

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Постановка задачи

Составить программу на любом языке программирования имитационного моделирования работы двух рабочих, выполняющих сварку кузовов автомобилей (один левой стороны кузова, другой – правой). Время выполнения сварочных операций любым рабочим подчиняется равномерному закону в интервале 40 ± 8 минут. По технологическим причинам к сварке следующего кузова рабочие могут приступить только когда они оба закончат сварку предыдущего кузова. Комплекты заготовок для сварки очередного кузова поступают к рабочим через каждые 42 минуты. Оценить коэффициенты занятости рабочих при сварке 150 кузовов.

Произвести имитационный эксперимент заключающийся в варьировании времени на сварочные операции каждым из рабочих от 20 ± 8 минут до 60 ± 8 минут (с шагом в 5 минут). Поострить графики зависимости среднего коэффициента занятости рабочих и размера средней очереди от времени сварочных операций.

Словесное описание процесса моделирования

Объектом имитационного моделирования выступает конкретный участок производственного процесса по сооружению кузовов, а именно сварка правой и левой стороны кузова. На первом этапе этого производственного процесса происходит непосредственно отливка деталей необходимых для сборки конечного продукта, далее готовые детали передаются на второй этап. На втором этапе происходит сборка из поступивших деталей конечного продукта в виде кузова, далее готовый продукт передается на третий этап, как необходимая конструкция для выпуска грузовых автомашин, либо на склад для розничной реализации.

В данной работе рассматривается второй этап производственного цикла по сборке кузовов. Одноканальная СМО с совместным проделыванием определенных операций больше всего подойдет для описания работ по сварке кузовов. В качестве поступающих заявок на обслуживание выступают агрегаты кузова, а сущность обслуживания заключается в сварке правой и левой стороны. Операцию по сборке кузова осуществляют два рабочих выступающих как единый канал с условием, что ни один из рабочих, раньше закончивший проделывание своей операции, не преступит к сварке нового кузова до тех пор, пока его напарник не освободится от предыдущего. Нормативный план по сварке кузовов, установленный руководством предприятия, должен быть выполнен в независимости от истечения рабочего времени, то есть если рабочие не управились с планом, то они остаются на сверхурочную работу.

Нужно провести моделирование при известных средних временах обслуживания каждым рабочим той части кузова, за который они отвечают, а также при известном заранее заданном времени поступления деталей с первого этапа производственного процесса.

Обозначения

n – входной параметр определяющий плановое задания выполнения работ по сварке кузовов

t_0 – входной параметр, время поступления кузовов

t_1 – параметр определяемый при моделировании означающий время сварки первым рабочим левой стороны кузова

t_2 – параметр определяемый при моделировании означающий время сварки вторым рабочим правой стороны кузова

$kz1$ – выходной параметр, коэффициент занятости первого рабочего

$kz2$ – выходной параметр, коэффициент занятости второго рабочего

b_1 – выходной параметр, общее время занятости первого рабочего

b2 – выходной параметр, общее время занятости второго рабочего
 z – выходной параметр, общее число обработанных кузовов
 q – выходной параметр, текущая очередь к рабочим
 qc – выходной параметр, средняя очередь к рабочим
 qmax -- выходной параметр, максимальная очередь к рабочим
 vremo – выходной параметр, общее время работы системы

Программа на VBA

```

Option Explicit
Const n = 150
Dim t0, t1, t2, kz1, kz2, b1, b2, z, q, vremo, qmax, qc As Double

Sub ky3oB_()
Randomize Timer
t0 = 42
t1 = 0: t2 = 0: kz1 = 0: kz2 = 0: b1 = 0: b2 = 0: z = 0: q = 1: vremo = 0: qmax = 1: qc = 0
  While z < n
    If q > qmax Then qmax = q
    If t0 <= 0 Then
      q = q + 1
      t0 = 42
    Else
      t0 = t0 - 1
    End If
    If ((q > 0) And (t1 <= 0) And (t2 <= 0)) Then
      q = q - 1
      z = z + 1
      t1 = 40 + Int(Rnd * 16) - 8
      t2 = 40 + Int(Rnd * 16) - 8
      b1 = b1 + t1
      b2 = b2 + t2
    Else
      If t1 > 0 Then
        t1 = t1 - 1
      End If
      If t2 > 0 Then
        t2 = t2 - 1
      End If
    End If
    vremo = vremo + 1
    qc = qc + q
  Wend
  Application.Cells(1, 2) = "vremo"
  Application.Cells(2, 2) = "z"
  Application.Cells(3, 2) = "kz1"
  Application.Cells(4, 2) = "kz2"
  Application.Cells(5, 2) = "q"
  Application.Cells(6, 2) = "qc"
  Application.Cells(7, 2) = "qmax"
  Application.Cells(8, 2) = "b1"
  Application.Cells(9, 2) = "b2"

  kz1 = (b1 / vremo) * 100
  kz2 = (b2 / vremo) * 100

  Application.Cells(1, 3) = vremo
  Application.Cells(2, 3) = z
  Application.Cells(3, 3) = kz1

```

```

Application.Cells(4, 3) = kz2
Application.Cells(5, 3) = q
Application.Cells(6, 3) = qc / vremo
Application.Cells(7, 3) = qmax
Application.Cells(8, 3) = b1
Application.Cells(9, 3) = b2

