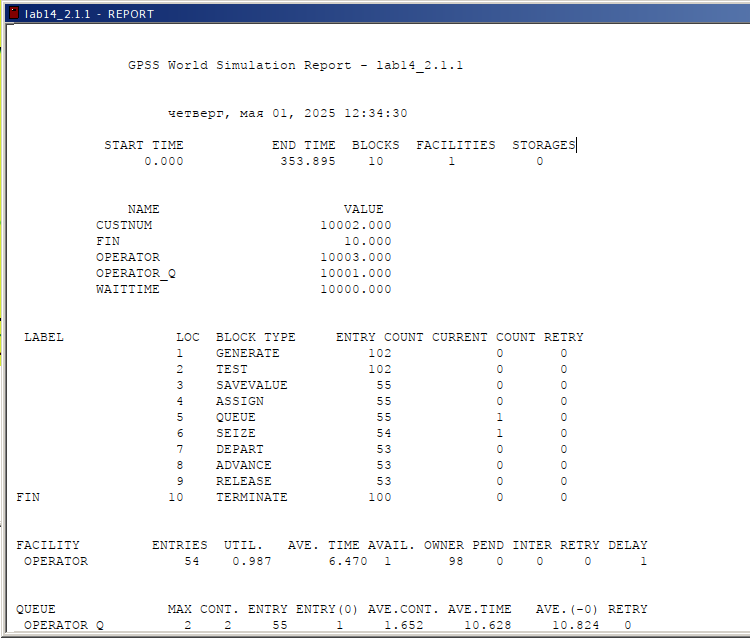


Figure 6: Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине при построении гистограммы распределения заявок в очереди

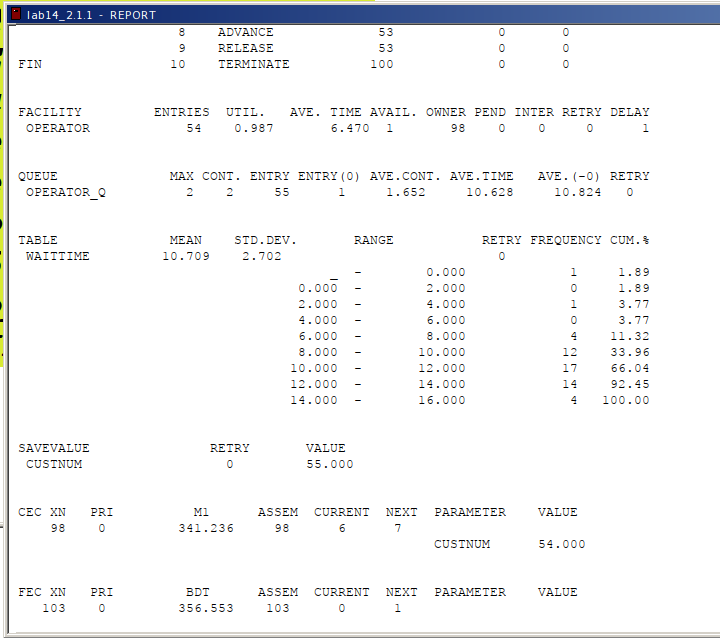


Figure 7: Отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине при построении гистограммы распределения заявок в очереди

И гистограмму(рис. [8](#fig:008)):

