

Отчёт по лабораторной работе №17

Имитационное моделирование

Ганина Таисия Сергеевна, НФИбд-01-22

Содержание

1	Цель работы	5
2	Задание	6
3	Теоретическое введение	7
4	Выполнение лабораторной работы	9
4.1	Модель работы вычислительного центра	9
4.2	Модель работы аэропорта	11
4.3	Модель работы морского порта	14
5	Выводы	20
	Список литературы	21

Список иллюстраций

4.1	Модель работы вычислительного центра	10
4.2	Отчёт по модели работы вычислительного центра	11
4.3	Модель работы аэропорта	12
4.4	Отчёт по модели работы аэропорта	13
4.5	Модель работы морского порта (1 вариант)	15
4.6	Отчёт по модели работы морского порта (1 вариант)	16
4.7	Оптимизированная модель работы морского порта (1 вариант) и отчёт	17
4.8	Модель работы морского порта (2 вариант) и отчёт	18
4.9	Оптимизированная модель работы морского порта (2 вариант) и отчёт	19

Список таблиц

1 Цель работы

Реализовать с помощью gpss задания для самостоятельной работы.

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 Модель работы вычислительного центра

На вычислительном центре в обработку принимаются три класса заданий А, В и С. Исходя из наличия оперативной памяти ЭВМ задания классов А и В могут решаться одновременно, а задания класса С монополизируют ЭВМ.

Задания класса А поступают через 20 ± 5 мин, класса В — через 20 ± 10 мин, класса С — через 28 ± 5 мин.

Требуют для выполнения: класс А — 20 ± 5 мин, класс В — 21 ± 3 мин, класс С — 28 ± 5 мин.

Задачи класса С загружаются в ЭВМ, если она полностью свободна. Задачи классов А и В могут дозагружаться к решающей задаче. Смоделировать работу ЭВМ за 80 ч. Определить её загрузку.

Я использовала при моделировании многоканальное устройство `evm` на две заявки. Классы А, В занимают по одному месту, а класс С занимает сразу два места. Таймер выставила на 4800 минут ($80 \cdot 60$). В итоге я получила следующую модель (рис. 4.1).

```
lab17_1.gps

evm STORAGE 2

; class A
GENERATE 20,5
QUEUE class_a
ENTER evm,1
DEPART class_a
ADVANCE 20,5
LEAVE evm,1
TERMINATE 0

; class B
GENERATE 20,10
QUEUE class_b
ENTER evm,1
DEPART class_b
ADVANCE 21,3
LEAVE evm,1
TERMINATE 0

; class C
GENERATE 28,5
QUEUE class_c
ENTER evm,2
DEPART class_c
ADVANCE 28,5
LEAVE evm,2
TERMINATE 0

;timer
GENERATE 4800
TERMINATE 1
START 1
```

Рис. 4.1: Модель работы вычислительного центра

После запуска симуляции я получила отчёт (рис. 4.2).

lab17_1.1.1 - REPORT

GPSS World Simulation Report - lab17_1.1.1
воскресенье, мая 04, 2025 14:01:47

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

NAME	VALUE
CLASS_A	10001.000
CLASS_B	10002.000
CLASS_C	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
CLASS_A	7	4 240	3	3.288	65.765	66.597 0
CLASS_B	7	5 236	1	3.280	66.703	66.987 0
CLASS_C	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. 4.2: Отчёт по модели работы вычислительного центра

В задании требовалось определить загрузку ЭВМ - она равна 0,994.

4.2 Модель 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.

Модель получилась следующая (рис. 4.3):

```

lab17.2.gps
; прибытие
GENERATE 10,5,,1
ASSIGN num,0 ; установка атрибута num (счётчик кругов) в 0 для нового самолёта
QUEUE arrive
land GATE NU runway,wait ; попытка зайти на посадку на полосу
; если полоса занята, переход к метке "wait"
; NU - устройство, заданное в поле A, свободно
SEIZE runway
DEPART arrive
ADVANCE 2
RELEASE runway
TERMINATE 0

; ожидание
wait TEST L p$num,5,other
; проверка: если значение атрибута pl (номер 1) < 5, переход к other
; Получение значения P- параметра возможно с помощью конструкции
; Pномер или P$имя.
ADVANCE 5 ; Ожидание 5 минут в воздухе (круг над аэродромом)
ASSIGN num+,1
TRANSFER 0,land

other SEIZE OtherRun ; если больше 5 кругов - захват резервной полосы (для ухода)
DEPART arrive
ADVANCE 2
RELEASE OtherRun
TERMINATE 0

; взлёт
GENERATE 10,2,,2
QUEUE leave_q
SEIZE runway
DEPART leave_q
ADVANCE 2
RELEASE runway
TERMINATE 0

; timer
GENERATE 1440
TERMINATE 1
START 1