```

End Sub

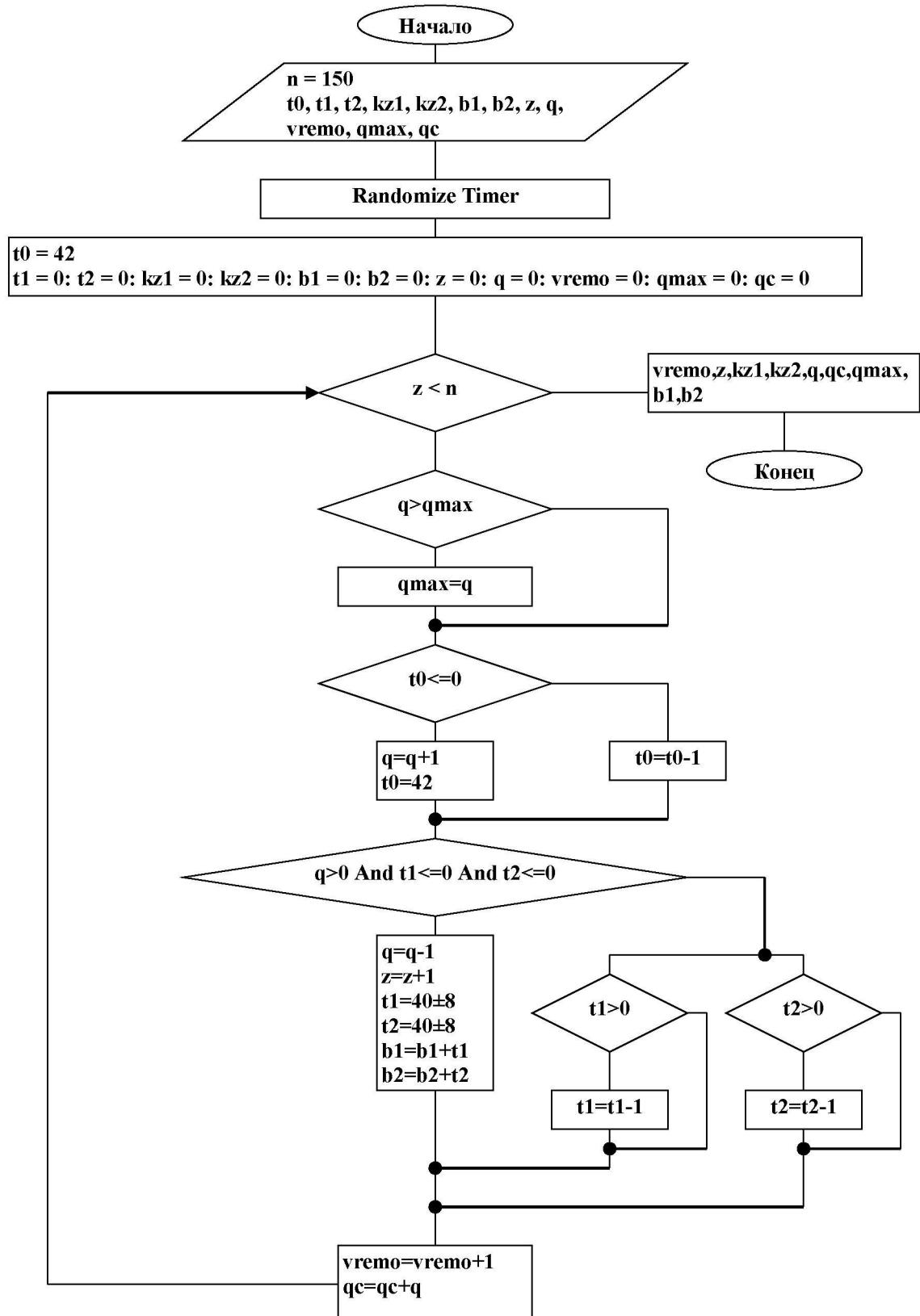


Рис. 1.

Алгоритм модели

Выше представленная схема (рис. 1) описывает процесс сварки двумя рабочими правой и левой стороны кузова. Вначале текста программы происходит декларация глобальных переменных, далее начинается непосредственно сама программа для моделирования внутри которой, происходит генерация случайных чисел имеющих равномерный закон распределения. Для генерации случайных чисел производится активация датчика случайных чисел «Randomize Timer». Далее производится обнуление локальных переменных и задается время поступления новых агрегатов, для того чтобы расчеты каждой новой случайной реализации велись в одинаковых условиях.

Цикл While...Wend используется для контролирования выполнения плана, то есть если число обработанных кузовов достигнет числа указанного в нормативе задания, то моделирование заканчивается, и выводятся результаты. Для контролирование длины максимальной очереди используется условие не превышение длины текущей очереди длины максимальной очереди. При выполнении этого условия длина максимальной очереди становится равной длине текущей.

Поступающие заявки сразу становятся в очередь, откуда потом и попадают на обслуживание. Размер накопителя неограничен и не поставлено условие максимального ожидания заявки обслуживания. При истечении времени поступления заявки длина текущей очереди увеличивается на одну единицу и задается новое время поступления очередной заявки.

Если очередь не пуста и рабочие не заняты, то они приступают к обслуживанию новой заявки. При этом происходит уменьшение текущей очереди на одну единицу, с помощью датчика случайных чисел генерируется время обработки кузова для каждого из рабочих, а также ведется учет количества обработанных кузовов и суммарное затраченное время на обработку этих кузовов каждым рабочим. Далее ведется учет общего времени работы системы, а также контролируется средняя длина очереди к рабочим.

Результаты моделирования

Результаты моделирования представлены в таблице 1.

Таблица 1

Общее время работы системы	vremo	6482
Количество обработанных кузовов	z	150
Коэффициент занятости первого рабочего	kz1	91,79266
Коэффициент занятости второго рабочего	kz2	90,37334
Текущая очередь к рабочим	q	0
Средняя очередь к рабочим	qc	0,444153
Максимальная очередь к рабочим	qmax	1
Общее время работы первого рабочего	b1	5950
Общее время работы второго рабочего	b2	5858

Выводы

В результате моделирования работ по сварке кузовов получили следующие результаты.

Нормативное задание по сварке 150 кузовов было выполнено за 6482 минуты (108 часов) при этом суммарное время работы первого рабочего равно 5950 минут, а второго 5858 минут.

Коэффициент занятости первого рабочего равен 92%, а второго 90%, что говорит о близости работы системы к оптимальному.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

- 1) Провести моделирование случайной величины X с равномерным законом распределения в интервале [5;11] – 5000 раз. Результаты вывести в Excel. Найти значение функции распределения и плотности вероятности и построить их графики.
- 2) Провести моделирование случайной величины X с показательным законом распределения с параметром $\lambda=1/15$ – 5000 раз. Результаты вывести в Excel. Найти значение функции распределения и плотности вероятности и построить их графики.
- 3) Провести моделирование случайной величины X с нормальным законом распределения с параметрами $a=10$, $\sigma=3$ – 5000 раз. Результаты вывести в Excel. Найти значение плотности вероятности и построить их графики.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Постановка задачи

Провести имитационное моделирование обработки деталей на механическом участке. Поступающие детали сначала обрабатываются на трех токарных станках, в случае занятости которых детали помещаются в накопитель. Завершающую обработку проводят на двух шлифовальных станках. Если шлифовальный станок занят, то детали также помещаются в накопитель. Поступление деталей подчиняется равномерному закону с интервалом 9 ± 3 минут, а обработка на первом токарном станке с интервалом 26 ± 6 минут, на втором - 36 ± 6 минут и на третьем - 20 ± 6 минут. Обработка на первом шлифовальном станке с интервалом 16 ± 3 , а на втором - 20 ± 4 . Распределение всех интервалов считать равномерным. Оценить среднее число деталей в обоих накопителях в течении месяца работы. Месячный фонд времени при двухсменной работе равен 19320 минут.

Произвести имитационный эксперимент, заключающийся в варьировании времени поступления очередной детали от 3 ± 3 минут до 18 ± 3 минут (с шагом в 3 минуты). Поострить графики зависимости среднего коэффициента занятости станков и размера средней очереди от времени поступления детали.

Обозначения

t – входной параметр, месячный фонд времени;

t_0 – параметр, определяющий интервал поступления деталей;

t_1 – параметр, определяющий интервал обработки детали на первом токарном станке;

t_2 – параметр, определяющий интервал обработки детали на втором токарном станке;

t_3 – параметр, определяющий интервал обработки детали на третьем токарном станке;

t_4 – параметр, определяющий интервал обработки детали на первом шлифовальном станке;

t_5 – параметр, определяющий интервал обработки детали на втором шлифовальном станке;

q_1 – выходной параметр, текущая очередь к токарным станкам;

q_2 – выходной параметр, текущая очередь к шлифовальным станкам;

qc_1 – выходной параметр, средняя очередь к токарным станкам;

qc_2 – выходной параметр, средняя очередь к шлифовальным станкам;

$vремо$ – выходной параметр, общее время работы системы;
 z_1 – выходной параметр, число обработанных деталей первым токарным станком;
 z_2 – выходной параметр, число обработанных деталей вторым токарным станком;
 z_3 – выходной параметр, число обработанных деталей третьим токарным станком;
 z_4 – выходной параметр, число обработанных деталей первым шлифовальным станком;
 z_5 – выходной параметр, число обработанных деталей вторым шлифовальным станком;

Словесное описание алгоритма решения

В выше поставленной задаче рассматривается производственный процесс обработки деталей на механическом участке. Трехканальная система массового обслуживания с переходом в двухканальную больше подойдет для описание работы этого механического участка.

Для компьютерной реализации данной модели был выбран язык программирования VBA. Блок-схему и текст программы можно увидеть ниже.

В начале текста программы производится декларация глобальных переменных. Далее активируется датчик случайных чисел и производится обнуление локальных переменных, для того чтобы расчеты каждой случайной реализации велись в одинаковых условиях. Цикл While...Wend используется для контролирования истечения месячного фонда времени, в случае если время истекло, то система покидает моделирование и выводятся результаты.