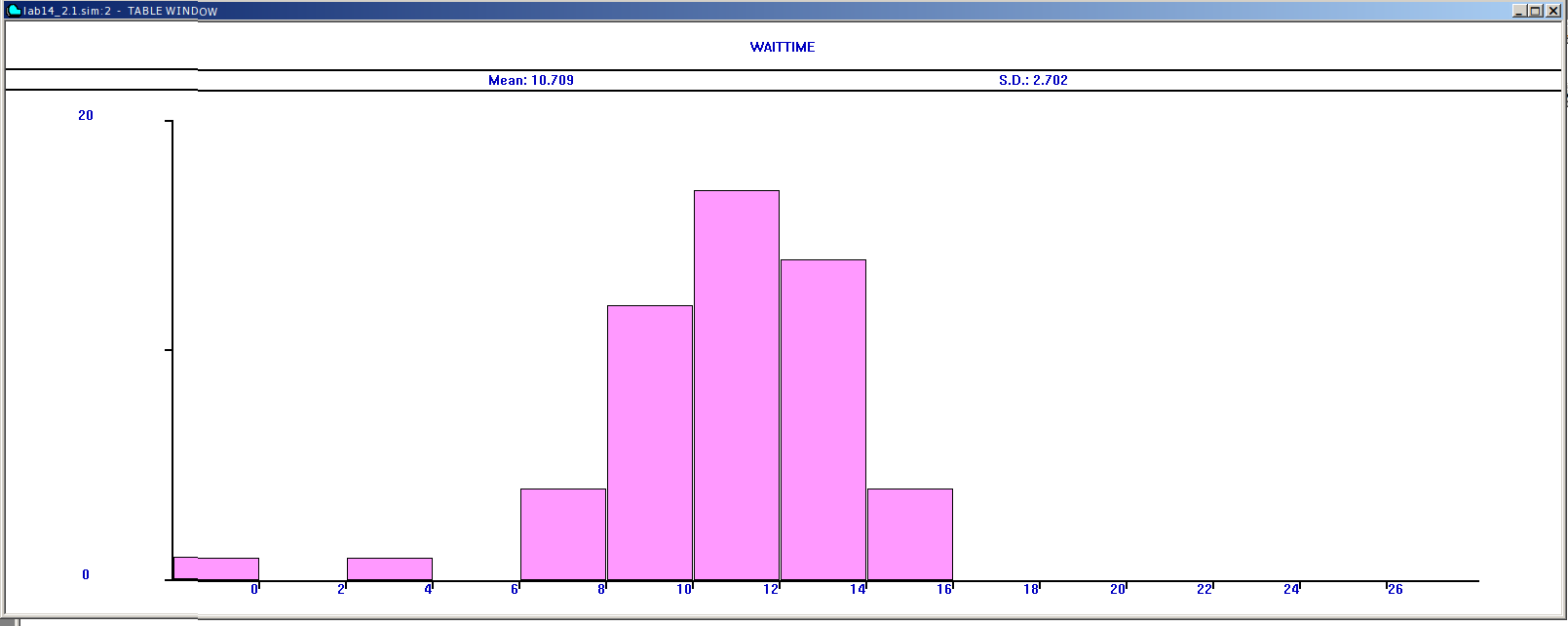


Figure 8: Гистограмма распределения заявок в очереди

**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(O)=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. [9](#fig:009), [10](#fig:010), [11](#fig:011)).

