

**Е. А. СИДОРОВА, А. В. ДОЛГОВА, С. П. ЖЕЛЕЗНЯК**

**ПРОГРАММИРОВАНИЕ  
АРИФМЕТИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ НА VBA**

**ОМСК 2021**

Министерство транспорта Российской Федерации  
Федеральное агентство железнодорожного транспорта  
Омский государственный университет путей сообщения

---

Е. А. Сидорова, А. В. Долгова, С. П. Железняк

ПРОГРАММИРОВАНИЕ  
АРИФМЕТИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ НА VBA

Утверждено методическим советом университета  
в качестве учебно-методического пособия  
к выполнению самостоятельной и лабораторных работ

Омск 2021

УДК 004.42 (075.8)  
ББК 32.973-018.2я73  
С34

**Программирование арифметических циклов на VBA:** Учебно-методическое пособие к выполнению самостоятельной и лабораторных работ / Е. А. Сидорова, А. В. Долгова, С. П. Железняк; Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2021. 30 с.

Учебно-методическое пособие разработано в соответствии с рабочими программами дисциплин информационного профиля с учетом требований ФГОС ВО последнего поколения.

Приведены краткие теоретические сведения по программированию арифметических циклов на VBA. Рассмотрены основные этапы выполнения заданий, приведены примеры графических схем алгоритмов и листинги программ решения поставленных задач. Представлены контрольные и тестовые вопросы.

Предназначено для самостоятельной и лабораторных работ студентов всех направлений подготовки (специальностей) очной и заочной форм обучения по дисциплинам, изучающим основы программирования.

Библиогр.: 3 назв. Табл. 6. Рис. 13.

Рецензенты: доктор техн. наук, профессор В. Н. Горюнов;  
доктор техн. наук, профессор А. А. Кузнецов.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	5
1. Общие требования к выполнению заданий .....	6
2. Арифметический цикл .....	8
3. Цикл со счетчиком .....	11
4. Вычисление максимума и минимума.....	13
5. Цикл с разветвлением на три ветви.....	16
6. Задания .....	22
7. Контрольные вопросы .....	27
8. Примеры тестовых вопросов .....	28
Библиографический список .....	29



## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время программирование на языке *Visual Basic for Applications* (VBA) при работе с приложениями *Microsoft Office* широко применяется в различных областях человеческой деятельности. Редактор VBA представляет собой полноценную среду разработки приложений, интегрированную в *Microsoft Office*. Отличительными особенностями указанного редактора является удобный интерфейс, наличие всех необходимых средств управления программным кодом и большое количество встроенных готовых объектов, к которым может обращаться разработчик проекта.

В настоящем учебно-методическом пособии приведены краткие теоретические сведения по алгоритмизации и программированию арифметических циклов на VBA. Рассмотрены основные этапы выполнения заданий, приведены примеры графических схем алгоритмов и листинги программ решения поставленных задач. Представлены контрольные и тестовые вопросы, приведено большое количество индивидуальных вариантов заданий.

Библиографический список, приведенный в конце пособия, содержит литературу для углубленного изучения материала по рассматриваемой тематике.

## 1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЙ

В каждой лабораторной или самостоятельной работе необходимо выполнить следующие действия.

1. Создать рабочую книгу Excel. В свойствах файла в поле *Название* указать свои фамилию и группу, например, Иванов\_40а. Сохранить рабочую книгу с поддержкой макросов с именем, указанным в [табл. 1.1](#).

2. Создать в книге Excel в редакторе VBA стандартный модуль Module1 (переименовывать его не нужно). В разделе общих объявлений (в начале) модуля ввести оператор Option Explicit для запрета использования необъявленных переменных. Далее в этом модуле записывать программы всех заданий текущей работы.

3. Каждое задание выполнить в следующем порядке.

3.1. Записать в тетрадь условие задачи индивидуального варианта (ИВ).

3.2. Вручную изобразить в тетради графическую схему алгоритма (ГСА) решения задачи ИВ.

3.3. В Excel-файле создать рабочий лист с именем, указанным в [табл. 1.1](#).

3.4. Скопировать из соответствующей таблицы заданий строку с условием задачи ИВ и вставить ее в виде рисунка на лист Excel.

3.5. Составить и набрать в модуле Module1 программу решения задачи ИВ, оформив ее отдельной процедурой с именем, указанным в [табл. 1.1](#). В программе:

а) выбрать рабочий лист, указанный в п. 3.3;

б) очистить содержимое необходимого диапазона ячеек;

в) значения исходных данных, которые не изменяются в процессе работы программы, задать константами;

г) вывод на лист Excel начать в строке с номером ИВ + 10;

д) исходные данные и полученные результаты вывести с соответствующими текстовыми пояснениями;

е) числовые результаты вывести в формате контрольных значений, указанных в условии задачи ИВ;

ж) для каждого оператора предусмотреть комментарии, поясняющие выполняемые действия.

3.6. Запустить программу на исполнение, получить результаты и сверить их с заданными контрольными значениями. При необходимости доработать и отладить программу.

3.7. Записать отлаженную программу в тетрадь.

