Отчёт по лабораторной работе №17

Задания для самостоятельной работы

Астраханцева А. А.

Содержание

1 Цель работы **4**

2 Задание **5**

3 Теоретическое введение **6**

4 Выполнение лабораторной работы **8**
4.1 Моделирование работы вычислительного центра 8
4.2 Моделирование работы аэропорта 11
4.3 Моделирование работы морского порта 16

5 Выводы **20**

Список литературы **21**

Список иллюстраций

4.1 Модель работы вычислительного центра 9
4.2 Отчёт по модели работы вычислительного центра ч.1 10
4.3 Отчёт по модели работы вычислительного центра ч.2 11
4.4 Модель работы аэропорта ч.1 13
4.5 Модель работы аэропорта ч.2 13
4.6 Отчёт по модели работы аэропорта ч.1 14
4.7 Отчёт по модели работы аэропорта ч.2 15
4.8 Модель работы морского порта и отчет, первый вариант 16
4.9 Модель работы морского порта и отчет, первый вариант, оптимизация 17
4.10 Модель работы морского порта и отчет, первый вариант, оптимальные параметры 18
4.11 Модель работы морского порта и отчет, второй вариант 19
4.12 Модель работы морского порта и отчет, второй вариант, оптимальные параметры 19

1 Цель работы

Выполнить с помощью gpss задание для самостоятельного выполнения.

2 Задание

Реализовать с помощью gpss:

- модель работы вычислительного центра;
- модель работы аэропорта;
- модель работы морского порта.

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 Моделирование работы вычислительного центра

На вычислительном центре в обработку принимаются три класса заданий `A`, `B` и `C`. Исходя из наличия оперативной памяти ЭВМ задания классов `A` и `B` могут решаться одновременно, а задания класса `C` монополизируют ЭВМ. Задания класса `A` поступают через 20 ± 5 мин, класса `B` — через 20 ± 10 мин, класса `C` — через 28 ± 5 мин и требуют для выполнения: класс `A` — 20 ± 5 мин, класс `B` — 21 ± 3 мин, класс `C` — 28 ± 5 мин. Задачи класса `C` загружаются в ЭВМ, если она полностью свободна. Задачи классов `A` и `B` могут дозагружаться к решающей задаче. Смоделировать работу ЭВМ за 80 ч. Определить её загрузку.

Использую многоканальное устройство `STORAGE`, которое содержит 2 канала: заявки типа `A` и `B` занимают по 1 каналу, а заявка типа `C` - 2 (рис. 4.1).

```
evm STORAGE 2 ; многоканальное утсройство
;(как бы делим ЭВМ на 2 части, чтобы можно было одновреммено обрабатывать заявки A и B)
; class A
GENERATE 20,5 ; поступление заявок типа A
QUEUE a_queue ; попадание в очередь заявок A
ENTER evm,1 ; один из каналов ЭВМ (одна часть) берет на выполнение заявку
DEPART a_queue ; убираем заявку из очереди
ADVANCE 20,5 ; заявка обрабатывается
LEAVE evm,1 ; заявка покидает один из каналов ЭВМ
TERMINATE 0 ; заявка покидает систему
; class B
GENERATE 20,10 ; поступление заявок типа B
QUEUE b_queue ; попадание в очередь заявок B
ENTER evm,1 ; один из каналов ЭВМ (одна часть) берет на выполнение заявку
DEPART b_queue ; убираем заявку из очереди
ADVANCE 21,3 ; заявка обрабатывается
LEAVE evm,1 ; заявка покидает один из каналов ЭВМ
TERMINATE 0 ; заявка покидает систему
; class C
GENERATE 28,5 ; поступление заявок типа C
QUEUE c_queue ; попадание в очередь заявок C
ENTER evm,2 ; заявка типа C полностью занимает ЭВМ (все каналы)
DEPART c_queue ; убираем заявку из очереди
ADVANCE 28,5 ; заявка обрабатывается
LEAVE evm,2 ; заявка покидает ЭВМ (освобождаются все каналы)
TERMINATE 0 ; заявка покидает систему
;timer
GENERATE 4800 ; 60 мин * 80 часов
TERMINATE 1
START 1
```

Рис. 4.1: Модель работы вычислительного центра

После запуска симуляции получаем отчёт (рис. 4.2, 4.3).