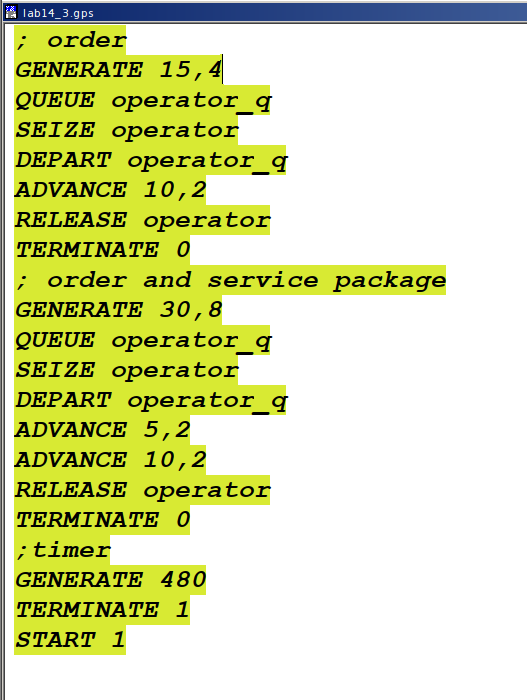


Figure 9: Модель обслуживания двух типов заказов от клиентов в интернет-магазине

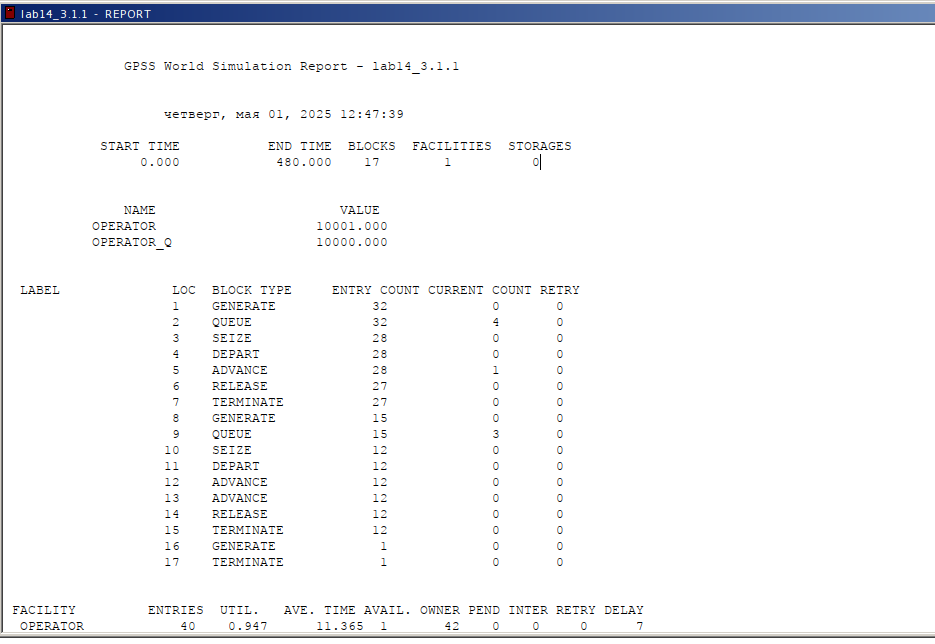


Figure 10: Отчёт по модели оформления заказов двух типов

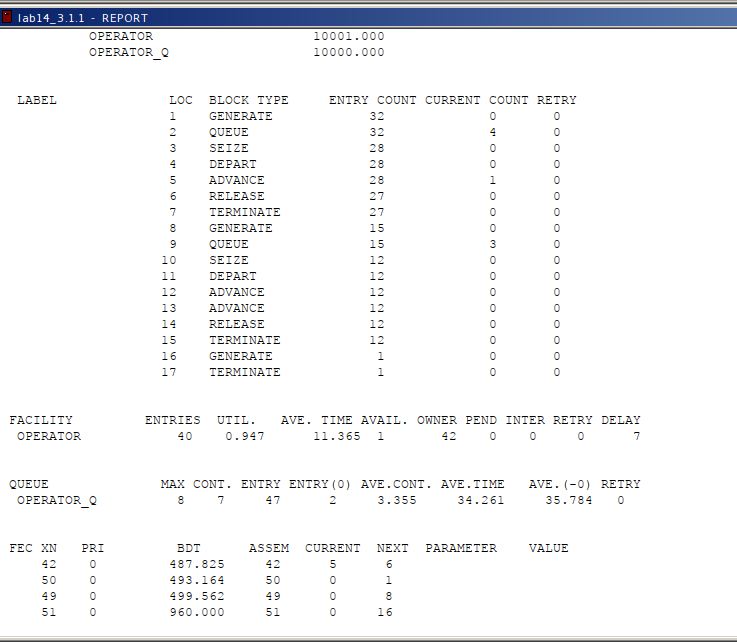


Figure 11: Отчёт по модели оформления заказов двух типов

**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(O)=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 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 минуты (переход к блоку dst1 ADVANCE 5,2) и только после этого является обработанным ( рис. [12](#fig:012)).

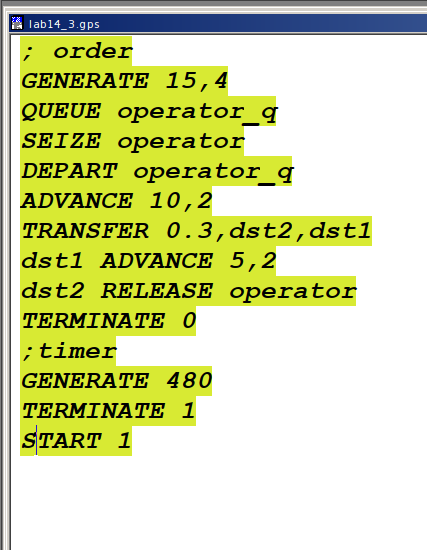


Figure 12: Модель обслуживания двух типов заказов с условием, что число заказов с дополнительным пакетом услуг составляет 30% от общего числа заказов

Проанализируем результаты моделирования (рис. [13](#fig:013)).