```

Рис. 4.3: Модель работы аэропорта

После запуска симуляции я получила отчёт (рис. 4.4).

lab17_2.9.1 - REPORT

GPSS World Simulation Report - lab17_2.9.1

воскресенье, мая 04, 2025 14:58:05

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

NAME	VALUE
ARRIVE	10003.000
LAND	4.000
LEAVE_Q	10000.000
NUM	10002.000
OTHER	14.000
OTHERRUN	UNSPECIFIED
RUNWAY	10001.000
WAIT	10.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
LAND	1	GENERATE	146	0	0
	2	ASSIGN	146	0	0
	3	QUEUE	146	0	0
	4	GATE	184	0	0
	5	SEIZE	146	0	0
	6	DEPART	146	0	0
	7	ADVANCE	146	0	0
	8	RELEASE	146	0	0
	9	TERMINATE	146	0	0
WAIT	10	TEST	38	0	0
	11	ADVANCE	38	0	0
	12	ASSIGN	38	0	0
	13	TRANSFER	38	0	0
OTHER	14	SEIZE	0	0	0
	15	DEPART	0	0	0
	16	ADVANCE	0	0	0
	17	RELEASE	0	0	0
	18	TERMINATE	0	0	0
	19	GENERATE	142	0	0
	20	QUEUE	142	0	0
	21	SEIZE	142	0	0
	22	DEPART	142	0	0
	23	ADVANCE	142	0	0
	24	RELEASE	142	0	0
	25	TERMINATE	142	0	0
	26	GENERATE	1	0	0
	27	TERMINATE	1	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
RUNWAY	288	0.400	2.000	1	0	0	0	0	0

QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
LEAVE_Q	1	0	142	114	0.017	0.173	0.880 0
ARRIVE	2	0	146	114	0.132	1.301	5.937 0

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
290	2	1440.749	290	0	19		
291	1	1445.367	291	0	1		
292	0	2880.000	292	0	26		

Рис. 4.4: Отчёт по модели работы аэропорта

Прибытие самолётов задаётся командой GENERATE 10,5,,1. Для каждого нового самолёта устанавливается счётчик кругов: ASSIGN num,0 - установка атрибута num (счётчик кругов) в 0 для нового самолёта.

Далее самолёт пытается занять посадочную полосу. Если полоса занята, самолёт переходит к ожиданию (метка wait). Здесь проверяется, сколько кругов уже сделал самолёт: TEST L p\$num,5,other – если значение атрибута p\$num < 5, переход к other. Если кругов меньше пяти, самолёт ждёт 5 минут, делая круг

над аэродромом: ADVANCE 5 и увеличивает свой счётчик: ASSIGN num+1, 1. После этого самолёт снова пытается занять полосу.

Если же самолёт сделал уже 5 кругов, он уходит на запасную полосу (метка other): SEIZE OtherRun.

Также в коде реализован процесс взлёта: GENERATE 10, 2, , 2 создаёт поток самолётов на взлёт, которые занимают полосу (SEIZE runway), взлетают (ADVANCE 2) и освобождают её (RELEASE runway).

В конце моделирования используется таймер: GENERATE 1440 и TERMINATE 1, что завершает моделирование через 1440 минут (сутки).

Взлетело 142 самолета, село 146, а в запасной аэропорт отправилось 0. В запасной аэропорт не отправились самолеты, поскольку процессы обработки длятся всего 2 минуты, что намного быстрее, чем генерации новых самолетов. Коэффициент загрузки полосы равняется 0,4, полоса большую часть времени не используется.

4.3 Модель 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 $[b \pm \varepsilon]$ часов. Требуется построить GPSS-модель для анализа работы морского порта в течение полугода, определить оптимальное количество причалов для эффективной работы порта.

Рассмотрим два варианта исходных данных:

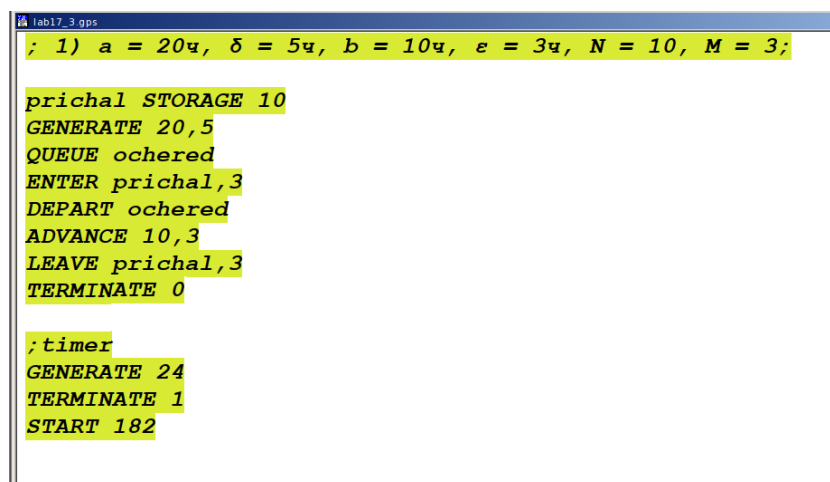
- 1) $a = 20$ ч, $\delta = 5$ ч, $b = 10$ ч, $\varepsilon = 3$ ч, $N = 10$, $M = 3$;
- 2) $a = 30$ ч, $\delta = 10$ ч, $b = 8$ ч, $\varepsilon = 4$ ч, $N = 6$, $M = 2$.