Таблица 1.1

## Требования к именам объектов

Объект	Структура имени	Пояснения	Примеры
Файл (рабочая книга Excel)	Фамилия_NN_Вид работы N.xlsm	<i>Фамилия</i> – фамилия студента; <i>NN</i> – порядковый номер занятия в семестре; <i>Вид работы</i> – лабораторная работа (лаб) или контроль самостоятельной работы (КСР); <i>N</i> – номер занятия по виду работы	Иванов_08_лаб 6.xlsm Иванов_10_КСР 3.xlsm
Рабочий лист Excel	Фамилия_Тема_зN_вN	<i>Тема</i> – краткое обозначение темы задания; <i>зN</i> – номер задания в работе; <i>вN</i> – номер варианта выполняемого задания	Иванов_Цпр_31_в5
Процедура	Фамилия_Тема_зN_вN	Аналогично рабочему листу Excel	Иванов_Цпр_31_в5
	Фамилия_Тема_зN_вN_способN	Выполнение задания <i>способом N</i> (при наличии нескольких способов решения задачи)	Иванов_Цпр_31_в5_способ1

Примечание. Номера заданий (*зN*) должны строго соответствовать их порядковым номерам в перечне заданий на текущую работу.



## 2. АРИФМЕТИЧЕСКИЙ ЦИКЛ

В различных математических задачах часто приходится многократно выполнять вычисления по одним и тем же формулам с разными исходными данными. Примером такого расчета является *табулирование* функции – определение значений функции при изменении ее аргумента от начального до конечного значения с определенным шагом (приращением). Для решения подобных задач применяется циклический алгоритм, реализуемый на языке VBA с помощью оператора арифметического цикла For ... Next, который имеет следующий формат записи:

```
For x = xнач To xкон Step Δx      'Заголовок (начало) цикла с параметром x
...                                'Операторы (тело цикла)
Next x                             'Возврат к началу цикла
```

Заголовок цикла задает перебор значений параметра цикла  $x$  от начального значения  $x_{\text{нач}}$  до конечного значения  $x_{\text{кон}}$  с шагом  $\Delta x$ . Значения  $x_{\text{нач}}$ ,  $x_{\text{кон}}$ ,  $\Delta x$  могут быть константами, переменными или арифметическими выражениями. В теле цикла записывается перечень действий, которые повторяются для каждого значения параметра цикла. Этот перечень может включать в себя фрагменты линейной структуры, разветвления и вложенные циклы.

При обработке дробных чисел может накапливаться погрешность вычислений, которая приводит к тому, что цикл завершится до достижения последнего значения параметра цикла. Для исключения такой ситуации рекомендуется увеличить конечное значение параметра цикла, например, на десятую долю шага, т. е. вместо  $x_{\text{кон}}$  принимать значение  $x_{\text{кон}} + \Delta x/10$ .

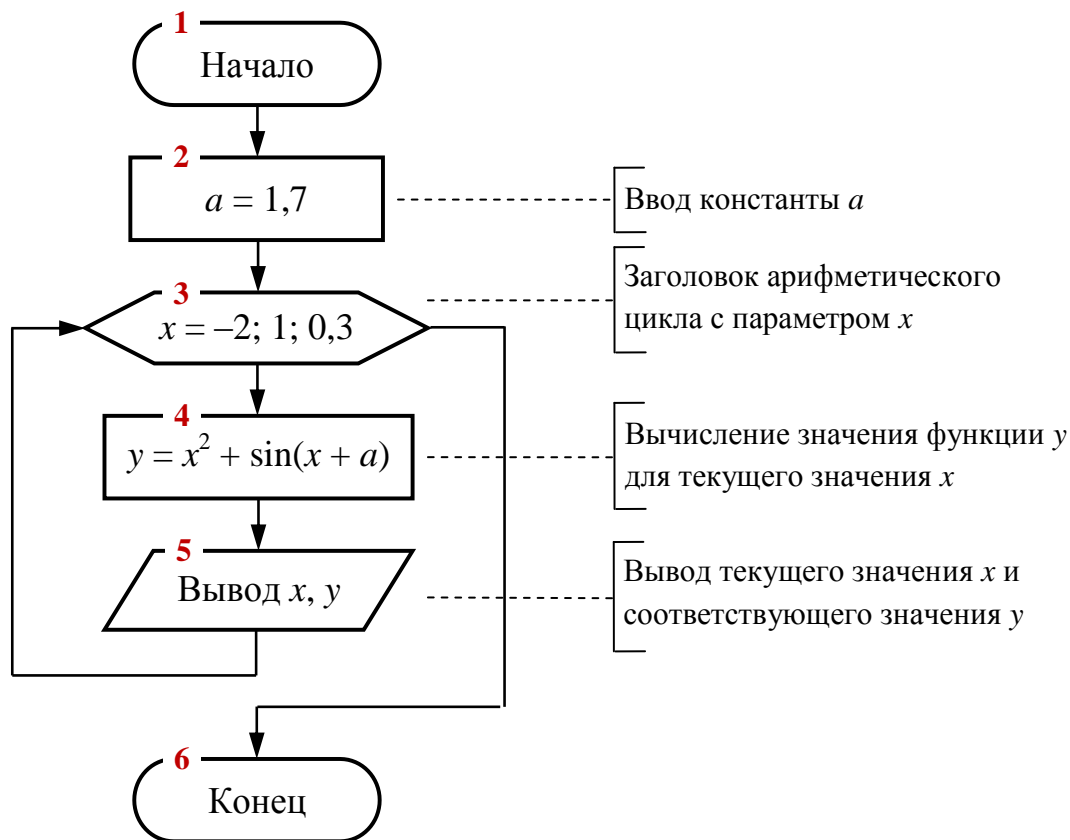
**Пример 1.** Составить ГСА и программу табулирования функции с использованием оператора арифметического цикла по заданию из табл. 2.1. По результатам расчета построить график функции.