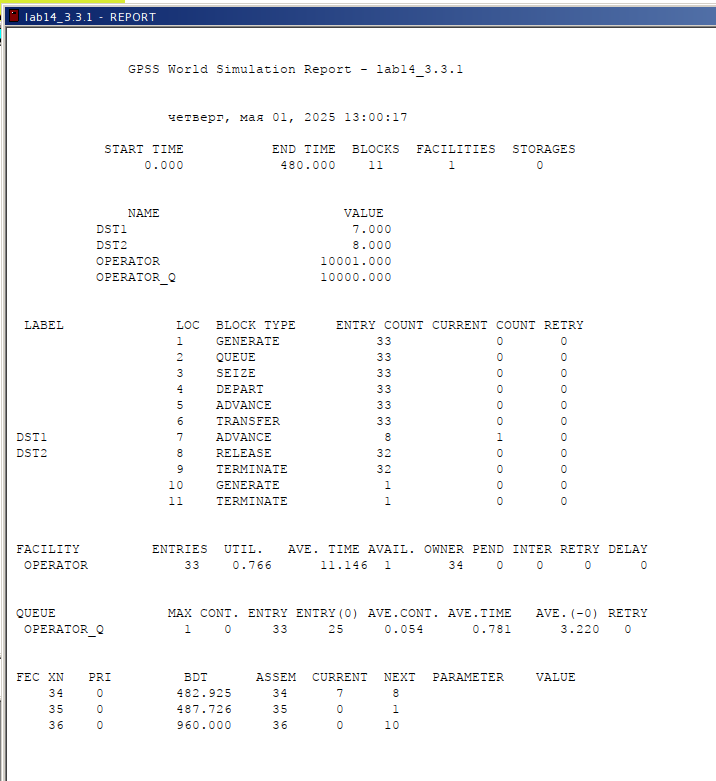


Figure 13: Отчёт по модели оформления заказов двух типов заказов

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(O)=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 мин. Время оформления заказа каждым оператором также распределено равномерно на интервале 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. [14](#fig:014)).

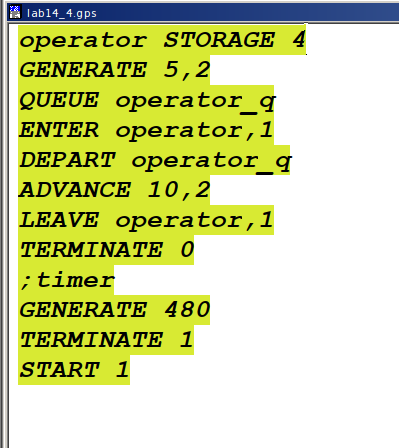


Figure 14: Модель оформления заказов несколькими операторами

**Упражнение**

1. Проанализируем отчет (рис. [15](#fig:015)).

