**Лабораторная работа №2**

***Имитационное моделирование с использованием***

***вычислительных объектов***

**Цель работы** *– использование функций и различных законов распределения, моделирование последовательной работы оборудования.*

**2.1 Практические задания**

**Задание 1.***Использование различных законов распределения.*

Базовые операторы*: exponential, normal, uniform, duniform, triangular,   
binominal, poisson.*

            На станции техобслуживания работает *a* мастеров. Каждые *b* мин. приезжает клиент. Время обслуживания одного клиента составляет *c* мин. Промоделировать работу станции техобслуживания в течение рабочей смены. Рассмотреть варианты с 2–3 комбинациями законов распределения. Сделать вывод о лучшем и худшем сочетаниях законов распределения. Неизвестные параметры законов распределения выбрать по своему усмотрению. Рассмотреть один закон распределения с различными параметрами. Рассмотреть заданные законы распределения с различными отклонениями, промоделировать работу для 1, 3 и 10 рабочих смен. Задания выполняются согласно  индивидуальным вариантам (таблица 2.1).

 Таблица 2.1 – Варианты индивидуальных заданий

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | a | b | с | |
| 9 | 5 | Распределение Пуассона со средним значением 12 | Гауссовское распределение с матожиданием 10 и СКО 2 | |
|  |  |  |  |  |

1. Первоначальное условие

Generate (poisson(1,12))

Master STORAGE 5

enter Master

queue qmaster

depart qmaster

advance (normal(1,10,2))

leave Master

terminate

Generate 480

Terminate 1

Start 1

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.1.1

Friday, October 20, 2017 14:59:21

START TIME END TIME BLOCKS FACILITIES STORAGES

0.000 480.000 9 0 1

NAME VALUE

MASTER 10000.000

QMASTER 10001.000

LABEL LOC BLOCK TYPE ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY

1 GENERATE 41 0 0

2 ENTER 41 0 0

3 QUEUE 41 0 0

4 DEPART 41 0 0

5 ADVANCE 41 2 0

6 LEAVE 39 0 0

7 TERMINATE 39 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

QMASTER 1 0 41 41 0.000 0.000 0.000 0

STORAGE CAP. REM. MIN. MAX. ENTRIES AVL. AVE.C. UTIL. RETRY DELAY

MASTER 5 3 0 2 41 1 0.856 0.171 0 0

FEC XN PRI BDT ASSEM CURRENT NEXT PARAMETER VALUE

41 0 483.170 41 5 6

43 0 485.000 43 0 1

42 0 485.885 42 5 6

44 0 960.000 44 0 8

Анализ: Прошла 41 машина за смену. Работало 2 мастера, на конец моделирования не работало 3 мастера.

1. Комбинация закон распределения: Нормальный с параметрами МО=4,СКО=1 и Экспоненциальный со средним значением 3.

Generate (NORMAL(1,4,1))

Master STORAGE 5

enter Master

queue qmaster

depart qmaster

advance (EXPONENTIAL(1,0,3))

leave Master

terminate

Generate 480

Terminate 1

Start 1

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 2.1.1

Friday, October 20, 2017 15:12:11

START TIME END TIME BLOCKS FACILITIES STORAGES

0.000 480.000 9 0 1

NAME VALUE

MASTER 10000.000

QMASTER 10001.000

LABEL LOC BLOCK TYPE ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY

1 GENERATE 120 0 0

2 ENTER 120 0 0

3 QUEUE 120 0 0

4 DEPART 120 0 0

5 ADVANCE 120 3 0

6 LEAVE 117 0 0

7 TERMINATE 117 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

QMASTER 1 0 120 120 0.000 0.000 0.000 0

STORAGE CAP. REM. MIN. MAX. ENTRIES AVL. AVE.C. UTIL. RETRY DELAY

MASTER 5 2 0 3 120 1 0.820 0.164 0 0

FEC XN PRI BDT ASSEM CURRENT NEXT PARAMETER VALUE

118 0 480.172 118 5 6

120 0 481.984 120 5 6

121 0 482.249 121 5 6

122 0 483.735 122 0 1

123 0 960.000 123 0 8

Анализ: загружены были 3 мастера, за смену прошло 120 машин. На конец моделирования были свободны 2 мастера.