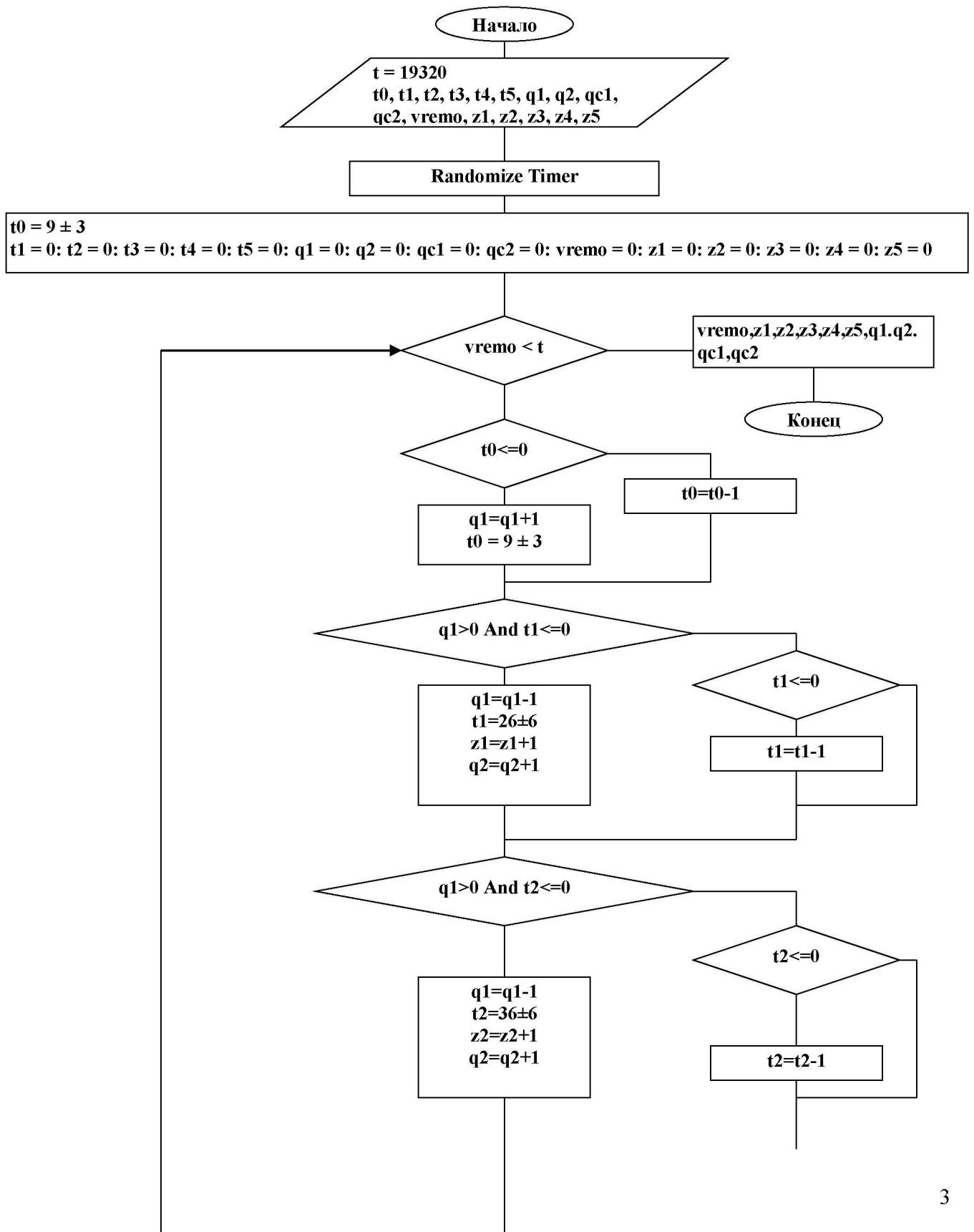
Далее через оператор условия If...Then....Else....End If контролируется поступление очередной детали на обслуживание, если сгенерированное заранее время истекло, то это означает, что поступила новая заявка в СМО. Поступившая деталь сразу укладывается в накопитель к трехканальной системе, и генерируется новое время поступления очередной заявки.

Если очередь к трехканальной системе не пуста и хотя бы один из трех токарных станков не заняты, то деталь берется на обслуживание соответствующим станком, при этом текущая очередь уменьшается на одну деталь, а очередь к двухканальной системе увеличивается на одну единицу, также ведется учет количества обработанных деталей соответствующим станком.

Если очередь к двухканальной системе не пуста и хотя бы один из двух шлифовальных станков не заняты, то деталь из накопителя берется на обработку соответствующим станком. При этом текущая очередь к двухканальной системе

уменьшается на одну деталь и ведется учет числа обработанных деталей соответствующим шлифовальным станком.

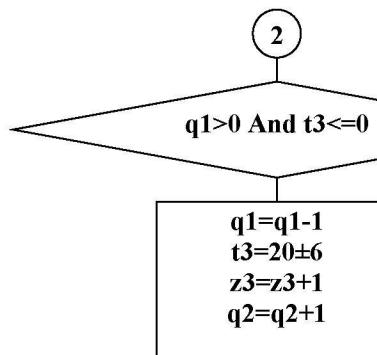
Далее общее время работы системы увеличивается на одну минуту и ведется учет средних очередей к трехканальной и двухканальной системе. Процесс зацикливается.



1

2

1



t3<=0

t3=t3-1

t4<=0

t4=t4-1

t5<=0

t5=t5-1

vremo=vremo+1
qc1=qc1+q1
qc2=qc2+q2

Программа на VBA

Option Explicit

Const t = 19320

Dim t0, t1, t2, t3, t4, t5, q1, q2, qc1, qc2, vremo, z1, z2, z3, z4, z5 As Double

Sub CMO_0

Randomize Timer

t0 = 9 + Int(Rnd * 6) - 3

t1 = 0: t2 = 0: t3 = 0: t4 = 0: t5 = 0: q1 = 0: q2 = 0: qc1 = 0: qc2 = 0: vremo = 0: z1 = 0:
z2 = 0: z3 = 0: z4 = 0: z5 = 0:

While vremo < t

If t0 <= 0 Then

q1 = q1 + 1

t0 = 9 + Int(Rnd * 6) - 3

Else

t0 = t0 - 1

End If

If q1 > 0 And t1 <= 0 Then

q1 = q1 - 1

t1 = 26 + Int(Rnd * 12) - 6

z1 = z1 + 1

q2 = q2 + 1

Else

If t1 > 0 Then

t1 = t1 - 1

End If

End If

If q1 > 0 And t2 <= 0 Then

q1 = q1 - 1

t2 = 36 + Int(Rnd * 12) - 6

z2 = z2 + 1

q2 = q2 + 1

Else

If t2 > 0 Then

t2 = t2 - 1

End If

End If

If q1 > 0 And t3 <= 0 Then

q1 = q1 - 1

t3 = 20 + Int(Rnd * 12) - 6

z3 = z3 + 1

q2 = q2 + 1

Else

If t3 > 0 Then

t3 = t3 - 1

End If

End If

If q2 > 0 And t4 <= 0 Then

q2 = q2 - 1

t4 = 16 + Int(Rnd * 6) - 3

z4 = z4 + 1

Else

If t4 > 0 Then

t4 = t4 - 1

End If

End If

If q2 > 0 And t5 <= 0 Then

q2 = q2 - 1

t5 = 20 + Int(Rnd * 8) - 4

z5 = z5 + 1

Else

If t5 > 0 Then

t5 = t5 - 1

End If

```

        End If
        vremo = vremo + 1
        qc1 = qc1 + q1
        qc2 = qc2 + q2
    Wend
    Application.Cells(1, 2) = "vremo"
    Application.Cells(2, 2) = "z1"
    Application.Cells(3, 2) = "z2"
    Application.Cells(4, 2) = "z3"
    Application.Cells(5, 2) = "z4"
    Application.Cells(6, 2) = "z5"
    Application.Cells(7, 2) = "q1"
    Application.Cells(8, 2) = "q2"
    Application.Cells(9, 2) = "qc1"
    Application.Cells(10, 2) = "qc2"

    Application.Cells(1, 3) = vremo
    Application.Cells(2, 3) = z1
    Application.Cells(3, 3) = z2
    Application.Cells(4, 3) = z3
    Application.Cells(5, 3) = z4
    Application.Cells(6, 3) = z5
    Application.Cells(7, 3) = q1
    Application.Cells(8, 3) = q2
    Application.Cells(9, 3) = qc1 / vremo
    Application.Cells(10, 3) = qc2 / vremo
End Sub

```

Вывод результатов

Результаты удобно представить в виде таблицы (табл. 1).