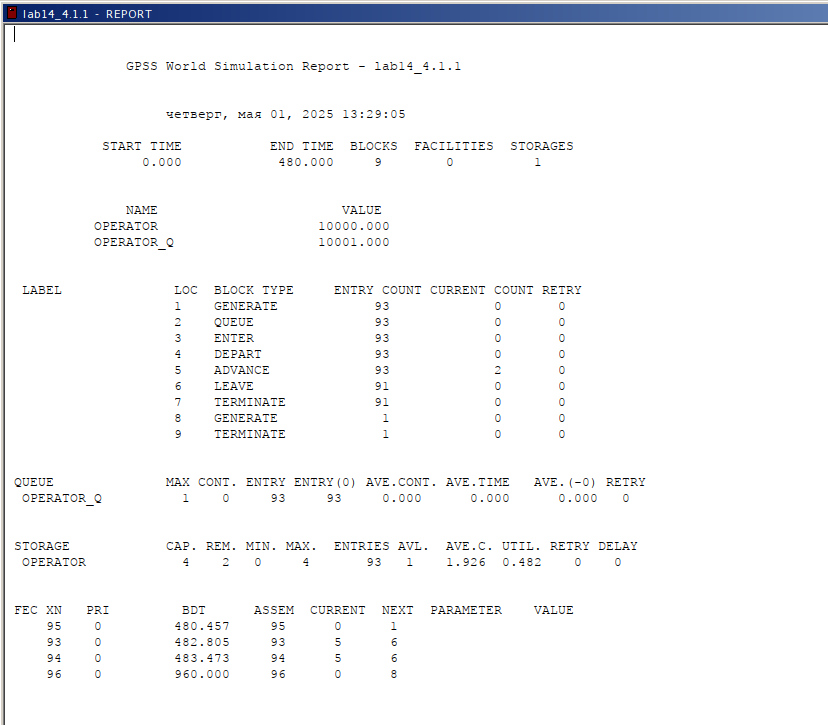


Figure 15: Отчет по модели оформления заказов несколькими операторами

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(O)=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.

1. 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).

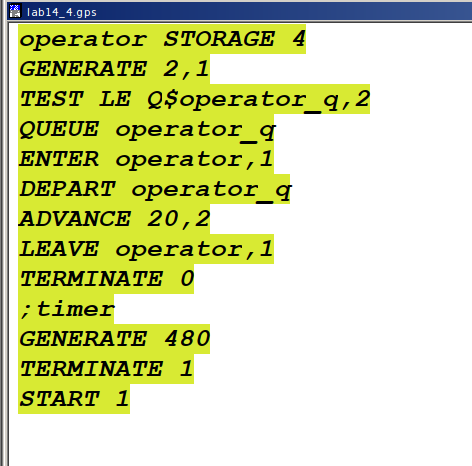


Figure 16: Модель оформления заказов несколькими операторами с учетом отказов клиентов

1. Проанализируем полученный отчет (рис. [17](#fig:017)).

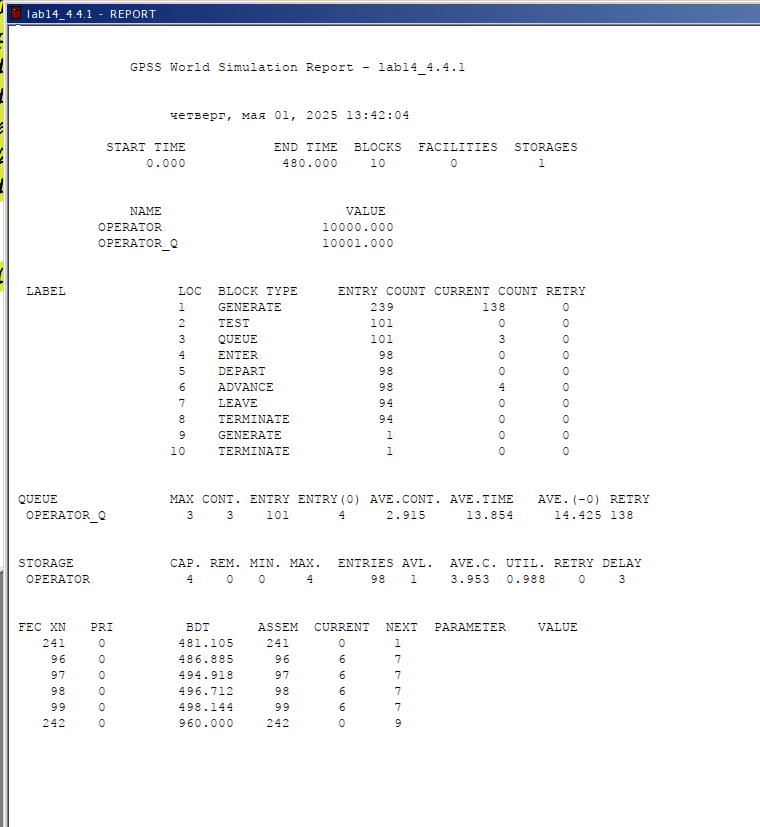


Figure 17: Отчет по модели оформления заказов несколькими операторами с учетом отказов клиентов

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(O)=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.

# 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. GPSS-WORLD, основы имитационного моделирования на живых примерах [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/articles/192044/>.

2. М. К.Е. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. Москва: ДМК Пресс, 2004. 318 с.