

# **Отчёт по лабораторной работе №15**

**Имитационное моделирование**

Ганина Таисия Сергеевна, НФИбд-01-22

# Содержание

<b>1</b>	<b>Цель работы</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Задание</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Теоретическое введение</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Выполнение лабораторной работы</b>	<b>9</b>
4.1	Модель обслуживания механиков на складе . . . . .	9
4.2	Модель обслуживания в порту судов двух типов . . . . .	14
<b>5</b>	<b>Выводы</b>	<b>20</b>
	<b>Список литературы</b>	<b>21</b>

## Список иллюстраций

4.1	Модель обслуживания механиков на складе . . . . .	10
4.2	Отчёт по модели обслуживания механиков на складе . . . . .	11
4.3	Модель обслуживания в порту судов двух типов . . . . .	15
4.4	Отчёт по модели обслуживания в порту судов двух типов . . . . .	16
4.5	Отчёт по модели обслуживания в порту судов двух типов . . . . .	17

## Список таблиц

# 1 Цель работы

Выполнить моделирование обслуживания с приоритетами и провести анализ результатов.

## 2 Задание

Реализовать с помощью gpss:

- Модель обслуживания механиков на складе.
- Модель обслуживания в порту судов двух типов.

### 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 обслуживания механиков на складе

На фабрике на складе работает один кладовщик, который выдает запасные части механикам, обслуживающим станки. Время, необходимое для удовлетворения запроса, зависит от типа запасной части. Запросы бывают двух категорий.

- Для первой категории интервалы времени прихода механиков  $420 \pm 360$  сек., время обслуживания —  $300 \pm 90$  сек.
- Для второй категории интервалы времени прихода механиков  $360 \pm 240$  сек., время обслуживания —  $100 \pm 30$  сек.

Порядок обслуживания механиков кладовщиком такой: запросы первой категории обслуживаются только в том случае, когда в очереди нет ни одного запроса второй категории. Внутри одной категории дисциплина обслуживания — «первым пришел – первым обслужился». Необходимо создать модель работы кладовой, моделирование выполнять в течение восьмичасового рабочего дня.

Таким образом, имеем (рис. 4.1).

```
lab15_1.gps
; type 1
GENERATE 420,360,,,1
QUEUE qs1
SEIZE stockman
DEPART qs1
ADVANCE 300,90
RELEASE stockman
TERMINATE 0
; type 2
GENERATE 360,240,,,2
QUEUE qs2
SEIZE stockman
DEPART qs2
ADVANCE 100,30
RELEASE stockman
TERMINATE 0
; timer
GENERATE 28800
TERMINATE 1
START 1
```

Рис. 4.1: Модель обслуживания механиков на складе

После запуска симуляции получаем отчёт (рис. 4.2).

lab15\_1.5.1 - REPORT

GPSS World Simulation Report - lab15\_1.5.1

пятница, мая 02, 2025 14:28:07

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	28800.000	16	1	0

NAME	VALUE
QS1	10002.000
QS2	10000.000
STOCKMAN	10001.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY	COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY
	1	GENERATE	71		0	0	
	2	QUEUE	71		6	0	
	3	SEIZE	65		0	0	
	4	DEPART	65		0	0	
	5	ADVANCE	65		1	0	
	6	RELEASE	64		0	0	
	7	TERMINATE	64		0	0	
	8	GENERATE	83		0	0	
	9	QUEUE	83		2	0	
	10	SEIZE	81		0	0	
	11	DEPART	81		0	0	
	12	ADVANCE	81		0	0	
	13	RELEASE	81		0	0	
	14	TERMINATE	81		0	0	
	15	GENERATE	1		0	0	
	16	TERMINATE	1		0	0	

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
STOCKMAN	146	0.967	190.733	1	141	0	0	0	8

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
QS2	3	2	83	2	0.439	152.399	156.162	0
QS1	8	6	71	4	2.177	883.029	935.747	0