Таблица 1

Общее время работы системы	vremo	19320
Число деталей обслуженных первым токарным станком	z1	691
Число деталей обслуженных вторым токарным станком	z2	503
Число деталей обслуженных третьим токарным станком	z3	834
Число деталей обслуженных первым шлифовальным станком	z4	1122
Число деталей обслуженных вторым шлифовальным станком	z5	905
Текущая очередь к токарным станкам	q1	1

Текущая очередь к шлифовальным станкам	q2	1
Средняя очередь к токарным станкам	qc1	0,292184265
Средняя очередь к шлифовальным станкам	qc2	0,660248447

Выводы

В результате имитационного моделирования выше поставленной задачи получили, что за месячный фонд времени, равным 19320 минутам, было обработано 2027 деталей. При этом средняя очередь к трехканальной системе не превысила 0,3 детали, а к двухканальной системе 0,7 деталей, что являются хорошими показателем эффективности работы всей системы в целом.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

Постановка задачи

Составить программу имитационного моделирования обработки деталей на двух станках. Поступающие детали передаются на обработку на первый станок, в случае его занятости детали передаются на второй станок, если оба заняты, то детали становятся в очередь. После обработки на одном из станков детали покидают систему. Поступление деталей подчиняется равномерному закону с интервалом 8 ± 3 минут, а обработка – равномерному закону с интервалом $x \pm 4$ минуты на первом станке и 20 ± 6 минут на втором станке. Провести моделирование для $x = 10, 12, 14, 16, 18$ минут. Оценить длины средней qc и максимальной qm очередей к станкам в течение месяца работы. Построить графики зависимостей $qc(x)$ и $qm(x)$. Месячный фонд времени t при двухсменной работе равен 19320 мин.

Введем обозначения

- t** - месячный фонд времени равный 19320 мин;
vremo - общее время проработанное в системе, мин;
x - изменяемый параметр, определяющий интервал обработки деталей первым станком, мин;
t0 - интервал поступление деталей в систему, мин;
t1 - время необходимое первому станку для обработки детали, мин;
t2 - время необходимое второму станку для обработки детали, мин;
b1 - суммарное время работы первого станка, мин;
b2 - суммарное время работы второго станка, мин;
z1 - количество деталей обработанных на первом станке, шт;
z2 - количество деталей обработанных на втором станке, шт;
z - общее число деталей поступивших в систему, шт;
q - длина текущей очереди, шт;
qm - длина максимальной очереди, шт;
qc - длина средней очереди, шт.

Программа на VBA

```
Option Explicit
Const t = 19320
Dim x, vremo, t0, t1, t2, b1, b2, z1, z2, z, qm, qc, q As Double
```

```
Sub Лист2_Кнопка1_Щелкнуть()
Randomize Timer
x = 10
While x <= 18
    t0 = 8 + Int(Rnd * 6) - 3
    b1 = 0: b2 = 0: t1 = 0: t2 = 0: q = 1: qm = 1: qc = 1: vremo = 0: z1 = 0: z2 = 0: z = 1
```

```

While vremo < t
    If qm < q Then qm = q
    If ((t0 <= 0) And (t1 <= 0)) Or ((q > 0) And (t1 <= 0)) Then
        q = q - 1
        z1 = z1 + 1
        t1 = x + Int(Rnd * 8) - 4
        b1 = b1 + t1
    Else
        t1 = t1 - 1
    End If
    If ((t0 <= 0) And (t2 <= 0)) Or ((q > 0) And (t2 <= 0)) Then
        q = q - 1
        z2 = z2 + 1
        t2 = 20 + Int(Rnd * 12) - 6
        b2 = b2 + t2
    Else
        t2 = t2 - 1
    End If
    If t0 <= 0 Then
        z = z + 1
        q = q + 1
        t0 = 8 + Int(Rnd * 6) - 3
        qc = qc + q
    End If
    vremo = vremo + 1
    t0 = t0 - 1
Wend
Application.Cells(2, x - 8) = "vremo="
Application.Cells(3, x - 8) = "x="
Application.Cells(4, x - 8) = "b1="
Application.Cells(5, x - 8) = "b2="
Application.Cells(6, x - 8) = "z1="
Application.Cells(7, x - 8) = "z2="
Application.Cells(8, x - 8) = "qc="
Application.Cells(9, x - 8) = "qm="
Application.Cells(10, x - 8) = "q="
Application.Cells(11, x - 8) = "z1+z2="
Application.Cells(12, x - 8) = "z="
Application.Cells(2, x - 7) = vremo
Application.Cells(3, x - 7) = x
Application.Cells(4, x - 7) = b1
Application.Cells(5, x - 7) = b2
Application.Cells(6, x - 7) = z1
Application.Cells(7, x - 7) = z2
Application.Cells(8, x - 7) = qc / vremo
Application.Cells(9, x - 7) = qm
Application.Cells(10, x - 7) = q
Application.Cells(11, x - 7) = z1 + z2
Application.Cells(12, x - 7) = z
x = x + 2
Wend
End Sub

```

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

Постановка задачи

Разработать алгоритм и программу для имитационного моделирования процесса прохождения деталей двух типов А и В. Поступление деталей типа А происходит в интервале 10 ± 1 минут, а поступление деталей В – в интервале 18 ± 4 минут. В случае занятости рабочего детали образуют очередь. При этом детали каждого типа свою. Детали типа В имеют приоритет в очереди на обработку. Обработку деталей производит один рабочий, затрачивая на деталь любого типа 9 ± 2 минут. Все времена подчиняются равномерному закону распределения. В результате моделирования требуется определить коэффициент занятости рабочего, число отказов в приеме деталей типа В, среднее и максимальное длины очередей деталей, количество обработанных деталей типа А и типа В, в течении односменной работы. Односменная работа равна 480 мин.

Введем обозначения

tt – фонд рабочего времени, мин;
i – переменная для организации цикла;
vremo – общее время работы системы, мин;
t1 – время обработки деталей рабочим, мин;
tpa – интервал поступления деталей типа А, мин;
tpb – интервал поступления деталей типа В, мин;
b1 – общее время работы рабочего, мин;
z1 – число деталей поступивших в систему типа А, шт;
z2 – число деталей поступивших в систему типа В, шт;
za – число обработанных деталей типа А, шт;
zb – число обработанных деталей типа В, шт;
q1max – максимальная очередь деталей типа А, шт;
q2max – максимальная очередь деталей типа А, шт;
qa – длина текущей очереди детали типа А, шт;
qb – длина текущей очереди детали типа А, шт;
sum a – сумма длины очереди типа А, шт;
sum b – сумма длины очереди типа А, шт;
logic – логическая переменная для определения типа обработанной детали.