Таблица 2.1

Задание для примера 1

Вариант	Функция	Исходные данные	Диапазон и шаг изменения аргумента	Контрольные значения
вN	$y = x^2 + \sin(x + a)$	$a = 1,7$	$-2 \leq x \leq 1$ $\Delta x = 0,3$	При $x = -2,0$ $y = 3,70$ ; при $x = -0,2$ $y = 1,04$ ; при $x = 1,0$ $y = 1,43$

ГСА решения примера 1 с описанием выполняемых действий приведена на [рис. 2.1](#). Параметром цикла является аргумент функции  $x$ . Заголовок цикла определяет перебор значений этой переменной в заданном диапазоне (от  $-2$  до  $1$ ) с шагом  $0,3$ .



**Рис. 2.1.** ГСА решения примера 1

В соответствии с ГСА составим программу расчета, в которой организуем вывод значений аргумента  $x$  и соответствующих им значений функции  $y$  на лист Excel в два столбца, например, начиная со строки 10. Для наглядного представления и контроля полученных результатов выделим последнее значение  $x$  заливкой зеленым цветом RGB(0, 200 + ИВ, 0), последнее значение  $y$  – шрифтом красного цвета RGB(200 + ИВ, 0, 0). Листинг программы решения примера 1 с подробными комментариями приведен на [рис. 2.2](#), результат ее работы – на [рис. 2.3](#). Сравнение полученных результатов с указанными в задании контрольными значениями позволяет сделать вывод о том, что задача решена верно.

По результатам расчета на свободном месте листа построим средствами Excel точечную диаграмму (график) функции (см. [рис. 2.3](#)). В заголовке диаграммы следует указать свои фамилию, инициалы и группу.

Sub Фамилия_Цпр_эN_вN()	'Начало процедуры
Dim x As Single, y As Single, nstr As Byte	'Объявление переменных
Const a As Single = 1.7	'Объявление константы а
Worksheets("Фамилия_Цпр_эN_вN").Select	'Выбор рабочего листа
Range("A:B").Clear	'Очистка столбцов А и В
nstr = 10	'Номер начальной строки для вывода
Cells(nstr, 1) = "x" : Cells(nstr, 2) = "y"	'Вывод заголовков столбцов таблицы
For x = -2 To 1.03 Step 0.3	'Заголовок (начало) цикла
y = x ^ 2 + Sin(x + a)	'Расчет функции у для текущего значения х
nstr = nstr + 1	'Наращивание номера строки
Cells(nstr, 1) = x : Cells(nstr, 2) = y	'Вывод текущих значений х и у
Cells(nstr, 1).NumberFormat = "0.0"	'Установка числового формата в ячейке
Cells(nstr, 2).NumberFormat = "0.00"	
Next x	'Возврат к началу цикла
Cells(nstr, 1).Interior.Color = RGB(0, 200, 0)	'Заливка ячейки зеленым цветом
Cells(nstr, 2).Font.Color = RGB(200, 0, 0)	'Красный цвет шрифта в ячейке
End Sub	'Конец процедуры