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.1.1

пятница, мая 23, 2025 21:56:56

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	4800.000	23	0	1

NAME	VALUE
A_QUEUE	10001.000
B_QUEUE	10002.000
C_QUEUE	10003.000
EVM	10000.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	240	0	0
	2	QUEUE	240	4	0
	3	ENTER	236	0	0
	4	DEPART	236	0	0
	5	ADVANCE	236	1	0
	6	LEAVE	235	0	0
	7	TERMINATE	235	0	0
	8	GENERATE	236	0	0
	9	QUEUE	236	5	0
	10	ENTER	231	0	0
	11	DEPART	231	0	0
	12	ADVANCE	231	1	0
	13	LEAVE	230	0	0
	14	TERMINATE	230	0	0
	15	GENERATE	172	0	0
	16	QUEUE	172	172	0
	17	ENTER	0	0	0
	18	DEPART	0	0	0
	19	ADVANCE	0	0	0
	20	LEAVE	0	0	0
	21	TERMINATE	0	0	0
	22	GENERATE	1	0	0
	23	TERMINATE	1	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
A_QUEUE	7	4	240	3	3.288	65.765	66.597	0
B_QUEUE	7	5	236	1	3.280	66.703	66.987	0
C_QUEUE	172	172	172	0	85.786	2394.038	2394.038	0

Рис. 4.2: Отчёт по модели работы вычислительного центра ч.1

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	240	0	0
	2	QUEUE	240	4	0
	3	ENTER	236	0	0
	4	DEPART	236	0	0
	5	ADVANCE	236	1	0
	6	LEAVE	235	0	0
	7	TERMINATE	235	0	0
	8	GENERATE	236	0	0
	9	QUEUE	236	5	0
	10	ENTER	231	0	0
	11	DEPART	231	0	0
	12	ADVANCE	231	1	0
	13	LEAVE	230	0	0
	14	TERMINATE	230	0	0
	15	GENERATE	172	0	0
	16	QUEUE	172	172	0
	17	ENTER	0	0	0
	18	DEPART	0	0	0
	19	ADVANCE	0	0	0
	20	LEAVE	0	0	0
	21	TERMINATE	0	0	0
	22	GENERATE	1	0	0
	23	TERMINATE	1	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
A_QUEUE	7	4	240	3	3.288	65.765	66.597	0
B_QUEUE	7	5	236	1	3.280	66.703	66.987	0
C_QUEUE	172	172	172	0	85.786	2394.038	2394.038	0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
EVM	2	0	0	2	467	1	1.988	0.994	0	181

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
650	0	4803.512	650	0	1		
636	0	4805.704	636	5	6		
651	0	4807.869	651	0	15		
637	0	4810.369	637	12	13		
652	0	4813.506	652	0	8		
653	0	9600.000	653	0	22		

Рис. 4.3: Отчёт по модели работы вычислительного центра ч.2

Загрузка системы составляет `0.994`.

4.2 Моделирование работы аэропорта

Самолёты прибывают для посадки в район аэропорта каждые 10 ± 5 мин. Если взлетно-посадочная полоса свободна, прибывший самолёт получает разрешение на посадку. Если полоса занята, самолет выполняет полет по кругу и возвращается в аэропорт каждые 5 мин. Если после пятого круга самолет не получает разрешения на посадку, он отправляется на запасной аэродром. В аэропорту через каждые 10 ± 2 мин к взлетно-посадочной полосе выруливают готовые к взлёту самолёты и получают разрешение на взлёт, если полоса свободна. Для взлета и посадки самолёты занимают полосу ровно на 2 мин. Если при свободной полосе

одновременно один самолёт прибывает для посадки, а другой — для взлёта, то полоса предоставляется взлетающей машине.