Программа на VBA

```
Option Explicit
Const tt = 480
Dim sumb, suma, vremo, t1, tpa, tpb, b1, z1, z2, q2max, q1max, qa, qb, za, zb As Double
Dim i As Integer
Dim logic As Byte

Sub Лист4_Кнопка1_Щелкнуть()
    Randomize Timer
```

```

t1 = 0: b1 = 0: tpa = 0: tpb = 0: q1max = 0: q2max = 0: vremo = 0: qa = 0: qb = 0:
z1 = 0: z2 = 0: za = 0: zb = 0: suma = 0: sumb = 0: logic = 0
tpa = 10 + Int(Rnd * 2) - 1
tpb = 18 + Int(Rnd * 8) - 4
z1 = z1 + 1
z2 = z2 + 1
qa = qa + 1
t1 = 9 + Int(Rnd * 4) - 2
logic = 2
If t1 >= 0 Then
    b1 = b1 + 1
    t1 = t1 - 1
End If
If q1max < qa Then q1max = qa
If q2max < qb Then q2max = qb
vremo = vremo + 1
tpa = tpa - 1
tpb = tpb - 1
suma = suma + qa
sumb = sumb + qa
While vremo <= tt - 1
    If tpb <= 0 Then
        tpb = 18 + Int(Rnd * 8) - 4
        z2 = z2 + 1
        qb = qb + 1
    End If
    If tpa <= 0 Then
        tpa = 10 + Int(Rnd * 2) - 1
        z1 = z1 + 1
        qa = qa + 1
    End If
    If t1 = 1 And logic = 2 Then zb = zb + 1
    If t1 = 1 And logic = 1 Then za = za + 1
    If qb > 0 And t1 <= 0 Then
        qb = qb - 1
        t1 = 9 + Int(Rnd * 4) - 2
        logic = 2
    End If
    If qa > 0 And t1 <= 0 Then
        qa = qa - 1
        t1 = 9 + Int(Rnd * 4) - 2
        logic = 1
    End If
    If t1 <= 0 Then logic = 0
    If t1 > 0 Then
        b1 = b1 + 1
        t1 = t1 - 1
    End If
    If q1max < qa Then q1max = qa
    If q2max < qb Then q2max = qb
    suma = suma + qa
    sumb = sumb + qb
    vremo = vremo + 1
    tpa = tpa - 1
    tpb = tpb - 1
Wend
Application.Cells(2, 2) = "vremo="
Application.Cells(3, 2) = "b1="
Application.Cells(4, 2) = "kz="
Application.Cells(5, 2) = "z1="
Application.Cells(6, 2) = "z2="
Application.Cells(7, 2) = "za="
Application.Cells(8, 2) = "zb="

```

```

Application.Cells(9, 2) = "qa="
Application.Cells(10, 2) = "qb="
Application.Cells(11, 2) = "q1max="
Application.Cells(12, 2) = "q2max="
Application.Cells(13, 2) = "q1m="
Application.Cells(14, 2) = "q2m="
Select Case logic
Case 0
    Application.Cells(15, 2) = "Нет деталей"
Case 1
    Application.Cells(15, 2) = "Не обработана деталь типа а"
Case 2
    Application.Cells(15, 2) = "Не обработана деталь типа б"
End Select
Application.Cells(2, 3) = vremo
Application.Cells(3, 3) = b1
Application.Cells(4, 3) = b1 / vremo * 100
Application.Cells(5, 3) = z1
Application.Cells(6, 3) = z2
Application.Cells(7, 3) = za
Application.Cells(8, 3) = zb
Application.Cells(9, 3) = qa
Application.Cells(10, 3) = qb
Application.Cells(11, 3) = q1max
Application.Cells(12, 3) = q2max
Application.Cells(13, 3) = suma / vremo
Application.Cells(14, 3) = sumb / vremo
End Sub

```

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

Постановка задачи.

Составить алгоритм и программу для имитационного моделирования следующего производственного процесса. На двух одинаковых станках производится обработка деталей с интервалом 16 ± 3 минуты на каждом. По технологическим причинам станки останавливают через интервал 300 ± 120 минут. На восстановительные работы требуется 45 ± 15 минут. Детали для обработки берутся из входного накопителя, емкость которого не ограничена, а поступление деталей в накопитель происходит через интервал $x\pm2$ минут. Распределение всех времен в указанных интервалах равномерно. Оценить среднее и максимальное число деталей в накопителе в зависимости от $x=5, 6, 7, 8, 9, 10$ в течение месяца работы. Построить графики. Месячный фонд времени t при двухсменной работе равен 19320 минут.

Для моделирования задачи СМО с накоплением очереди и восстановительными работами введем обозначения:

- t** - месячный фонд времени равный 19320 минутам;
- $vremo$** - общее время проработанное в системе;
- x** - изменяемый параметр, определяющий интервал поступление деталей в систему;
- $t0$** - интервал поступление деталей в систему;
- $t1$** - время необходимое первому станку для обработки детали;
- $t2$** - время необходимое второму станку для обработки детали;
- $t3$** - интервал наступления восстановительных работ;
- $t4$** - время необходимое на восстановительные работы;
- $b1$** - суммарное время работы первого станка;
- $b2$** - суммарное время работы второго станка;
- $b3$** - суммарное время проведенных восстановительных работ,
- $z1$** - количество деталей обработанных на первом станке;
- $z2$** - количество деталей обработанных на втором станке;
- z** - общее число деталей поступивших в систему;
- q** - длина текущей очереди;
- qm** - длина максимальной очереди;
- qc** - длина средней очереди;
- res** - общее количество проведенных восстановительных работ (англ. restoration – «восстановительные работы»).

Так как переменная x является изменяемым параметром, определяющим интервал поступления деталей в систему, то она принимает различные значения. Следовательно, нужно организовать цикл перебора этих значений,

кроме этого, так как задан определенный месячный фонд равный 19320 минут при двухсменной работе станков, необходимо организовать цикл моделирования работ системы в течение одного месяца.

В начале алгоритма организуем цикл перебора значений x , начиная с пяти и постепенно прибавляя по одной единице. Покидаем моделирование, если значение изменяемого параметра будет больше 10. Сгенерируем время поступления следующей детали и время наступления восстановительных работ, введем исходные значения начальных параметров, предполагая, что в начальный момент уже поступила деталь, а значит длина текущей, максимальной и средней очереди равна единице. Далее организуем цикл истечения месячного фонда времени, он должен быть больше значения общего времени проработанного в системе, включаем в цикл этого истечения шесть логических проверок:

1) Наступило ли время восстановительных работ, если оно наступило, то генерируем время наступления восстановительных работ и время необходимое для проведения восстановительных работ, прибавляем к общему количеству проведенных восстановительных работ одну единицу и увеличиваем суммарное время проведенных восстановительных работ на сгенерированную величину времени проведения восстановительных работ. Если это время не наступило, то уменьшаем сгенерированное время наступления восстановительных работ на одну минуту.

2) Накопившаяся очередь контролируется по предыдущему максимальному значению, если достигнуто его превышение, то текущая очередь считается максимальной с начала моделирования.

3) Если поступила очередная деталь и первый станок свободен, и не ведутся восстановительные работы или очередь не пустая и первый станок свободен, и не ведутся восстановительные работы, то первый станок забирает деталь на обработку. При этом уменьшаем текущую очередь на одну единицу, генерируем время обработки детали на первом станке, прибавляем сгенерированное время к суммарному времени работы первого станка и увеличиваем общее число обработанных первым станком деталей на одну единицу. Если это не так то уменьшаем время обработки на первом станке на одну единицу, при условии что восстановительные работы не ведутся.

4) Если поступила очередная деталь и второй станок свободен, и не ведутся восстановительные работы или очередь не пустая и второй станок свободен, и не ведутся восстановительные работы, то второй станок забирает деталь на обработку. При этом уменьшаем текущую очередь на одну единицу, генерируем время обработки детали на втором станке, прибавляем сгенерированное время к суммарному времени работы второго станка и увеличиваем общее число обработанных вторым станком деталей на одну единицу. Если это не так то уменьшаем время обработки на втором станке на одну единицу, при условии что восстановительные работы не ведутся.