1. Комбинация законов распределения: Равномерное в диапозоне 2–4 и Нормальный с параметрами МО=5,СКО=1.

Generate (DUNIFORM(1,2,4))

Master STORAGE 5

enter Master

queue qmaster

depart qmaster

advance (NORMAL(1,5,1))

leave Master

terminate

Generate 480

Terminate 1

Start 1

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 3.1.1

Friday, October 20, 2017 15:15:48

START TIME END TIME BLOCKS FACILITIES STORAGES

0.000 480.000 9 0 1

NAME VALUE

MASTER 10000.000

QMASTER 10001.000

LABEL LOC BLOCK TYPE ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY

1 GENERATE 163 0 0

2 ENTER 163 0 0

3 QUEUE 163 0 0

4 DEPART 163 0 0

5 ADVANCE 163 1 0

6 LEAVE 162 0 0

7 TERMINATE 162 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

QMASTER 1 0 163 163 0.000 0.000 0.000 0

STORAGE CAP. REM. MIN. MAX. ENTRIES AVL. AVE.C. UTIL. RETRY DELAY

MASTER 5 4 0 4 163 1 1.672 0.334 0 0

FEC XN PRI BDT ASSEM CURRENT NEXT PARAMETER VALUE

165 0 481.000 165 0 1

164 0 481.050 164 5 6

166 0 960.000 166 0 8

Анализ: загружены были 4 мастера, за смену прошло 163 машин. На конец моделирования были свободны 4 мастера.

1. Рассмотрим закон распределения Пуассона с уменьшением среднего значения до 10.

Generate (poisson(1,10))

Master STORAGE 5

enter Master

queue qmaster

depart qmaster

advance (normal(1,10,2))

leave Master

terminate

Generate 480

Terminate 1

Start 1

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 4.1.1

Friday, October 20, 2017 15:19:28

START TIME END TIME BLOCKS FACILITIES STORAGES

0.000 480.000 9 0 1

NAME VALUE

MASTER 10000.000

QMASTER 10001.000

LABEL LOC BLOCK TYPE ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY

1 GENERATE 48 0 0

2 ENTER 48 0 0

3 QUEUE 48 0 0

4 DEPART 48 0 0

5 ADVANCE 48 0 0

6 LEAVE 48 0 0

7 TERMINATE 48 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

QMASTER 1 0 48 48 0.000 0.000 0.000 0

STORAGE CAP. REM. MIN. MAX. ENTRIES AVL. AVE.C. UTIL. RETRY DELAY

MASTER 5 5 0 2 48 1 0.942 0.188 0 0

FEC XN PRI BDT ASSEM CURRENT NEXT PARAMETER VALUE

50 0 482.000 50 0 1

51 0 960.000 51 0 8

Анализ: загружены были 2, за смену прошло 48 машины. На конец моделирования были свободны 5 мастера.

1. Рассмотрим закон распределения Пуассона с уменьшением среднего значения до 8, за 1 смену

Generate (poisson(1,8))

Master STORAGE 5

enter Master

queue qmaster

depart qmaster

advance (normal(1,10,2))

leave Master

terminate

Generate 480

Terminate 1

Start 1

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 4.2.1

Friday, October 20, 2017 15:21:00

START TIME END TIME BLOCKS FACILITIES STORAGES

0.000 480.000 9 0 1

NAME VALUE

MASTER 10000.000

QMASTER 10001.000

LABEL LOC BLOCK TYPE ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY

1 GENERATE 62 0 0

2 ENTER 62 0 0

3 QUEUE 62 0 0

4 DEPART 62 0 0

5 ADVANCE 62 1 0

6 LEAVE 61 0 0

7 TERMINATE 61 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

QMASTER 1 0 62 62 0.000 0.000 0.000 0

STORAGE CAP. REM. MIN. MAX. ENTRIES AVL. AVE.C. UTIL. RETRY DELAY

MASTER 5 4 0 3 62 1 1.284 0.257 0 0

FEC XN PRI BDT ASSEM CURRENT NEXT PARAMETER VALUE

64 0 483.000 64 0 1

63 0 485.869 63 5 6

65 0 960.000 65 0 8

Анализ: загружены были 3, за смену прошло 62 машины. На конец моделирования были свободен 4 мастер.