Рис. 2.2. Листинг программы решения примера 1

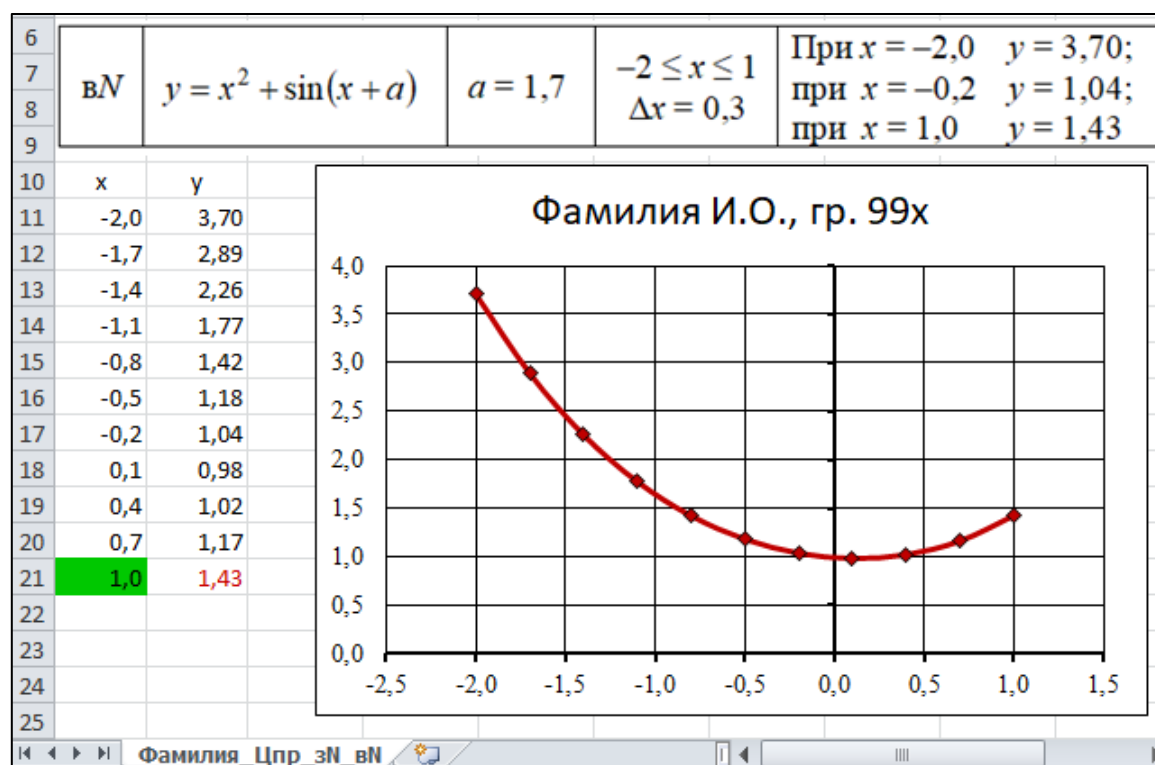


Рис. 2.3. Результат решения примера 1

### 3. ЦИКЛ СО СЧЕТЧИКОМ

Если в повторяющихся вычислениях аргумент функции изменяется не с постоянным шагом, а произвольным образом, но количество расчетов заранее известно, то организуют цикл со счетчиком. В этом случае в алгоритм вычислений вводят дополнительную переменную, которая хранит порядковый номер расчета, выполняя роль счетчика повторений цикла.

**Пример 2.** Составить ГСА и программу циклического расчета значений функции  $y$ , указанной в примере 1 (см. табл. 2.1), для трех произвольных значений аргумента  $x$ .

ГСА решения примера 2 с описанием выполняемых действий приведена на рис. 3.1. Указанная ГСА отличается от ГСА решения примера 1 (см. рис. 2.1) тем, что параметром цикла в данном случае является счетчик повторений цикла  $k$  (его значения изменяются от 1 до 3 с шагом 1), а в тело цикла дополнительно введен блок 4 для ввода значения переменной  $x$ .

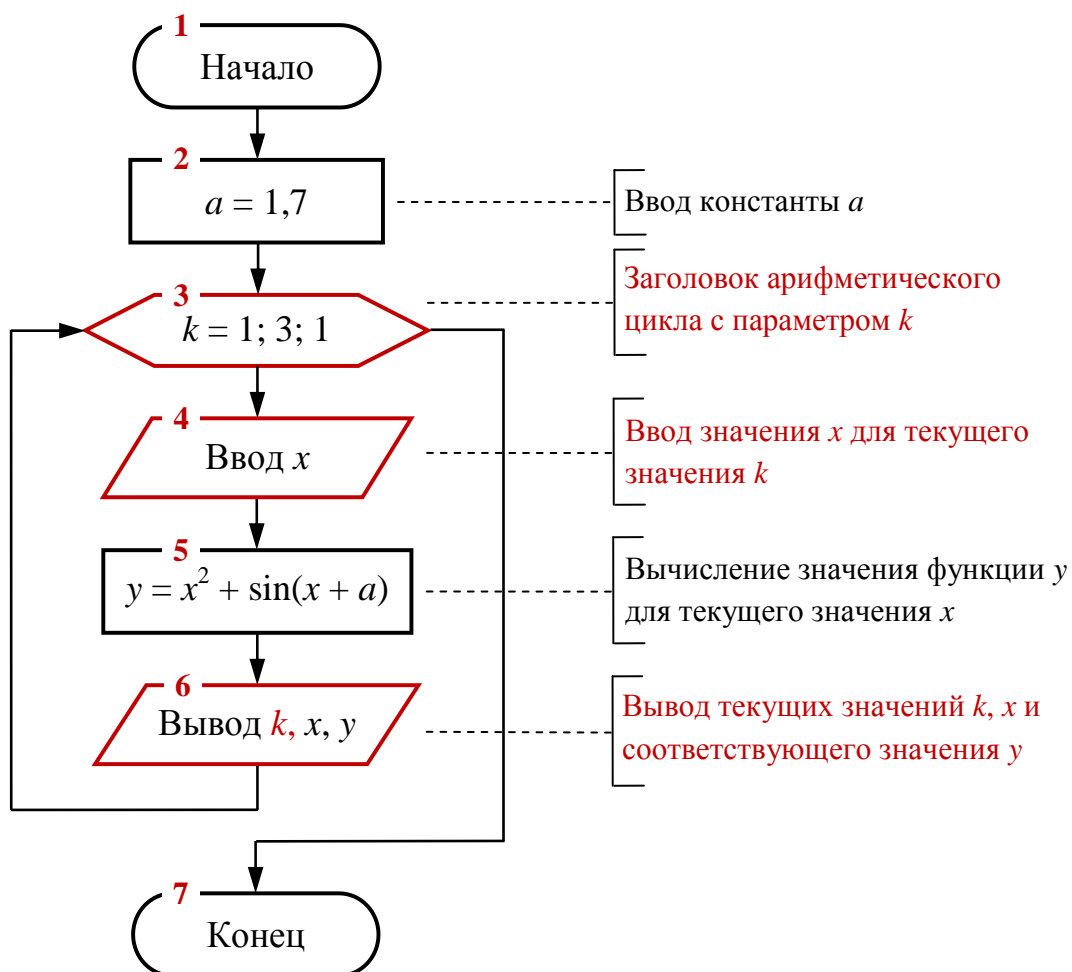


Рис. 3.1. ГСА решения примера 2

В соответствии с ГСА составим программу расчета, в которой ввод значения  $x$  организуем с клавиатуры, вывод значений счетчика повторений цикла  $k$ , аргумента  $x$  и соответствующих им значений функции  $y$  – на лист Excel в три столбца, например, начиная со строки 10. Листинг программы решения примера 2 с подробными комментариями приведен на [рис. 3.2](#), результат работы этой программы – на [рис. 3.3](#). Сравнение полученных результатов с указанными в задании контрольными значениями позволяет сделать вывод о том, что задача решена верно.