Первый вариант модели

В этой модели я снова использовала многоканальное устройство и через него задавала количество причалов. После этого всё шло по стандартной схеме - “генерировалось” судно, оно вставало в очередь, после – получало место у причалов,

занимая три причала. Заняв место, судно покидало очередь, проводило необходимое время у причала. Потом освобождаются занятые места (3 причала), так как судно отчаливает.

Модель получилась следующая (рис. 4.5):



```
lab17_3.gps
; 1) a = 20ч, δ = 5ч, b = 10ч, ε = 3ч, N = 10, M = 3;

prichal STORAGE 10
GENERATE 20,5
QUEUE ochered
ENTER prichal,3
DEPART ochered
ADVANCE 10,3
LEAVE prichal,3
TERMINATE 0

;timer
GENERATE 24
TERMINATE 1
START 182
```

Рис. 4.5: Модель работы морского порта (1 вариант)

После запуска симуляции я получила отчёт (рис. 4.6).

lab17_3.11.1 - REPORT

GPSS World Simulation Report - lab17_3.11.1

воскресенье, мая 04, 2025 15:07:40

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	4368.000	9	0	1

NAME	VALUE
OCHERED	10001.000
PRICHAL	10000.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	217	0	0
	2	QUEUE	217	0	0
	3	ENTER	217	0	0
	4	DEPART	217	0	0
	5	ADVANCE	217	0	0
	6	LEAVE	217	0	0
	7	TERMINATE	217	0	0
	8	GENERATE	182	0	0
	9	TERMINATE	182	0	0

QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
OCHERED	1	0	217	217	0.000	0.000	0.000 0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
PRICHAL	10	10	0	3	651	1	1.485	0.148	0	0

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
400	0	4369.367	400	0	1		
401	0	4392.000	401	0	8		

Рис. 4.6: Отчёт по модели работы морского порта (1 вариант)

Судна обрабатываются быстрее, чем успевают приходить новые, так как очередь не набирается. По отчёту видно, что коэффициент загрузки довольно мал - всего 0,148. Это указывает на то, что подбирая оптимальное количество причалов, их можно уменьшить. Наименьшее возможное число причалов равно 3, так как каждый корабль в длину занимает именно 3 причала. Я заменила строчку prichal STORAGE 10 на prichal STORAGE 3 и получила следующее (рис. 4.7):

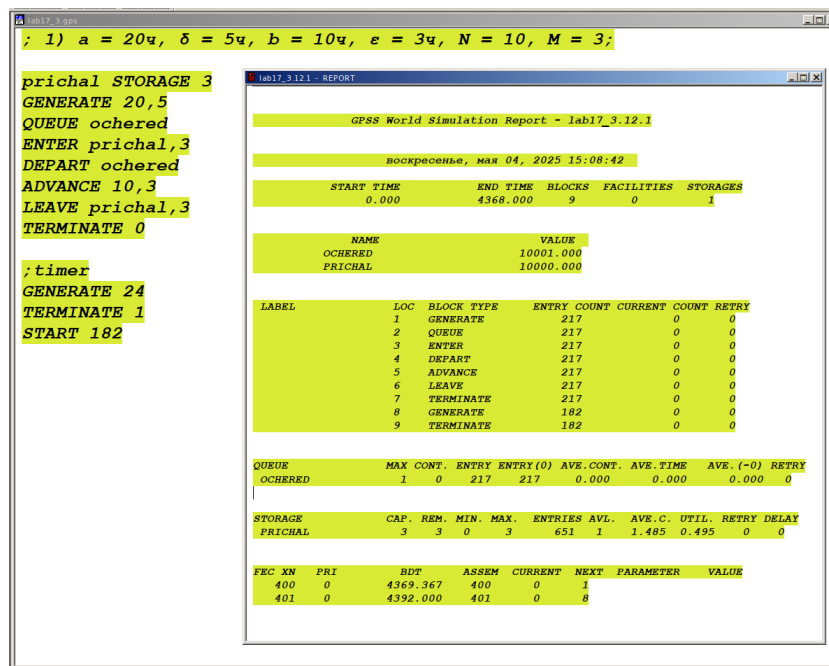


Рис. 4.7: Оптимизированная модель работы морского порта (1 вариант) и отчёт

Здесь уже коэффициент загрузки равен 0,495, что является более эффективным.