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
141	1	28815.063	141	5	6		
157	2	29012.031	157	0	8		
155	1	29012.150	155	0	1		
158	0	57600.000	158	0	15		

Рис. 4.2: Отчёт по модели обслуживания механиков на складе

Результаты работы модели:

- модельное время в начале моделирования: START TIME=0.0;
- абсолютное время или момент, когда счетчик завершений принял значение 0: END TIME=28800.000;
- количество блоков, использованных в текущей модели, к моменту завершения моделирования: BLOCKS=16;
- 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:  $qs1$ ,  $qs2$ ,  $stockman$ .

Далее идёт информация о блоках текущей модели, в частности,  $ENTRY\ COUNT$  – количество транзактов, вошедших в блок с начала процедуры моделирования. Было сгенерировано 71 заявка первого типа и 83 второго, а обработано 64 и 81 соответственно.

Затем идёт информация об одноканальном устройстве  $FACILITY$  (оператор, оформляющий заказ), откуда видим, что к оператору на обработку попало всего 146 заказов обоих типов. Полезность работы оператора составила 0,967. При этом среднее время занятости оператора составило 190,733 сек.

Далее информация об очереди:

Далее информация об очередях:

- $QUEUE=QS1$  – имя объекта типа «очередь» для первого типа заявок;
- $MAX=8$  – максимальное число ожидающих заявок от клиента в очереди;
- $CONT=6$  – количество заявок в очереди на момент завершения моделирования;
- $ENTRIES=71$  – 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;
- $AVE.CONT=2,177$  заявок от клиентов в среднем были в очереди;
- $AVE.TIME=883,029$  секунд в среднем заявки от клиентов провели в очереди (с учётом всех входов в очередь);
- $AVE.(-0)=935,747$  секунд в среднем заявки от клиентов провели в очереди (без учета «нулевых» входов в очередь).

- $QUEUE=QS2$  – имя объекта типа «очередь» для второго типа заявок;
- $MAX=3$  – максимальное число ожидающих заявок от клиента в очереди;
- $CONT=2$  – количество заявок в очереди на момент завершения моделирования;
- $ENTRIES=83$  – 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;
- $AVE.CONT=0,439$  заявок от клиентов в среднем были в очереди;
- $AVE.TIME=152,399$  секунд в среднем заявки от клиентов провели в очереди (с учётом всех входов в очередь);
- $AVE.(-0)=156,162$  секунд в среднем заявки от клиентов провели в очереди (без учета «нулевых» входов в очередь).

В конце отчёта идёт информация о будущих событиях:

- $XN=141$  – порядковый номер заявки от клиента, ожидающей поступления для оформления заказа у оператора;
- $PRI=1$  – следующая заявка с приоритетом 1, то есть первого типа;
- $BDT=28815,063$  – время назначенного события, связанного с данным транзактом;
- $ASSEM=141$  – номер семейства транзактов;
- $CURRENT=5$  – номер блока, в котором находится транзакт;
- $NEXT=6$  – номер блока, в который должен войти транзакт.

## 4.2 Модель обслуживания в порту судов двух типов

Морские суда двух типов прибывают в порт, где происходит их разгрузка. В порту есть два буксира, обеспечивающих ввод и вывод кораблей из порта. К первому типу судов относятся корабли малого тоннажа, которые требуют использования одного буксира. Корабли второго типа имеют большие размеры, и для их ввода и вывода из порта требуется два буксира. Из-за различия размеров двух типов кораблей необходимы и причалы различного размера. Кроме того, корабли имеют различное время погрузки/разгрузки.