Требуется:

– выполнить моделирование работы аэропорта в течение суток;

– подсчитать количество самолётов, которые взлетели, сели и были направлены на запасной аэродром;

– определить коэффициент загрузки взлетно-посадочной полосы

Для данной модели я реализовала отдельные блоки для посадки, вылета, ожидания (уход на доп. круг) и для посадки на запасном аэродроме. Интересные моменты модели:

- Использую пятый параметр команды `GENERATE` для задания приоритетности: для вылета - 2, для прилета - 1.
- Использую `ASSIGN` для задания значения переменной `round` - количество дополнительных кругов, сделанных самолетом.
- Блок `GATE` для перехода к посадке в случае, если ВПП свободна[3]
- Блок `TEST` для проверки того, что самолет сделал меньше 5 кругов [4] (рис. 4.4, 4.5).

```
; вылет
GENERATE 10,2,,,2 ;  приоритет вылета выше
QUEUE departure_q
SEIZE runway
DEPART departure_q
ADVANCE 2
RELEASE runway
TERMINATE 0

; прилет
GENERATE 10,5,,,1 ;  приоритет посадки ниже
QUEUE arrival_q
ASSIGN round,0 ;  перменная для хранения кол-во кругов, которые сделал самолет

; Блок GATE разрешает движение транзактам при определённом состоянии оборудования:

landing GATE NU runway,wait ;  NU - утройство runway свободно, если нет - идем к блоку wait
SEIZE runway
DEPART arrival_q
ADVANCE 2
RELEASE runway
TERMINATE 0

; ожидание
; проверка того, что самолет сделал меньше 5 кругов
wait TEST L p$round,5,alternative ; p$round - значение переменной round
ADVANCE 5 ; если ВПП занята - самолет уходит на доп. круг (5 минут)
ASSIGN round+,1 ; увеличивваем счеттик курогов
TRANSFER 0,landing ; безусловный переход к поптыке посадки

; запасной аэродром
alternative SEIZE alt_runway
DEPART arrival_q
ADVANCE 2
RELEASE alt_runway
```

Рис. 4.4: Модель работы аэропорта ч.1

```
; ожидание
; проверка того, что самолет сделал меньше 5 кругов
wait TEST L p$round,5,alternative ; p$round - значение переменной round
ADVANCE 5 ; если ВПП занята - самолет уходит на доп. круг (5 минут)
ASSIGN round+,1 ; увеличивваем счеттик курогов
TRANSFER 0,landing ; безусловный переход к поптыке посадки

; запасной аэродром
alternative SEIZE alt_runway
DEPART arrival_q
ADVANCE 2
RELEASE alt_runway
TERMINATE 0

;TIMER 24 часа * 60 мин
GENERATE 1440
TERMINATE 1
START 1
```

Рис. 4.5: Модель работы аэропорта ч.2

После запуска симуляции получаем отчёт (рис. 4.6, 4.7).

пятница, мая 23, 2025 22:59:50

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	1440.000	27	1	0

NAME	VALUE
ALTERNATIVE	21.000
ALT_RUNWAY	UNSPECIFIED
ARRIVAL_Q	10002.000
DEPARTURE_Q	10000.000
LANDING	11.000
ROUND	10003.000
RUNWAY	10001.000
WAIT	17.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	143	0	0
	2	QUEUE	143	0	0
	3	SEIZE	143	0	0
	4	DEPART	143	0	0
	5	ADVANCE	143	0	0
	6	RELEASE	143	0	0
	7	TERMINATE	143	0	0
	8	GENERATE	144	0	0
	9	QUEUE	144	0	0
	10	ASSIGN	144	0	0
LANDING	11	GATE	179	0	0
	12	SEIZE	144	0	0
	13	DEPART	144	0	0
	14	ADVANCE	144	0	0
	15	RELEASE	144	0	0
	16	TERMINATE	144	0	0
WAIT	17	TEST	35	0	0
	18	ADVANCE	35	0	0
	19	ASSIGN	35	0	0
	20	TRANSFER	35	0	0
ALTERNATIVE	21	SEIZE	0	0	0
	22	DEPART	0	0	0
	23	ADVANCE	0	0	0
	24	RELEASE	0	0	0
	25	TERMINATE	0	0	0
	26	GENERATE	1	0	0
	27	TERMINATE	1	0	0