1. Рассмотрим закон распределения Пуассона с уменьшением среднего значения до 6, за 10 смен

Generate (poisson(1,6))

Master STORAGE 5

enter Master

queue qmaster

depart qmaster

advance (normal(1,10,2))

leave Master

terminate

Generate 4800

Terminate 1

Start 1

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 4.4.1

Friday, October 20, 2017 15:24:28

START TIME END TIME BLOCKS FACILITIES STORAGES

0.000 4800.000 9 0 1

NAME VALUE

MASTER 10000.000

QMASTER 10001.000

LABEL LOC BLOCK TYPE ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY

1 GENERATE 809 0 0

2 ENTER 809 0 0

3 QUEUE 809 0 0

4 DEPART 809 0 0

5 ADVANCE 809 1 0

6 LEAVE 808 0 0

7 TERMINATE 808 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

QMASTER 1 0 809 809 0.000 0.000 0.000 0

STORAGE CAP. REM. MIN. MAX. ENTRIES AVL. AVE.C. UTIL. RETRY DELAY

MASTER 5 4 0 5 809 1 1.686 0.337 0 0

FEC XN PRI BDT ASSEM CURRENT NEXT PARAMETER VALUE

811 0 4807.000 811 0 1

810 0 4807.478 810 5 6

812 0 9600.000 812 0 8

Анализ: загружены были 5, за 10 смен прошло 809 машины. На конец моделирования было свободно 4 мастера.

1. Рассмотрим закон распределения Пуассона с уменьшением среднего значения до 6, за 3 смены

Generate (poisson(1,6))

Master STORAGE 5

enter Master

queue qmaster

depart qmaster

advance (normal(1,10,2))

leave Master

terminate

Generate 1440

Terminate 1

Start 1

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 4.5.1

Friday, October 20, 2017 15:26:36

START TIME END TIME BLOCKS FACILITIES STORAGES

0.000 1440.000 9 0 1

NAME VALUE

MASTER 10000.000

QMASTER 10001.000

LABEL LOC BLOCK TYPE ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY

1 GENERATE 234 0 0

2 ENTER 234 0 0

3 QUEUE 234 0 0

4 DEPART 234 0 0

5 ADVANCE 234 1 0

6 LEAVE 233 0 0

7 TERMINATE 233 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

QMASTER 1 0 234 234 0.000 0.000 0.000 0

STORAGE CAP. REM. MIN. MAX. ENTRIES AVL. AVE.C. UTIL. RETRY DELAY

MASTER 5 4 0 5 234 1 1.614 0.323 0 0

CEC XN PRI M1 ASSEM CURRENT NEXT PARAMETER VALUE

236 0 1440.000 236 0 1

FEC XN PRI BDT ASSEM CURRENT NEXT PARAMETER VALUE

235 0 1448.071 235 5 6

237 0 2880.000 237 0 8

Анализ: загружены были 5, за 3 смен прошло 234 машины. На конец моделирования были свободны 4 мастера.

**Задание 2.** *Организация циклов, применение стандартных числовых атрибутов.*

Базовые операторы*:* *assign*, *loop*, *test.*

На склад прибывают грузовые автомобили с контейнерами (от 4 до 10 шт.). В среднем на склад прибывает *a* автомобилей в час (интервалы между моментами их прибытия – экспоненциальные случайные величины). Одновременно на складе могут разгружаться не более чем 3 автомобиля. Выгрузка одного контейнера занимает от 4 до 12 минут. Склад вмещает *b* контейнеров. При заполнении склада разгрузка приостанавливается.

Примерно *c*% грузов доставляются заказчикам автомобилями, принадлежащими складу. Склад имеет *e*автомобилей. Доставка груза заказчику занимает от 1 до 5 ч. Остальные  грузы вывозятся автомобилями заказчиков. Интервал от поступления груза до прибытия за ним автомобилей заказчика составляет от 5 до 20 ч.