5) Если оба станка заняты или ведутся восстановительные работы, и поступила очередная деталь, то увеличиваем текущую очередь на одну единицу, генерируем время поступления очередной детали, прибавляем к общему числу поступивших в систему деталей одну единицу.

6) Если ведутся восстановительные работы, то уменьшаем сгенерированное время проведения восстановительных работ на одну минуту.

Далее увеличиваем общее время проработанное в системе на одну минуту, уменьшаем время поступления деталей на одну минуту и проверяем не истек ли месячный фонд времени. Зацикливаем процесс истечения фонда времени, кроме этого за циклом выводятся результаты для текущего значения x , затем изменяется x на одну единицу и проводится повторное моделирование.

Программирование задачи СМО с накоплением очереди и восстановительными работами на VBA.

```
Option Explicit
Const t = 19320
Dim vremo, x, t0, t1, t2, t3, t4, b3, b1, b2, z1, z2, z, qm, qc, q, res As Double
```

```
Sub Кнопка1_Щелкнуть()
Randomize Timer
x = 5
While x <= 10
t0 = x + Int(Rnd * 4) - 2
t3 = 300 + Int(Rnd * 240) - 120
b1 = 0: b2 = 0: b3 = 0: z1 = 0: z2 = 0: z = 1: qm = 1: qc = 1: q = 1:
vremo = 0: t4 = 0: res = 0: t1 = 0: t2 = 0
While vremo < t
If t3 <= 0 Then
t3 = 300 + Int(Rnd * 240) - 120
res = res + 1
t4 = 45 + Int(Rnd * 30) - 15
b3 = b3 + t4

Else
t3 = t3 - 1
End If
If qm < q Then qm = q
If ((t0 <= 0) And (t1 <= 0) And (t4 <= 0)) Or ((q > 0) And (t1 <= 0)
And (t4 <= 0)) Then
q = q - 1
t1 = 16 + Int(Rnd * 6) - 3
z1 = z1 + 1
b1 = b1 + t1
Else
If t4 <= 0 Then
t1 = t1 - 1
```

```

End If
End If
If ((t0 <= 0) And (t2 <= 0) And (t4 <= 0)) Or ((q > 0) And (t2 <= 0)
And (t4 <= 0)) Then
    q = q - 1
    t2 = 16 + Int(Rnd * 6) - 3
    z2 = z2 + 1
    b2 = b2 + t2
Else
    If t4 <= 0 Then
        t2 = t2 - 1
    End If
    End If
    If t0 <= 0 Then
        q = q + 1
        t0 = x + Int(Rnd * 4) - 2
        z = z + 1
        qc = qc + q
    End If
    If t4 > 0 Then
        t4 = t4 - 1
    End If
    vremo = vremo + 1
    t0 = t0 - 1
Wend
Application.Cells(2, x - 3) = "vremo="
Application.Cells(4, x - 3) = "x="
Application.Cells(6, x - 3) = "b1="
Application.Cells(8, x - 3) = "b2="

```

```

Application.Cells(10, x - 3) = "b3="
Application.Cells(12, x - 3) = "z1="
Application.Cells(14, x - 3) = "z2="
Application.Cells(16, x - 3) = "z1+z2="
Application.Cells(18, x - 3) = "qc="
Application.Cells(20, x - 3) = "qm="
Application.Cells(22, x - 3) = "q="
Application.Cells(24, x - 3) = "z="
Application.Cells(26, x - 3) = "res="

```

```

Application.Cells(3, x - 3) = vremo
Application.Cells(5, x - 3) = x
Application.Cells(7, x - 3) = b1

```

```
Application.Cells(9, x - 3) = b2
Application.Cells(11, x - 3) = b3
Application.Cells(13, x - 3) = z1
Application.Cells(15, x - 3) = z2
Application.Cells(17, x - 3) = z1 + z2
Application.Cells(19, x - 3) = qc / vremo
Application.Cells(21, x - 3) = qm
Application.Cells(23, x - 3) = q
Application.Cells(25, x - 3) = z
Application.Cells(27, x - 3) = res
x = x + 1
Wend
End Sub
```

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

Концептуальная модель

Составить программу на любом языке программирования для имитационного моделирования обработки деталей рабочим, выполняющим сверление шести отверстий диаметром 20 мм со временем 80 ± 10 секунд каждое и восьми отверстий диаметром 5 мм со временем 50 ± 10 секунд каждое. Поступление деталей к рабочему происходит в интервале 15 ± 2 минуты. Все времена подчиняются равномерному закону распределения. Оценить среднюю и максимальную очереди к рабочему в течении 8 часов работы.

Алгоритм модели

Для компьютерной реализации данной модели был выбран Excel, а в качестве языка программирования рассматриваемого процесса выбран VBA.

В модели рассматривается процесс обработки детали рабочим при проделывании определенной совокупности действий, которое включает сверление четырнадцати отверстий заранее заданного диаметра. При этом известно, с каким средним временем рабочий может просверлить каждое отверстие. Также известно среднее время поступления самих деталей к рабочему для обработки.

Схема одноканальной системы массового обслуживания больше подходит для описания выше изложенной задачи. Так как имеется поток заявок желающих быть обслуженными, имеется рабочий, который способен обслуживать заявки, а также имеется определенный набор правил обслуживания заявки. То есть рабочий может приступить к сверлению следующего отверстия, только если он закончил сверлить предыдущие, к тому же сверления четырнадцати отверстий происходит в заданной последовательности. Сначала происходит сверление первых шести отверстий диаметром 20 мм, а потом оставшихся восьми диаметром 5 мм.

Поступающие на обработку детали сразу укладываются в накопитель, который имеет неограниченный размер, и заявки не имеют максимального времени ожидания обслуживания, то есть ни одна заявка, поступившая на обслуживание, не покинет систему пока не пройдет через рабочего. Рабочий, если он не занят, обращается к накопителю и если он обнаруживает, что очередь не пуста, то берет деталь на обслуживание.

Также известно суточная норма занятости рабочего, то есть время начала и время конца работы, чтобы расчет каждой случайной реализации проходили в одинаковых условиях.

Расшифровка параметров

t – входной параметр, плановое время работы;

t_0 – параметр определяемый при моделировании случайной величины распределенной по равномерному закону распределения и означающий интервал поступления деталей к рабочему;

t_1 – параметр определяемый при моделировании время на сверления первого отверстия диаметром 20 мм;

t_2 – параметр определяемый при моделировании время на сверления второго отверстия диаметром 20 мм;

t_3 – параметр определяемый при моделировании время на сверления третьего отверстия диаметром 20 мм;

t_4 – параметр определяемый при моделировании время на сверления четвертого отверстия диаметром 20 мм;

t_5 – параметр определяемый при моделировании время на сверления пятого отверстия диаметром 20 мм;

t_6 – параметр определяемый при моделировании время на сверления шестого отверстия диаметром 20 мм;

t_7 – параметр определяемый при моделировании время на сверления первого отверстия диаметром 5 мм;

t_8 – параметр определяемый при моделировании время на сверления второго отверстия диаметром 5 мм;

t_9 – параметр определяемый при моделировании время на сверления третьего отверстия диаметром 5 мм;

t_{10} – параметр определяемый при моделировании время на сверления четвертого отверстия диаметром 5 мм;

t_{11} – параметр определяемый при моделировании время на сверления пятого отверстия диаметром 5 мм;

t_{12} – параметр определяемый при моделировании время на сверления шестого отверстия диаметром 5 мм;

t_{13} – параметр определяемый при моделировании время на сверления седьмого отверстия диаметром 5 мм;

t_{14} – параметр определяемый при моделировании время на сверления восьмого отверстия диаметром 5 мм;