Sub Фамилия_Цсч_зN_вN()	'Начало процедуры
Dim x As Single, y As Single	'Объявление переменных
Dim k As Byte, nstr As Byte	
Const a As Single = 1.7	'Объявление константы a
Worksheets("Фамилия_Цсч_зN_вN").Select	'Выбор рабочего листа
Range("A:C").Clear	'Очистка столбцов с А по С
nstr = 10	'Номер начальной строки для вывода
Cells(nstr, 1) = "№ п/п"	'Вывод заголовков столбцов таблицы
Cells(nstr, 2) = "x" : Cells(nstr, 3) = "y"	
For k = 1 To 3 Step 1	'Заголовок (начало) цикла
x = Val(InputBox("Введите значение x"))	'Ввод значения x
y = x ^ 2 + Sin(x + a)	'Расчет значения функции y 'для текущего значения x
nstr = nstr + 1	'Наращивание номера строки
Cells(nstr, 1) = k	'Вывод текущего значения k
Cells(nstr, 2) = x : Cells(nstr, 3) = y	'Вывод текущих значений x и y
Cells(nstr, 2).NumberFormat = "0.0"	'Установка числового формата в ячейке
Cells(nstr, 3).NumberFormat = "0.00"	
Next k	'Возврат к началу цикла
End Sub	'Конец процедуры

[Рис. 3.2.](#) Листинг программы решения примера 2

10	№ п/п	x	y						
11	1	-2,0	3,70						
12	2	-0,2	1,04	вN	$y = x^2 + \sin(x + a)$	$a = 1,7$	$-2 \leq x \leq 1$ $\Delta x = 0,3$	При $x = -2,0$ $y = 3,70$ ; при $x = -0,2$ $y = 1,04$ ; при $x = 1,0$ $y = 1,43$	
13	3	1,0	1,43						

[Рис. 3.3.](#) Результат решения примера 2

#### 4. ВЫЧИСЛЕНИЕ МАКСИМУМА И МИНИМУМА

Среди разных типов вычислительных задач особое место занимает определение экстремума – максимального и (или) минимального значения функции на рассматриваемом интервале изменения ее аргумента. Решение такой задачи основано на последовательном сравнении каждого значения функции с текущим значением экстремума, которое при выполнении соответствующего условия становится равным проверяемому значению функции. В программировании для осуществления таких действий организуют цикл, в который вложена разветвляющаяся структура, реализующая вычисление экстремума.

**Пример 3.** Составить ГСА и программу вычисления экстремума функции  $y$  в диапазоне изменения аргумента  $x$  в соответствии с заданием примера 1 (см. табл. 2.1).

Визуальный анализ графика функции в примере 1 (см. рис. 2.3) показал, что в заданном диапазоне изменения аргумента она имеет экстремум – минимум, который необходимо вычислить согласно условию поставленной задачи.

ГСА решения примера 3 с описанием выполняемых действий приведена на рис. 4.1. По сравнению с ГСА решения примера 1 в ней добавлены блоки 3, 7, 8 и 9, содержащие операции с переменной  $um_{in}$ , предусмотренной для хранения минимального значения функции.

В соответствии с ГСА составим программу расчета, в которой организуем вывод таблицы значений функции аналогично примеру 1 и через одну строку после нее выведем значение минимума функции. Листинг программы решения примера 3 с подробными комментариями приведен на рис. 4.2, результат ее работы – на рис. 4.3. Аналогично примеру 1 построим на листе Excel график функции.

Для проверки правильности расчета искомого значения экстремума через одну строку от него вычислим минимальное значение функции с помощью встроенной функции Excel *МИН*. Сравнение полученных разными способами результатов и анализ данных таблицы и графика функции (см. рис. 4.3) позволяют сделать вывод о том, что задача решена верно.



Рис. 4.1. ГСА решения примера 3

Sub Фамилия_Цэкстр_зN_вN()	'Начало процедуры
Dim x As Single, y As Single	'Объявление переменных
Dim nstr As Byte, ymin As Single	
Const a As Single = 1.7	'Объявление константы a
ymin = 1E+25	'Присвоение значения переменной ymin
Worksheets("Фамилия_Цэкстр_зN_вN").Select	'Выбор рабочего листа
Range("A:B").Clear	'Очистка столбцов A и B
nstr = 10	'Номер начальной строки для вывода
Cells(nstr, 1) = "x"	'Вывод заголовков столбцов таблицы
Cells(nstr, 2) = "y"	
For x = -2 To 1.03 Step 0.3	'Заголовок (начало) цикла
y = x ^ 2 + Sin(x + a)	'Расчет значения функции y 'для текущего значения x
nstr = nstr + 1	'Наращивание номера строки
Cells(nstr, 1) = x	'Вывод текущего значения x
Cells(nstr, 2) = y	'Вывод текущего значения y
Cells(nstr, 1).NumberFormat = "0.0"	'Установка числового формата в ячейке
Cells(nstr, 2).NumberFormat = "0.00"	
If y < ymin Then ymin = y	'Определение минимального значения y
Next x	'Возврат к началу цикла
Cells(nstr + 2, 1) = "ymin ="	'Вывод заголовка ymin
Cells(nstr + 2, 2) = ymin	'Вывод значения ymin
Cells(nstr + 2, 2).NumberFormat = "0.00"	'Установка числового формата в ячейке
End Sub	'Конец процедуры