Рис. 4.6: Отчёт по модели работы аэропорта ч.1

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	143	0	0
	2	QUEUE	143	0	0
	3	SEIZE	143	0	0
	4	DEPART	143	0	0
	5	ADVANCE	143	0	0
	6	RELEASE	143	0	0
	7	TERMINATE	143	0	0
	8	GENERATE	144	0	0
	9	QUEUE	144	0	0
	10	ASSIGN	144	0	0
LANDING	11	GATE	179	0	0
	12	SEIZE	144	0	0
	13	DEPART	144	0	0
	14	ADVANCE	144	0	0
	15	RELEASE	144	0	0
	16	TERMINATE	144	0	0
WAIT	17	TEST	35	0	0
	18	ADVANCE	35	0	0
	19	ASSIGN	35	0	0
	20	TRANSFER	35	0	0
ALTERNATIVE	21	SEIZE	0	0	0
	22	DEPART	0	0	0
	23	ADVANCE	0	0	0
	24	RELEASE	0	0	0
	25	TERMINATE	0	0	0
	26	GENERATE	1	0	0
	27	TERMINATE	1	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
RUNWAY	287	0.399	2.000	1	0	0	0	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
DEPARTURE_Q	1	0	143	114	0.017	0.168	0.828	0
ARRIVAL_Q	2	0	144	112	0.122	1.215	5.469	0

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
289	2	1443.043	289	0	1		
290	1	1446.717	290	0	8		
291	0	2880.000	291	0	26		

Рис. 4.7: Отчёт по модели работы аэропорта ч.2

В результате:

- Я выполнила моделирование работы аэропорта в течение суток (24 часа * 60 минут = 1440);
- Количество самолётов, которые взлетели - 143
- Количество самолётов, которые сели - 144
- Количество самолётов, которые были направлены на запасной аэродром - 0, именно поэтому одноканальное устройство `ALT_RUNWAY` находится в статусе `uncpecified` - ни один транзакт (самолет) не прошел через данное одноканальное устройство (запасную ВВП).
- Коэффициент загрузки взлетно-посадочной полосы - 0.399

4.3 Моделирование работы морского порта

Морские суда прибывают в порт каждые $[\alpha \pm \delta]$ часов. В порту имеется N причалов. Каждый корабль по длине занимает M причалов и находится в порту $[\beta \pm \epsilon]$ часов. Требуется построить GPSS-модель для анализа работы морского порта в течение полугода, определить оптимальное количество причалов для эффективной работы порта.

Исходные данные:

1) α = 20 ч, δ = 5 ч, β = 10 ч, ϵ = 3 ч, N = 10, M = 3;

В данной модели буду использовать простое многоканальное устройство STORAGE, в котором будет N каналов, а каждое судно будет использовать M каналов (рис. 4.8):

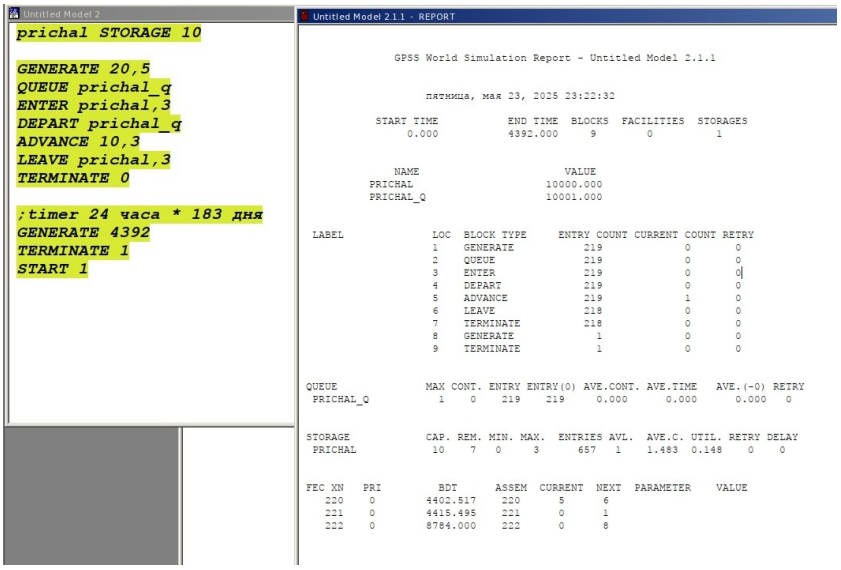

Рис. 4.8: Модель работы морского порта и отчет, первый вариант

Можем видеть, что корабли поступают в диапазоне от 15 до 25 часов, а обрабатываются за время в диапазоне от 7 до 13 часов, то есть суда обрабатываются быстрее, чем успевают поступить новые, поэтому загруженность причалов низкая - 0.148. Уменьшая количество причалов N до 6 (теперь одновременно могут