Одновременно на складе могут загружаться не более пяти автомобилей. Затраты времени на погрузку примерно такие же, как и на выгрузку.

Разработать имитационную программу для анализа работы склада в течение календарного года. Определить количество контейнеров, которое проходит через склад. Определить оптимальный объём склада. Определить минимальное и максимальное время доставки груза заказчику с момента прихода машины с грузом на склад своими силами и машинами заказчика. Предложить варианты повышения эффективности работы склада. Задания выполняются согласно  индивидуальным вариантам (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Варианты индивидуальных заданий

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | *a* | *b* | *c* | *e* |  |
| 9 | 10 | 180 | 50 | 8 |  |

sklad STORAGE 180

pogr STORAGE 5

razg STORAGE 3

car STORAGE 8

GENERATE (exponential(1,0,6)) // set 10 instead of 6

ASSIGN cont1,(duniform(2,4,10))

ASSIGN cont2,p$cont1

ASSIGN cont3,p$cont1

ASSIGN unloadtime,(duniform(3,4,12))

ASSIGN loadtime,p$unloadtime

ASSIGN owncartime,(duniform(4,60,300))

ASSIGN othercartime,(duniform(5,300,1200))

ENTER razg

unload ADVANCE p$unloadtime

ENTER sklad

LOOP cont1,unload

LEAVE razg

TRANSFER .50,owncars,othercars

owncars ENTER car

ENTER pogr

ownloop ADVANCE p$loadtime

LEAVE sklad

LOOP cont2,ownloop

LEAVE pogr

ADVANCE p$owncartime

LEAVE car

TERMINATE

othercars ADVANCE p$othercartime

ENTER pogr

otherloop ADVANCE p$loadtime

LEAVE sklad

LOOP cont3,otherloop

LEAVE pogr

TERMINATE

GENERATE (60#24#365)

TERMINATE 1

START 1

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 5.7.1

Friday, October 20, 2017 17:46:11

START TIME END TIME BLOCKS FACILITIES STORAGES

0.000 525600.000 32 0 4

NAME VALUE

CAR 10003.000

CONT1 10004.000

CONT2 10005.000

CONT3 10006.000

LOADTIME 10008.000

OTHERCARS 24.000

OTHERCARTIME 10010.000

OTHERLOOP 26.000

OWNCARS 15.000

OWNCARTIME 10009.000

OWNLOOP 17.000

POGR 10001.000

RAZG 10002.000

SKLAD 10000.000

UNLOAD 10.000

UNLOADTIME 10007.000

LABEL LOC BLOCK TYPE ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY

1 GENERATE 52699 0 0

2 ASSIGN 52699 0 0

3 ASSIGN 52699 0 0

4 ASSIGN 52699 0 0

5 ASSIGN 52699 0 0

6 ASSIGN 52699 0 0

7 ASSIGN 52699 0 0

8 ASSIGN 52699 26088 0

9 ENTER 26611 0 0

UNLOAD 10 ADVANCE 185885 3 0

11 ENTER 185882 0 0

12 LOOP 185882 0 0

13 LEAVE 26608 0 0

14 TRANSFER 26608 0 0

OWNCARS 15 ENTER 13329 0 0

16 ENTER 13329 0 0

OWNLOOP 17 ADVANCE 93295 0 0

18 LEAVE 93295 0 0

19 LOOP 93295 0 0

20 LEAVE 13329 0 0

21 ADVANCE 13329 4 0

22 LEAVE 13325 0 0

23 TERMINATE 13325 0 0

OTHERCARS 24 ADVANCE 13279 22 0

25 ENTER 13257 0 0

OTHERLOOP 26 ADVANCE 92408 1 0

27 LEAVE 92407 0 0

28 LOOP 92407 0 0

29 LEAVE 13256 0 0

30 TERMINATE 13256 0 0

31 GENERATE 1 0 0

32 TERMINATE 1 0 0

STORAGE CAP. REM. MIN. MAX. ENTRIES AVL. AVE.C. UTIL. RETRY DELAY

SKLAD 180 0 0 180 185882 1 157.960 0.878 0 2

POGR 5 4 0 5 26586 1 2.821 0.564 0 0

RAZG 3 0 0 3 26611 1 3.000 1.000 0 26088

CAR 8 4 0 8 13329 1 6.028 0.754 0 0

На складе на момент окончания моделирования не было свободных мест. За время моделирования на склад пришло 185882 контейнеров.