Рис. 4.2. Листинг программы решения примера 3



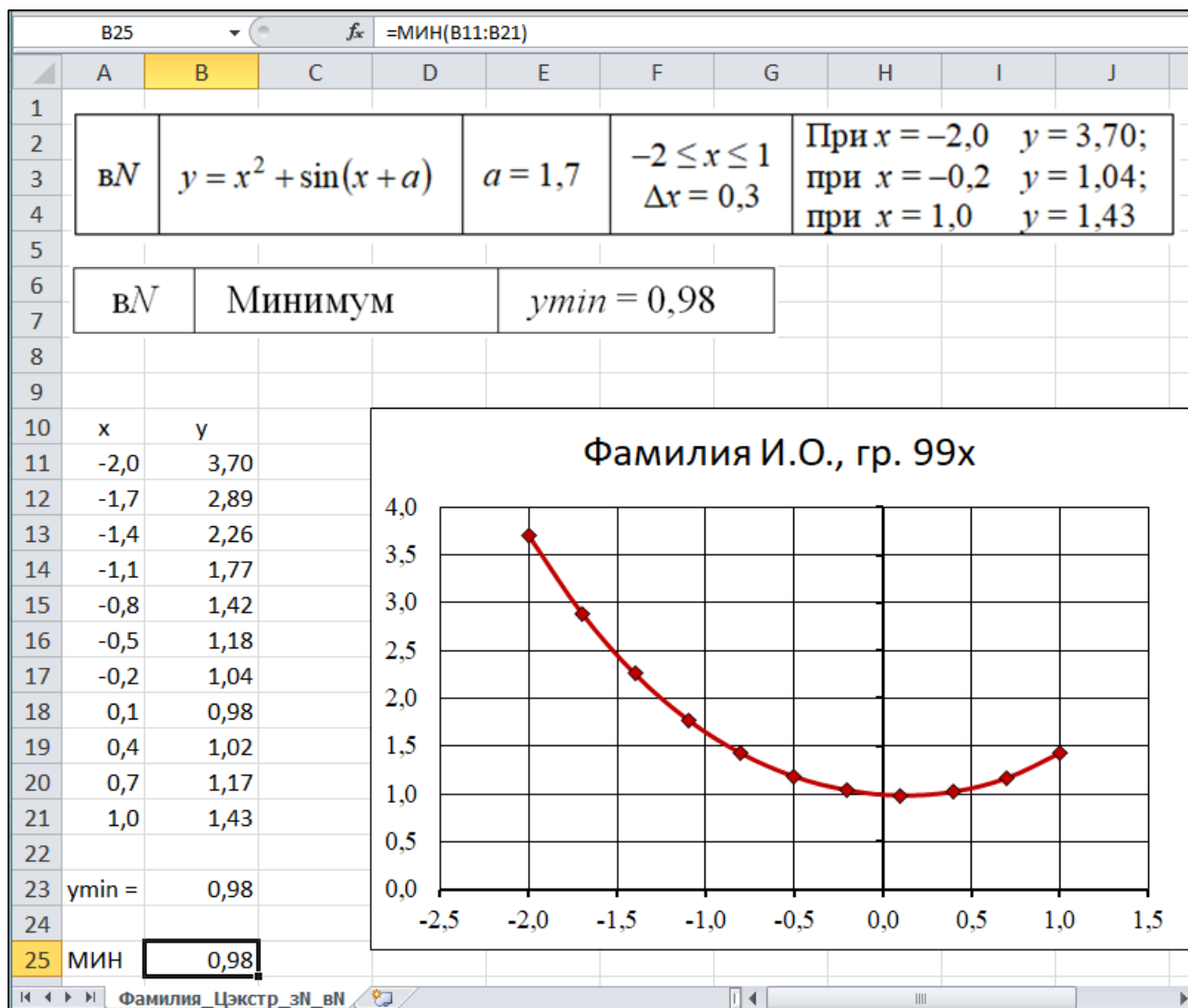


Рис. 4.3. Результат решения примера 3

## 5. ЦИКЛ С РАЗВЕТВЛЕНИЕМ НА ТРИ ВЕТВИ

При решении практических задач имеются случаи, когда на рассматриваемом интервале изменения аргумента функции в зависимости от выполнения накладываемых на него ограничений значения функции требуется определять по разным формулам, т. е. выполнять табулирование разрывной функции. В программировании решение подобных задач осуществляется с помощью организации цикла, в который вложена разветвляющаяся структура.

**Пример 4.** Составить ГСА и программу табулирования разрывной функции с использованием оператора арифметического цикла по заданию из табл. 5.1. По результатам расчета построить график функции.

