**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 1.2.1

Thursday, September 15, 2016 10:46:17

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 1.6.1

Thursday, September 15, 2016 10:53:59

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 1.12.1

Thursday, September 15, 2016 11:01:14

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 1.13.1

Thursday, September 15, 2016 11:04:26

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 1.14.1

Thursday, September 15, 2016 11:05:46

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 1.16.1

Thursday, September 15, 2016 11:09:36

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 1.18.1

Thursday, September 15, 2016 11:11:50

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))

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 1.19.1

Thursday, September 15, 2016 11:30:36

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 87712 0 0

2 ASSIGN 87712 0 0

3 ASSIGN 87712 0 0

4 ASSIGN 87712 0 0

5 ASSIGN 87712 0 0

6 ASSIGN 87712 0 0

7 ASSIGN 87712 0 0

8 ASSIGN 87712 61070 0

9 ENTER 26642 0 0

UNLOAD 10 ADVANCE 186100 3 0

11 ENTER 186097 0 0

12 LOOP 186097 0 0

13 LEAVE 26639 0 0

14 TRANSFER 26639 0 0

OWNCARS 15 ENTER 13367 0 0

16 ENTER 13367 0 0

OWNLOOP 17 ADVANCE 93376 1 0

18 LEAVE 93375 0 0

19 LOOP 93375 0 0

20 LEAVE 13366 0 0

21 ADVANCE 13366 5 0

22 LEAVE 13361 0 0

23 TERMINATE 13361 0 0

OTHERCARS 24 ADVANCE 13272 22 0

25 ENTER 13250 0 0

OTHERLOOP 26 ADVANCE 92548 1 0

27 LEAVE 92547 0 0

28 LOOP 92547 0 0

29 LEAVE 13249 0 0

30 TERMINATE 13249 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 5 0 180 186097 1 157.867 0.877 0 0

POGR 5 3 0 5 26617 1 2.824 0.565 0 0

RAZG 3 0 0 3 26642 1 3.000 1.000 0 61070

CAR 8 2 0 8 13367 1 6.027 0.753 0 0

На складе на момент окончания моделирования было свободно 5 мест. За время моделирования на склад пришло 186097 контейнеров.

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

sklad STORAGE 352

pogr STORAGE 5

razg STORAGE 3

car STORAGE 13

GENERATE (exponential(1,0,6))

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 1.20.1

Thursday, September 15, 2016 11:41:44

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 87730 0 0

2 ASSIGN 87730 0 0

3 ASSIGN 87730 0 0

4 ASSIGN 87730 0 0

5 ASSIGN 87730 0 0

6 ASSIGN 87730 0 0

7 ASSIGN 87730 0 0

8 ASSIGN 87730 0 0

9 ENTER 87730 0 0

UNLOAD 10 ADVANCE 613114 1 0

11 ENTER 613113 0 0

12 LOOP 613113 0 0

13 LEAVE 87729 0 0

14 TRANSFER 87729 0 0

OWNCARS 15 ENTER 43832 0 0

16 ENTER 43832 0 0

OWNLOOP 17 ADVANCE 306527 1 0

18 LEAVE 306526 0 0

19 LOOP 306526 0 0

20 LEAVE 43831 0 0

21 ADVANCE 43831 5 0

22 LEAVE 43826 0 0

23 TERMINATE 43826 0 0

OTHERCARS 24 ADVANCE 43897 37 0

25 ENTER 43860 0 0

OTHERLOOP 26 ADVANCE 306317 2 0

27 LEAVE 306315 0 0

28 LOOP 306315 0 0

29 LEAVE 43858 0 0

30 TERMINATE 43858 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 352 80 0 352 613113 1 234.473 0.666 0 0

POGR 5 2 0 5 87692 1 2.329 0.466 0 0

RAZG 3 2 0 3 87730 1 2.332 0.777 0 0

CAR 13 7 0 13 43832 1 8.281 0.637 0 0