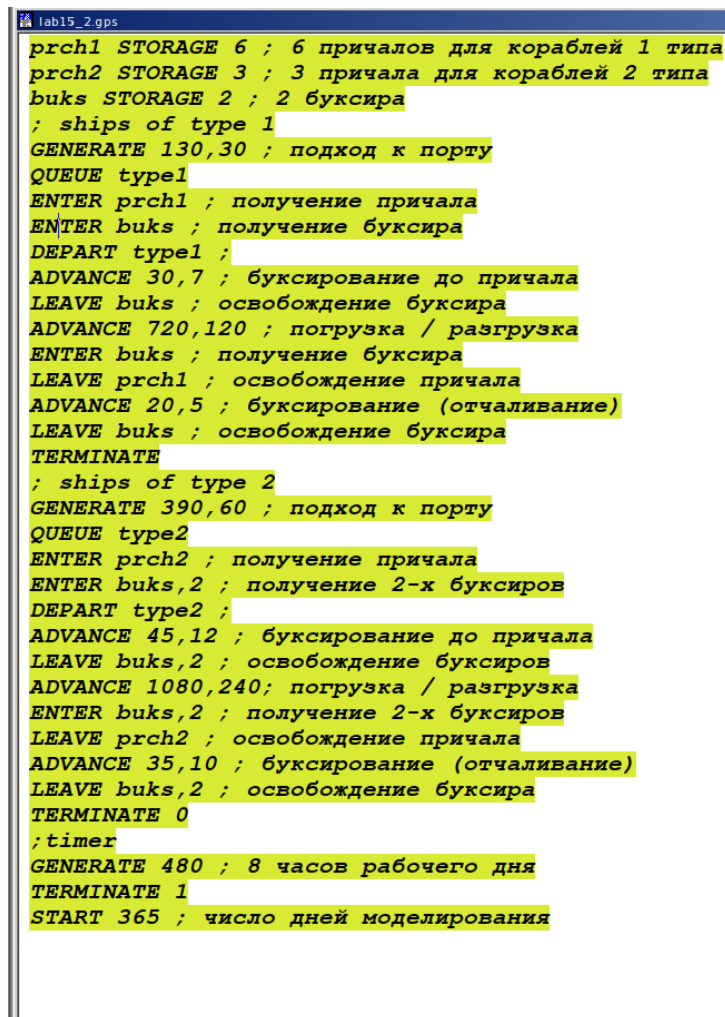
Требуется построить модель системы, в которой можно оценить время ожидания кораблями каждого типа входа в порт. Время ожидания входа в порт включает время ожидания освобождения причала и буксира. Корабль, ожидающий освобождения причала, не обслуживается буксиром до тех пор, пока не будет предоставлен нужный причал. Корабль второго типа не займёт буксир до тех пор, пока ему не будут доступны оба буксира.

Параметры модели:

- для корабля первого типа:
  - интервал прибытия:  $130 \pm 30$  мин;
  - время входа в порт:  $30 \pm 7$  мин;
  - количество доступных причалов: 6;
  - время погрузки/разгрузки:  $12 \pm 2$  час;
  - время выхода из порта:  $20 \pm 5$  мин;
- для корабля второго типа:
  - интервал прибытия:  $390 \pm 60$  мин;
  - время входа в порт:  $45 \pm 12$  мин;
  - количество доступных причалов: 3;
  - время погрузки/разгрузки:  $18 \pm 4$  час;
  - время выхода из порта:  $35 \pm 10$  мин.

– время моделирования: 365 дней по 8 часов.