Второй вариант модели

Во втором варианте модели у нас изменились лишь параметры, так что модель выглядит идентично (рис. 4.8):

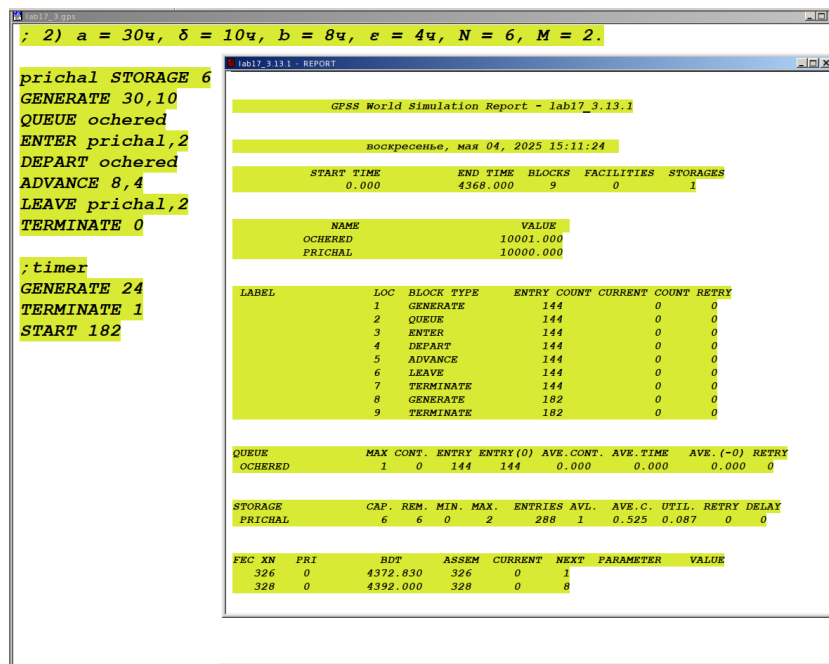


Рис. 4.8: Модель работы морского порта (2 вариант) и отчёт

В задании также сказано оптимизировать модель, потому что на данном этапе коэффициент загрузки ничтожно мал - всего 0,087. Так что, как и в прошлый раз, я сократила количество причалов до минимально возможного (рис. 4.9).

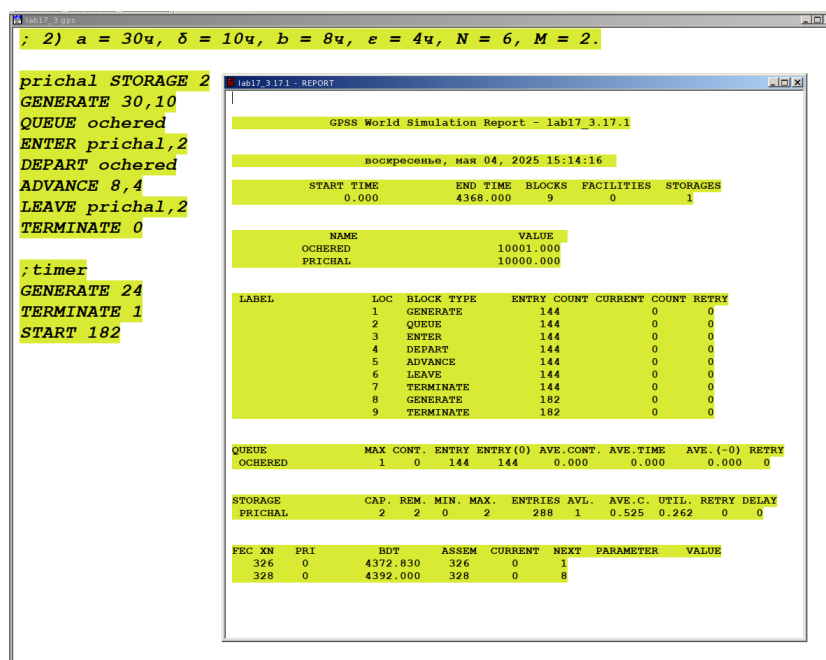


Рис. 4.9: Оптимизированная модель работы морского порта (2 вариант) и отчёт

В данном случае видно, что коэффициент загрузки стал равен 0,262, что уже выше, чем в прошлый раз.

5 Выводы

В результате выполнения данной лабораторной работы я реализовала с помощью gpss:

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

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.