$vremo$ – выходной параметр, общее время работы системы;

q – выходной параметр, длина текущей очереди к рабочему;

qm – выходной параметр, длина максимальной очереди к рабочему;

qc – выходной параметр, длина средней очереди к рабочему;

$z1$ – выходной параметр, число поступивших для обработки деталей;

z – выходной параметр, общее число обработанных деталей

$b1$ – выходной параметр, суммарное время сверление рабочим 1-ого отверстия диаметром 20 мм;

$b2$ – выходной параметр, суммарное время сверление рабочим 2-ого отверстия диаметром 20 мм;

$b3$ – выходной параметр, суммарное время сверление рабочим 3-ого отверстия диаметром 20 мм;

$b4$ – выходной параметр, суммарное время сверление рабочим 4-ого отверстия диаметром 20 мм;

$b5$ – выходной параметр, суммарное время сверление рабочим 5-ого отверстия диаметром 20 мм;

$b6$ – выходной параметр, суммарное время сверление рабочим 6-ого отверстия диаметром 20 мм;

$b7$ – выходной параметр, суммарное время сверление рабочим 1-ого отверстия диаметром 5 мм;

$b8$ – выходной параметр, суммарное время сверление рабочим 2-ого отверстия диаметром 5 мм;

$b9$ – выходной параметр, суммарное время сверление рабочим 3-ого отверстия диаметром 5 мм;

$b10$ – выходной параметр, суммарное время сверление рабочим 4-ого отверстия диаметром 5 мм;

$b11$ – выходной параметр, суммарное время сверление рабочим 5-ого отверстия диаметром 5 мм;

$b12$ – выходной параметр, суммарное время сверление рабочим 6-ого отверстия диаметром 5 мм;

$b13$ – выходной параметр, суммарное время сверление рабочим 7-ого отверстия диаметром 5 мм;

$b14$ – выходной параметр, суммарное время сверление рабочим 8-ого отверстия диаметром 5 мм;

$logic$ – логическая переменная определяющая состояние процесса обработки деталей рабочим и характеризующая конец и начало обработки детали.

Текст программы на VBA

```
Option Explicit
Const t = 2880
Dim vremo, t0, t1, t2, t3, t4, t5, t6, t7, t8, t9, t10, t11, t12, t13, t14, q, z1, qm, qc, z, b1, b2, b3, b4, b5, b6, b7,
b8, b9, b10, b11, b12, b13, b14 As Double
Dim logic As Byte
Sub Модель_0
Randomize Timer
t0 = 90 + Int(Rnd * 24) - 12
vremo = 0: z1 = 1: t1 = 0: t2 = 0: t3 = 0: t4 = 0: t5 = 0: t6 = 0: t7 = 0: t8 = 0: t9 = 0: t10 = 0: t11 = 0: t12 = 0:
t13 = 0: t14 = 0: q = 1: qm = 1: qc = 1: z = 0: b1 = 0: b2 = 0: b3 = 0: b4 = 0: b5 = 0: b6 = 0: b7 = 0: b8 = 0: b9 = 0:
b10 = 0: b11 = 0: b12 = 0: b13 = 0: b14 = 0: logic = 0
While vremo < t
    If qm < q Then qm = q
    If t0 <= 0 Then
        q = q + 1
        z1 = z1 + 1
        t0 = 90 + Int(Rnd * 24) - 12
    Else
        t0 = t0 - 1
    End If
    If ((q > 0) And (t1 <= 0) And (t2 <= 0) And (t3 <= 0) And (t4 <= 0) And (t5 <= 0) And (t6 <= 0) And
(t7 <= 0) And (t8 <= 0) And (t9 <= 0) And (t10 <= 0) And (t11 <= 0) And (t12 <= 0) And (t13 <= 0)
And (t14 <= 0)) Then
        q = q - 1
        t1 = 8 + Int(Rnd * 2) - 1
        b1 = b1 + t1
        z = z + 1
        logic = 1
    Else
        If t1 > 0 Then
            t1 = t1 - 1
        End If
    End If
    If ((t1 <= 0) And (logic = 1)) Then
        t2 = 8 + Int(Rnd * 2) - 1
        logic = 2
        b2 = b2 + t2
    Else
        If t2 > 0 Then
            t2 = t2 - 1
        End If
    End If
    If ((t2 <= 0) And (logic = 2)) Then
        t3 = 8 + Int(Rnd * 2) - 1
        logic = 3
        b3 = b3 + t3
    Else
        If t3 > 0 Then
            t3 = t3 - 1
        End If
    End If
    If ((t3 <= 0) And (logic = 3)) Then
        t4 = 8 + Int(Rnd * 2) - 1
        logic = 4
        b4 = b4 + t4
    Else
        If t4 > 0 Then
            t4 = t4 - 1
        End If
    End If
    If ((t4 <= 0) And (logic = 4)) Then
```

```

t5 = 8 + Int(Rnd * 2) - 1
logic = 5
b5 = b5 + t5
Else
    If t5 > 0 Then
        t5 = t5 - 1
    End If
End If
If ((t5 <= 0) And (logic = 5)) Then
    t6 = 8 + Int(Rnd * 2) - 1
    logic = 6
    b6 = b6 + t6
Else
    If t6 > 0 Then
        t6 = t6 - 1
    End If
End If
If ((t6 <= 0) And (logic = 6)) Then
    t7 = 5 + Int(Rnd * 2) - 1
    logic = 7
    b7 = b7 + t7
Else
    If t7 > 0 Then
        t7 = t7 - 1
    End If
End If
If ((t7 <= 0) And (logic = 7)) Then
    t8 = 5 + Int(Rnd * 2) - 1
    logic = 8
    b8 = b8 + t8
Else
    If t8 > 0 Then
        t8 = t8 - 1
    End If
End If
If ((t8 <= 0) And (logic = 8)) Then
    t9 = 5 + Int(Rnd * 2) - 1
    logic = 9
    b9 = b9 + t9
Else
    If t9 > 0 Then
        t9 = t9 - 1
    End If
End If
If ((t9 <= 0) And (logic = 9)) Then
    t10 = 5 + Int(Rnd * 2) - 1
    logic = 10
    b10 = b10 + t10
Else
    If t10 > 0 Then
        t10 = t10 - 1
    End If
End If
If ((t10 <= 0) And (logic = 10)) Then
    t11 = 5 + Int(Rnd * 2) - 1
    logic = 11
    b11 = b11 + t11
Else
    If t11 > 0 Then
        t11 = t11 - 1
    End If
End If
If ((t11 <= 0) And (logic = 11)) Then

```

```

t12 = 5 + Int(Rnd * 2) - 1
logic = 12
b12 = b12 + t12
Else
    If t12 > 0 Then
        t12 = t12 - 1
    End If
End If
If ((t12 <= 0) And (logic = 12)) Then
    t13 = 5 + Int(Rnd * 2) - 1
    logic = 13
    b13 = b13 + t13
Else
    If t13 > 0 Then
        t13 = t13 - 1
    End If
End If
If ((t13 <= 0) And (logic = 13)) Then
    t14 = 5 + Int(Rnd * 2) - 1
    logic = 14
    b14 = b14 + t14
Else
    If t14 > 0 Then
        t14 = t14 - 1
    End If
End If

vremo = vremo + 1
qc = qc + q
Wend
Application.Cells(1, 2) = "vremo="
Application.Cells(2, 2) = "z1="
Application.Cells(3, 2) = "z="
Application.Cells(4, 2) = "q="
Application.Cells(5, 2) = "qm="
Application.Cells(6, 2) = "qc="
Application.Cells(7, 2) = "b1="
Application.Cells(8, 2) = "b2="
Application.Cells(9, 2) = "b3="
Application.Cells(10, 2) = "b4="
Application.Cells(11, 2) = "b5="
Application.Cells(12, 2) = "b6="
Application.Cells(13, 2) = "b7="
Application.Cells(14, 2) = "b8="
Application.Cells(15, 2) = "b9="
Application.Cells(16, 2) = "b10="
Application.Cells(17, 2) = "b11="
Application.Cells(18, 2) = "b12="
Application.Cells(19, 2) = "b13="
Application.Cells(20, 2) = "b14="

Select Case logic
Case 0
    Application.Cells(21, 2) = "Нет недообработанных деталей"
Case 14
    Application.Cells(21, 2) = "Нет недообработанных деталей "
Case 1
    Application.Cells(21, 2) = "Одна недообработанная деталь"
Case 2
    Application.Cells(21, 2) = " Одна недообработанная деталь "
Case 3
    Application.Cells(21, 2) = " Одна недообработанная деталь "
Case 4