Код программы будет следующим(рис. 4.3).



```
lab15_2.gps
prch1 STORAGE 6 ; 6 причалов для кораблей 1 типа
prch2 STORAGE 3 ; 3 причала для кораблей 2 типа
buks STORAGE 2 ; 2 буксира
; ships of type 1
GENERATE 130,30 ; подход к порту
QUEUE type1
ENTER prch1 ; получение причала
ENTER buks ; получение буксира
DEPART type1 ;
ADVANCE 30,7 ; буксирование до причала
LEAVE buks ; освобождение буксира
ADVANCE 720,120 ; погрузка / разгрузка
ENTER buks ; получение буксира
LEAVE prch1 ; освобождение причала
ADVANCE 20,5 ; буксирование (отчаливание)
LEAVE buks ; освобождение буксира
TERMINATE
; ships of type 2
GENERATE 390,60 ; подход к порту
QUEUE type2
ENTER prch2 ; получение причала
ENTER buks,2 ; получение 2-х буксиров
DEPART type2 ;
ADVANCE 45,12 ; буксирование до причала
LEAVE buks,2 ; освобождение буксиров
ADVANCE 1080,240 ; погрузка / разгрузка
ENTER buks,2 ; получение 2-х буксиров
LEAVE prch2 ; освобождение причала
ADVANCE 35,10 ; буксирование (отчаливание)
LEAVE buks,2 ; освобождение буксира
TERMINATE 0
;timer
GENERATE 480 ; 8 часов рабочего дня
TERMINATE 1
START 365 ; число дней моделирования
```

Рис. 4.3: Модель обслуживания в порту судов двух типов

Получим отчет симуляции (рис. 4.4, 4.5).

lab15\_2.1.1 - REPORT

GPSS World Simulation Report - lab15\_2.1.1

пятница, мая 02, 2025 14:53:35

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	175200.000	28	0	3

NAME	VALUE
BUKS	10002.000
PRCH1	10000.000
PRCH2	10001.000
TYPE1	10003.000
TYPE2	10004.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
1		GENERATE	1345	0	0
2		QUEUE	1345	0	0
3		ENTER	1345	0	0
4		ENTER	1345	0	0
5		DEPART	1345	0	0
6		ADVANCE	1345	1	0
7		LEAVE	1344	0	0
8		ADVANCE	1344	5	0
9		ENTER	1339	0	0
10		LEAVE	1339	0	0
11		ADVANCE	1339	0	0
12		LEAVE	1339	0	0
13		TERMINATE	1339	0	0
14		GENERATE	446	0	0
15		QUEUE	446	2	0
16		ENTER	444	0	0
17		ENTER	444	0	0
18		DEPART	444	0	0
19		ADVANCE	444	0	0
20		LEAVE	444	0	0
21		ADVANCE	444	3	0
22		ENTER	441	0	0
23		LEAVE	441	0	0
24		ADVANCE	441	0	0
25		LEAVE	441	0	0
26		TERMINATE	441	0	0
27		GENERATE	365	0	0
28		TERMINATE	365	0	0

Рис. 4.4: Отчёт по модели обслуживания в порту судов двух типов



lab15_2.1.1 - REPORT						
7	LEAVE	1344	0	0		
8	ADVANCE	1344	5	0		
9	ENTER	1339	0	0		
10	LEAVE	1339	0	0		
11	ADVANCE	1339	0	0		
12	LEAVE	1339	0	0		
13	TERMINATE	1339	0	0		
14	GENERATE	446	0	0		
15	QUEUE	446	2	0		
16	ENTER	444	0	0		
17	ENTER	444	0	0		
18	DEPART	444	0	0		
19	ADVANCE	444	0	0		
20	LEAVE	444	0	0		
21	ADVANCE	444	3	0		
22	ENTER	441	0	0		
23	LEAVE	441	0	0		
24	ADVANCE	441	0	0		
25	LEAVE	441	0	0		
26	TERMINATE	441	0	0		
27	GENERATE	365	0	0		
28	TERMINATE	365	0	0		
QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0) RETRY
TYPE1	4	0	1345	288	0.750	97.724 124.351 0
TYPE2	4	2	446	35	0.897	352.553 382.576 0
STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL. AVE.C. UTIL. RETRY DELAY
PRCH1	6	0	0	6	1345	1 5.863 0.977 0 0
PRCH2	3	0	0	3	444	1 2.950 0.983 0 2
BUKS	2	1	0	2	4454	1 0.786 0.393 0 0
FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER VALUE
2156	0	175219.395	2156	6	7	
2148	0	175278.980	2148	8	9	
2158	0	175292.375	2158	0	1	
2150	0	175395.945	2150	8	9	
2157	0	175526.452	2157	0	14	
2134	0	175540.028	2134	21	22	
2139	0	175669.075	2139	21	22	
2159	0	175680.000	2159	0	27	
2151	0	175700.689	2151	8	9	
2144	0	175798.767	2144	21	22	
2154	0	175820.451	2154	8	9	
2155	0	175932.218	2155	8	9	