Задание для примера 4

Вариант	Функция	Исходные данные	Шаг $\Delta x$	Контрольные значения
вN	$y = \begin{cases} \sin(a \cdot x) & x < 1,3 \\ e^x & 1,3 \leq x \leq 2,3 \\ \cos^2(2 \cdot x - a) & x > 2,3 \end{cases}$	$a = 2,3$	0,2	При $x = 0,3$ $y = 0,64$ ; при $x = 2,3$ $y = 9,97$ ; при $x = 3,3$ $y = 0,16$

Заданная функция  $y$  состоит из трех частей и рассчитывается по разным формулам в зависимости от диапазона изменения аргумента  $x$ . Поскольку общий интервал изменения  $x$  в задании не указан, определим его исходя из равенства длин всех трех диапазонов.

Введем следующие обозначения:

$x_n$  – начальное значение общего интервала изменения аргумента  $x$ ;

$x_k$  – конечное значение общего интервала изменения аргумента  $x$ ;

$x_{ns}$  – начальное значение среднего диапазона изменения аргумента  $x$ ;

$x_{ks}$  – конечное значение среднего диапазона изменения аргумента  $x$ ;

$dlina$  – длина каждого диапазона изменения аргумента  $x$ .

По условию задания значения  $x_{ns}$  и  $x_{ks}$  известны ( $x_{ns} = 1,3$ ,  $x_{ks} = 2,3$ ), что позволяет определить длину среднего диапазона, а затем с ее помощью – границы общего интервала изменения  $x$ :

$$dlina = x_{ks} - x_{ns}; \quad (1)$$

$$x_n = x_{ns} - dlina; \quad (2)$$

$$x_k = x_{ks} + dlina. \quad (3)$$

Для вычисления всех значений функции  $y$  на полученном интервале от  $x_n$  до  $x_k$  с шагом 0,2 организуем арифметический цикл.

ГСА решения примера 4 с описанием выполняемых действий приведена на [рис. 5.1](#). По сравнению с ГСА решения примера 1 в ней добавлены блоки 3 и 4, содержащие операции для вычисления значений  $x_n$  и  $x_k$ , а также блоки 6 – 10, организующие разветвление на три ветви с целью выбора формулы для расчета значения функции  $y$ .

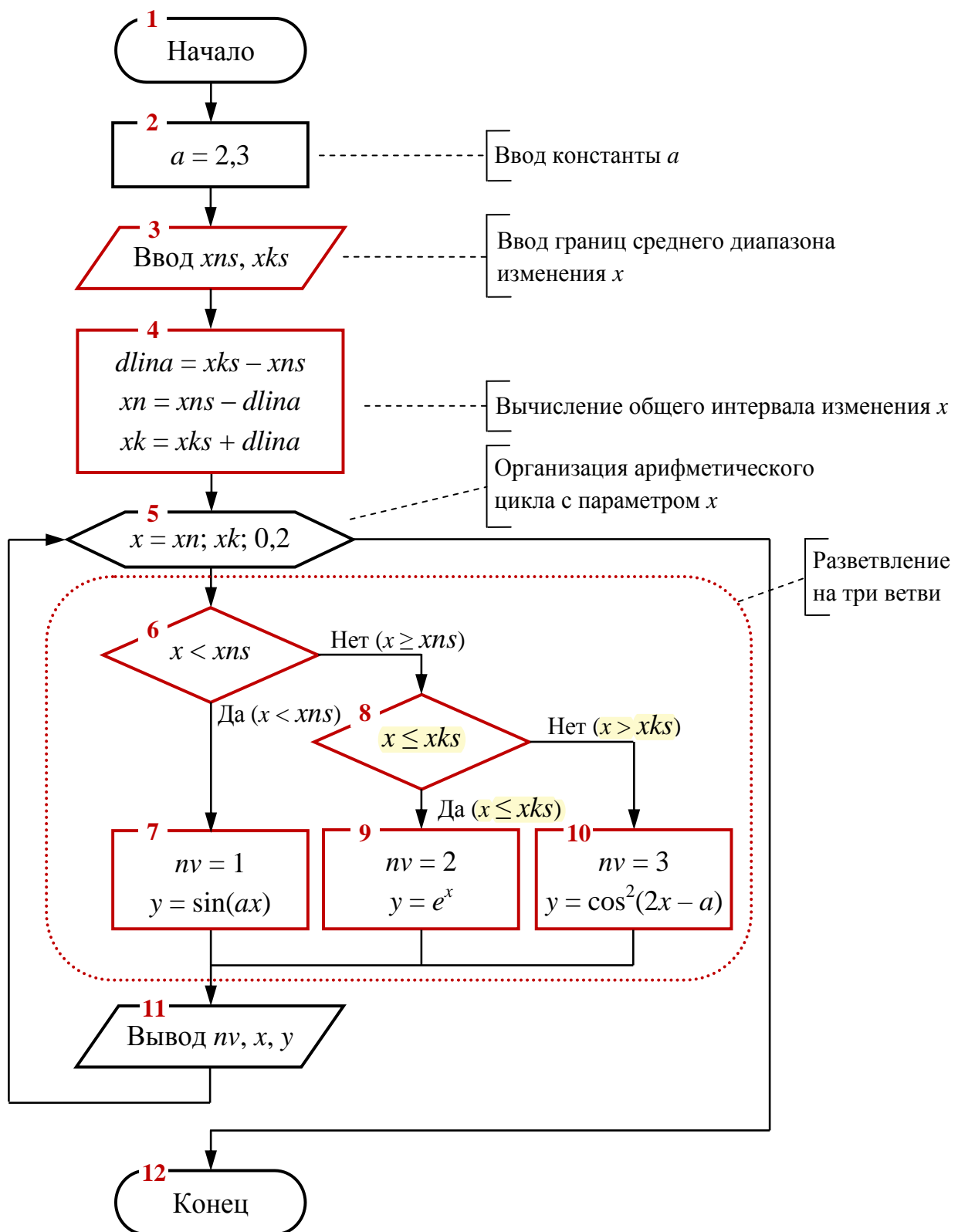


Рис. 5.1. ГСА решения примера 4

В соответствии с ГСА составим программу расчета, в которой организуем вывод номера ветви, значений аргумента  $x$  и соответствующих им значений функции  $y$  на лист Excel в три столбца, например, начиная со строки 10.