```

```

Application.Cells(21, 2) = " Одна недообработанная деталь "
Case 5
Application.Cells(21, 2) = " Одна недообработанная деталь "
Case 6
Application.Cells(21, 2) = " Одна недообработанная деталь "
Case 7
Application.Cells(21, 2) = " Одна недообработанная деталь "
Case 8
Application.Cells(21, 2) = " Одна недообработанная деталь "
Case 9
Application.Cells(21, 2) = " Одна недообработанная деталь "
Case 10
Application.Cells(21, 2) = " Одна недообработанная деталь "
Case 11
Application.Cells(21, 2) = " Одна недообработанная деталь "
Case 12
Application.Cells(21, 2) = " Одна недообработанная деталь "
Case 13
Application.Cells(21, 2) = " Одна недообработанная деталь "
End Select
Application.Cells(1, 3) = vremo
Application.Cells(2, 3) = z1
Application.Cells(3, 3) = z
Application.Cells(4, 3) = q
Application.Cells(5, 3) = qm
Application.Cells(6, 3) = qc / vremo
Application.Cells(7, 3) = b1
Application.Cells(8, 3) = b2
Application.Cells(9, 3) = b3
Application.Cells(10, 3) = b4
Application.Cells(11, 3) = b5
Application.Cells(12, 3) = b6
Application.Cells(13, 3) = b7
Application.Cells(14, 3) = b8
Application.Cells(15, 3) = b9
Application.Cells(16, 3) = b10
Application.Cells(17, 3) = b11
Application.Cells(18, 3) = b12
Application.Cells(19, 3) = b13
Application.Cells(20, 3) = b14
End Sub

```

Результаты моделирования

Результаты моделирования удобно представить в форме таблицы (табл. 1).

Таблица 1

Общее время работы в системе	vremo=	2880
Число поступивших для обработки деталей	z1=	33
Общее количество обработанных деталей	z=	33
Длина текущей очереди	q=	0
Длина максимальной очереди	qm=	1
Длина средней очереди	qc=	0,007986111
Суммарное время сверление рабочим 1-ого отверстия диаметром 20 мм	b1=	243
Суммарное время сверление рабочим 2-ого отверстия диаметром 20 мм	b2=	249
Суммарное время сверление рабочим 3-ого отверстия диаметром 20 мм	b3=	246
Суммарное время сверление рабочим 4-ого отверстия диаметром 20 мм	b4=	249
Суммарное время сверление рабочим 5-ого отверстия диаметром 20 мм	b5=	249
Суммарное время сверление рабочим 6-ого отверстия диаметром 20 мм	b6=	245
Суммарное время сверление рабочим 7-ого отверстия диаметром 5 мм	b7=	140
Суммарное время сверление рабочим 8-ого отверстия диаметром 5 мм	b8=	144
Суммарное время сверление рабочим 9-ого отверстия диаметром 5 мм	b9=	144
Суммарное время сверление рабочим 10-ого отверстия диаметром 5 мм	b10=	140
Суммарное время сверление рабочим 11-ого отверстия диаметром 5 мм	b11=	145
Суммарное время сверление рабочим 12-ого отверстия диаметром 5 мм	b12=	145
Суммарное время сверление рабочим 13-ого отверстия диаметром 5 мм	b13=	146
Суммарное время сверление рабочим 14-ого отверстия диаметром 5 мм	b14=	147
	Одна недообработанная деталь	

Выводы

В результате имитационного моделирования одноканальной СМО, предполагающей описание процесса обслуживания рабочим поступающих к нему, с заранее сгенерированным временем, заявок, получили следующие результаты.

Общее число поступивших заявок на обслуживание равно 33, в то время как число обслуженных заявок за одну смену равно 32, одна заявка осталась недообработанной, но будем предполагать, что рабочий дообслужит заявку в независимости от истечения времени одной смены. Поэтому в табл. 1 общее количество обработанных деталей равно 33.

Длина текущей очереди к рабочему равна нулю, а длина максимальной единице и это не удивительно, так как среднее время поступления заявки равно 15 минутам, тогда как примерное среднее время обслуживание заявки равно 14,67 минутам.

Для подсчета коэффициента занятости рабочего следует сложить все время, которое он был занят, и поделить на длительность одной смены. В результате получили, что коэффициент занятости равен 0,914 (в процентах 91,4 %). То есть 91,4 % всего времени одной смены рабочий занят, а 8,6 % времени ждет поступления новой заявки.

Для оптимизации выше изложенной системы следует уменьшить средний интервал поступления заявки до равенства его среднему времени обслуживания рабочим очередной детали.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

Составить программу на любом языке программирования для имитационного моделирования следующего процесса. Детали поступают на обработку к двум станкам для проделывания последовательных операций сначала на токарном станке, а потом на шлифовальном. Детали поступают со временем 25 ± 5 минут, при этом 5% деталей отбраковываются и не поступают в накопитель к токарному станку. Из накопителя детали берутся на обработку к токарному станку и обрабатываются со временем 12 ± 5 минут, после обработки на токарном станке они укладываются в накопитель к шлифовальному. На шлифовальном станке детали обрабатываются со временем 13 ± 3 минут. Оценить все необходимые параметры моделирования при обработке 180 деталей. Все времена подчиняются равномерному закону распределения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9

Составить программу на любом языке программирования для имитационного моделирования следующего процесса. Детали поступают со временем 30 ± 5 минут на обработку к двум рабочим для проделывания одновременных операций по установке дополнительных узлов. Первый рабочий справляется со своим заданием за 20 ± 5 минут, второй за 20 ± 8 минут. При этом если один из рабочих завершит свою работу раньше, то он ждет второго. После обработки узлов детали поступают на проверку, которая длиться 6 ± 2 минуты, в результате проверки 10% деталей поступают на вторичную обработку. Оценить все необходимые параметры моделирования при обработке 180 деталей. Все времена подчиняются равномерному закону распределения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10

Моделирование работы вычислительной системы

Вычислительная система содержит три ЭВМ, работа которых организована по следующему алгоритму: с интервалом $\mu_1 \pm \Delta\mu_1$ с (здесь и далее равномерные законы) задания поступают в очередь на обработку первой ЭВМ, время обработки составляет t_1 с (экспоненциальное распределение). После задание поступает одновременно на вторую и третью ЭВМ, время обработки которых соответственно $\mu_2 \pm \Delta\mu_2$ и $\mu_3 \pm \Delta\mu_3$ с. Окончание обработки задания на второй или третьей ЭВМ означает ее решения.

Разработать модель СМО для анализа процесса функционирования вычислительной системы в течение смены (8 часов): определить необходимую емкость накопителей перед всеми ЭВМ, среднее количество обслуженных заданий в единицу времени второй и третьей ЭВМ; оценить закон распределения в виде графика плотности вероятностей для количества обслуженных заданий в целом.

Первоначальный перечень экспериментов: $\mu_1 = 30$, $\Delta\mu_1 = 2$, $t_1 = 30$, $\mu_2 = 14$, $\Delta\mu_2 = 5$, $\mu_3 = 16$, $\Delta\mu_3 = 1$.