Оптимизируем модель: уменьшим время разгрузки контейнера, уменьшим время доставки груза, время самовывоза груза, увеличим ёмкость склада, количество машин доставки.

sklad STORAGE 200

pogr STORAGE 5

razg STORAGE 3

car STORAGE 13

GENERATE (exponential(1,0,10))

ASSIGN cont1,(duniform(2,4,10))

ASSIGN cont2,p$cont1

ASSIGN cont3,p$cont1

ASSIGN unloadtime,(duniform(3,1,3))

ASSIGN loadtime,p$unloadtime

ASSIGN owncartime,(duniform(4,30,140))

ASSIGN othercartime,(duniform(5,140,600))

ENTER razg

unload ADVANCE p$unloadtime

ENTER sklad

LOOP cont1,unload

LEAVE razg

TRANSFER .50,owncars,othercars

owncars ENTER car

ENTER pogr

ownloop ADVANCE p$loadtime

LEAVE sklad

LOOP cont2,ownloop

LEAVE pogr

ADVANCE p$owncartime

LEAVE car

TERMINATE

othercars ADVANCE p$othercartime

ENTER pogr

otherloop ADVANCE p$loadtime

LEAVE sklad

LOOP cont3,otherloop

LEAVE pogr

TERMINATE

GENERATE (60#24#365)

TERMINATE 1

START 1

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 5.15.1

Friday, October 20, 2017 18:00:24

START TIME END TIME BLOCKS FACILITIES STORAGES

0.000 525600.000 32 0 4

NAME VALUE

CAR 10003.000

CONT1 10004.000

CONT2 10005.000

CONT3 10006.000

LOADTIME 10008.000

OTHERCARS 24.000

OTHERCARTIME 10010.000

OTHERLOOP 26.000

OWNCARS 15.000

OWNCARTIME 10009.000

OWNLOOP 17.000

POGR 10001.000

RAZG 10002.000

SKLAD 10000.000

UNLOAD 10.000

UNLOADTIME 10007.000

LABEL LOC BLOCK TYPE ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY

1 GENERATE 52652 0 0

2 ASSIGN 52652 0 0

3 ASSIGN 52652 0 0

4 ASSIGN 52652 0 0

5 ASSIGN 52652 0 0

6 ASSIGN 52652 0 0

7 ASSIGN 52652 0 0

8 ASSIGN 52652 0 0

9 ENTER 52652 0 0

UNLOAD 10 ADVANCE 367977 2 0

11 ENTER 367975 0 0

12 LOOP 367975 0 0

13 LEAVE 52650 0 0

14 TRANSFER 52650 0 0

OWNCARS 15 ENTER 26216 0 0

16 ENTER 26216 0 0

OWNLOOP 17 ADVANCE 183290 0 0

18 LEAVE 183290 0 0

19 LOOP 183290 0 0

20 LEAVE 26216 0 0

21 ADVANCE 26216 7 0

22 LEAVE 26209 0 0

23 TERMINATE 26209 0 0

OTHERCARS 24 ADVANCE 26434 16 0

25 ENTER 26418 0 0

OTHERLOOP 26 ADVANCE 184551 2 0

27 LEAVE 184549 0 0

28 LOOP 184549 0 0

29 LEAVE 26416 0 0

30 TERMINATE 26416 0 0

31 GENERATE 1 0 0

32 TERMINATE 1 0 0

STORAGE CAP. REM. MIN. MAX. ENTRIES AVL. AVE.C. UTIL. RETRY DELAY

SKLAD 200 64 0 200 367975 1 140.569 0.703 0 0

POGR 5 3 0 5 52634 1 1.398 0.280 0 0

RAZG 3 1 0 3 52652 1 1.477 0.492 0 0

CAR 13 6 0 13 26216 1 4.936 0.380 0 0