обслуживаться 2 вместо 3 кораблей) мы немного повышаем загруженность системы не в ущерб количеству обслуженных кораблей (было 218, столько и осталось) до 0.247 (рис. 4.9). Далее я изменила количество портов до 3 (меньше взять не можем, так как для 1 судна надо ровно 3 причала), количество обслуженных судов не поменялось - 218, но загруженность выросла до 0.494 (рис. 4.10). Поэтому, вариант N = 3, M = 3 является оптимальным для параметров, данных в пункте 1 для данной модели.

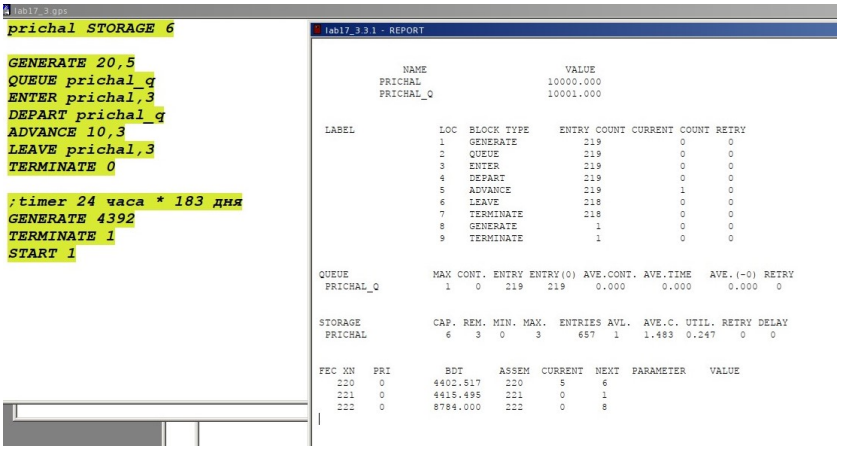

Рис. 4.9: Модель работы морского порта и отчет, первый вариант, оптимизация

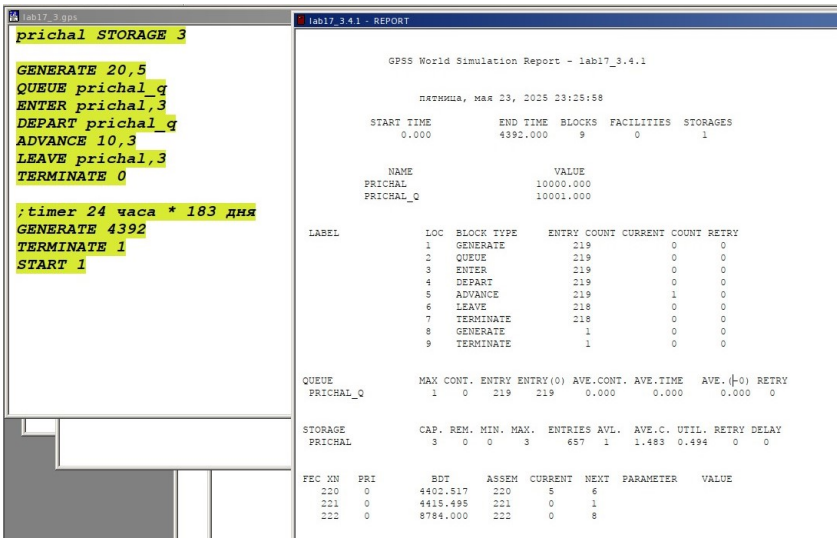

Рис. 4.10: Модель работы морского порта и отчет, первый вариант, оптимальные параметры

Рассмотрим второй набор исходных данных:

2) α = 30 ч, δ = 10 ч, β = 8 ч, ϵ = 4 ч, N = 6, M = 2.