Рис. 4.5: Отчёт по модели обслуживания в порту судов двух типов

Проанализируем отчёт:

- модельное время в начале моделирования: START TIME=0.0;
- абсолютное время или момент, когда счетчик завершений принял значение 0: END TIME=175200.000;
- количество блоков, использованных в текущей модели, к моменту завершения моделирования: BLOCKS=28;
- количество одноканальных устройств, использованных в модели к моменту завершения моделирования: FACILITIES=0;
- количество многоканальных устройств, использованных в текущей модели к моменту завершения моделирования: STORAGES=3. Имена, используемые в программе модели: buks, prch1, prch2, type1, type2.

Далее идёт информация о блоках текущей модели, в частности, ENTRY COUNT – количество транзактов, вошедших в блок с начала процедуры моделирования. Было сгенерировано 1345 заявок первого типа и 446 второго, а обработано 1339 и 365 соответственно.

Далее информация об очередях:

- QUEUE=TYPE1 – имя объекта типа «очередь» для первого типа судов;
- MAX=4 – максимальное число ожидающих заявок от клиента в очереди;
- CONT=0 – на момент завершения моделирования очередь была пуста;
- ENTRIES=1345 – общее число заявок от клиентов, прошедших через очередь в течение периода моделирования;
- ENTRIES(0)=288 – число заявок от клиентов, попавших к оператору без ожидания в очереди;
- AVE . CONT=0,750 заявок от клиентов в среднем были в очереди;
- AVE . TIME=97,724 минут в среднем заявки от клиентов провели в очереди (с учётом всех входов в очередь);
- AVE . (-0)=124,351 минут в среднем заявки от клиентов провели в очереди (без учета «нулевых» входов в очередь).
- QUEUE=TYPE2 – имя объекта типа «очередь» для второго типа судов;
- MAX=4 – максимальное число ожидающих заявок от клиента в очереди;
- CONT=2 – количество заявок в очереди на момент завершения моделирования;
- ENTRIES=446 – общее число заявок от клиентов, прошедших через очередь в течение периода моделирования;

- $ENTRIES(0)=35$  – число заявок от клиентов, попавших к оператору без ожидания в очереди;
- $AVE.CONT=0,897$  заявок от клиентов в среднем были в очереди;
- $AVE.TIME=352,553$  минут в среднем заявки от клиентов провели в очереди (с учётом всех входов в очередь);
- $AVE.(-0)=382,576$  минут в среднем заявки от клиентов провели в очереди (без учета «нулевых» входов в очередь).

Затем идёт информация о многоканальных устройствах STORAGE. У нас указано, что первого типа причалов 6, второго – три, а буксиров 2.

Видим, что к первому типу причалов PRCH1 на обработку попало всего 1345 судов(первого типа). Полезность работы причалов составила 0,977. При этом среднее время занятости причалов составило 5,863 мин.

Ко второму типу причалов PRCH1 на обработку попало всего 444 судов(второго типа). Полезность работы причалов составила 0,983. При этом среднее время занятости причалов составило 2,950 мин.

Есть два буксира buks. К ним поступили судна 4454 раз. Полезность работы – 0,393, среднее время занятости – 0,786.

Далее идёт информация о будущих событиях.

## 5 Выводы

В ходе данной лабораторной работы я выполнила моделирование обслуживания с приоритетами и провела анализ результатов.

## 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.