Можем видеть, что корабли поступают в диапазоне от 20 до 40 часов, а обрабатываются за время в диапазоне от 4 до 12 часов, то есть суда обрабатываются быстрее, чем успевают поступить новые, поэтому загруженность причалов низкая - 0.087 (рис. 4.11). Далее я изменила количество причалов до 2 (меньше взять не можем, так как для 1 судна надо ровно 2 причала), количество обслуженных судов не поменялось - 145, но загруженность выросла до 0.262 (рис. 4.12). Поэтому, вариант N = 2, M = 2 является оптимальным для параметров, данных в пункте 2 для данной модели.

```
prichal STORAGE 6
;2) a = 30 ч, б = 10 ч, b = 8 ч, г = 4 ч, N = 6, M = 2.

GENERATE 30,10
QUEUE prichal_q
ENTER prichal,2
DEPART prichal_q
ADVANCE 8,4
LEAVE prichal,2
TERMINATE 0

;timer 24 часа * 183 дня
GENERATE 4392
TERMINATE 1
START 1
```

```
lab17_3.5.1 - REPORT

GPSS World Simulation Report - lab17_3.5.1

пятница, мая 23, 2025 23:28:16

START TIME          END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
     0.000          4392.000     9        0          1

NAME                      VALUE
PRICHAL                10000.000
PRICHAL_Q              10001.000

LABEL              LOC  BLOCK TYPE     ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
                   1    GENERATE           145            0       0
                   2    QUEUE              145            0       0
                   3    ENTER              145            0       0
                   4    DEPART             145            0       0
                   5    ADVANCE            145            0       0
                   6    LEAVE              145            0       0
                   7    TERMINATE          145            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
 PRICHAL_Q           1    0    145    145     0.000      0.000      0.000   0

STORAGE            CAP. REM. MIN. MAX.  ENTRIES AVL.  AVE.C. UTIL. RETRY DELAY
 PRICHAL             6    6    0     2      290   1    0.524  0.087    0    0

FEC XN   PRI         BDT      ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
   147    0        4398.661    147      0      1
   148    0        8784.000    148      0      8
```

Рис. 4.11: Модель работы морского порта и отчет, второй вариант

```
lab17_3.gps
prichal STORAGE 2
;2) a = 30 ч, б = 10 ч, b = 8 ч, г = 4 ч, N = 6, M = 2.

GENERATE 30,10
QUEUE prichal_q
ENTER prichal,2
DEPART prichal_q
ADVANCE 8,4
LEAVE prichal,2
TERMINATE 0

;timer 24 часа * 183 дня
GENERATE 4392
TERMINATE 1
START 1
```

```
lab17_3.6.1 - REPORT

GPSS World Simulation Report - lab17_3.6.1

пятница, мая 23, 2025 23:29:27

START TIME          END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
     0.000          4392.000     9        0          1

NAME                      VALUE
PRICHAL                10000.000
PRICHAL_Q              10001.000

LABEL              LOC  BLOCK TYPE     ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
                   1    GENERATE           145            0       0
                   2    QUEUE              145            0       0
                   3    ENTER              145            0       0
                   4    DEPART             145            0       0
                   5    ADVANCE            145            0       0
                   6    LEAVE              145            0       0
                   7    TERMINATE          145            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
 PRICHAL_Q           1    0    145    145     0.000      0.000      0.000   0

STORAGE            CAP. REM. MIN. MAX.  ENTRIES AVL.  AVE.C. UTIL. RETRY DELAY
 PRICHAL             2    2    0     2      290   1    0.524  0.262    0    0

FEC XN   PRI         BDT      ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
   147    0        4398.661    147      0      1
   148    0        8784.000    148      0      8
```

Рис. 4.12: Модель работы морского порта и отчет, второй вариант, оптимальные параметры

5 Выводы

В ходе данной лабораторной работы я выполнила с помощью gpss задание для самостоятельного выполнения.

Список литературы

1. Королькова А.В., Кулябов Д.С. Руководство к лабораторной работе №17. Моделирование информационных процессов. Задания для самостоятельной работы. 2025. С. 1.
2. Сосновиков Г.К., Воробейчиков Л.А. Компьютерное моделирование. Практикум по имитационному моделированию в среде GPSS World. 2023. С. 112.
3. Моделирование систем массового обслуживания и GPSS — страница 33. https://studfile.net/preview/9777537/page:33/, n.d.
4. Королькова А.В., Кулябов Д.С. Моделирование информационных процессов. Часть IV. Имитационное моделирование в GPSS. 2025. С. 13.