Для наглядного представления и контроля результатов все значения в первой ветви выделим шрифтом красного цвета RGB(200 + ИВ, 0, 0), во второй – шрифтом синего цвета RGB(0, 0, 200 + ИВ). Листинг программы решения примера 1 с подробными комментариями приведен на [рис. 5.2](#), результат работы данной программы – на [рис. 5.3](#). В данной задаче обязательно нужно проверить не только полноту вывода результатов от  $x_n = 0,3$  до  $x_k = 3,3$  включительно (эти значения определены по формулам (1) – (3)), но и правильность выбора ветвей для расчета значений функции  $y$ . При наличии каких-либо отклонений необходимо скорректировать программу.

Программа на [рис. 5.2](#) приведена уже с учетом корректировки. В строке **For**  $x = x_n$  **To**  $x_k + 0.02$  **Step** 0.2 конечное значение параметра цикла увеличено на десятую долю шага (0,02) для учета погрешности, возникающей при обработке дробных чисел (см. [разд. 2](#)). Аналогичный прием реализован в строке **Elseif**  $x \leq x_k + 0.02$  **Then**. Если не выполнять такие действия, то расчет при  $x = 3,3$  (конечное значение общего интервала изменения аргумента) не осуществляется, а при  $x = 2,3$  (правая граница среднего диапазона изменения аргумента) вычисление функции  $y$  производится по формуле (3) (в ответе будет  $y = 0,44$ ) вместо второй ветви (правильное значение  $y = 9,97$ ).

Иногда в случаях строгого неравенства в зависимости от конкретных значений  $x_n$ ,  $x_k$  и  $\Delta x$  требуется не увеличивать проверяемое значение на долю шага, а, наоборот, уменьшать (например, записать  $x < x_n - \Delta x/10$ ).

По заданию примера 1 значение  $x = 0,3$  должно быть в ветви 1, значения  $x = 1,3$  и  $x = 2,3$  – в ветви 2, значение  $x = 3,3$  – в ветви 3. Анализ данных, полученных после исполнения программы, приведенной на [рис. 5.2](#), показал, что все перечисленные условия выполнены (см. [рис. 5.3](#)). Сравнение полученных результатов с указанными в задании контрольными значениями позволяет сделать вывод о том, что задача решена верно.

По результатам расчета построим график разрывной функции средствами Excel. Для этого на свободном месте листа вставим точечную диаграмму (пустая область), вызовем для нее контекстное меню и выберем опцию «Выбрать данные ...». В открывшемся окне «Выбор источника данных» в поле «Элементы легенды (ряды)» нажмем кнопку «Добавить». В открывшемся окне «Изменение ряда» ([рис. 5.4](#)) введем данные для первой ветви (при этом к диапазону ячеек автоматически добавляется имя рабочего листа). Аналогично по очереди задаем параметры для второй и третьей ветвей. Диаграмму для каждой ветви оформим линиями разного цвета с маркерами точек разного типа. В заголовке диаграммы следует указать свои фамилию, инициалы и группу.

Sub Фамилия_Цветвл_зN_вN()	'Начало процедуры
Dim x As Single, y As Single	'Объявление переменных
Dim xn As Single, xk As Single, xns As Single, xks As Single	
Dim nstr As Byte, nv As Byte, dlina As Single	
Const a As Single = 2.3	'Объявление константы a
Worksheets("Фамилия_Цветвл_зN_вN").Select	'Выбор рабочего листа
Range("A:C").Clear	'Очистка столбцов с A по C
nstr = 10	'Номер начальной строки для вывода
Cells(nstr, 1) = "Ветвь"	'Вывод заголовков столбцов таблицы
Cells(nstr, 2) = "x"	
Cells(nstr, 3) = "y"	
xns = Val(InputBox("Введите xns"))	'Ввод границ среднего диапазона
xks = Val(InputBox("Введите xks"))	'изменения x
dlina = xks - xns	'Расчет длины среднего диапазона
xn = xns - dlina	'Расчет начального и конечного
xk = xks + dlina	'значений общего интервала изменения x
For x = xn To xk + 0.02 Step 0.2	'Заголовок (начало) цикла
nstr = nstr + 1	'Наращивание номера строки
If x < xns Then	'Расчет значения функции y и номера ветви nv
nv = 1 : y = Sin(a * x)	'Красный цвет шрифта в ячейке
Cells(nstr, 1).Font.Color = RGB(200, 0, 0)	
Cells(nstr, 2).Font.Color = RGB(200, 0, 0)	
Cells(nstr, 3).Font.Color = RGB(200, 0, 0)	
Elseif x <= xks + 0.02 Then	
nv = 2 : y = Exp(x)	'Синий цвет шрифта в ячейке
Cells(nstr, 1).Font.Color = RGB(0, 0, 200)	
Cells(nstr, 2).Font.Color = RGB(0, 0, 200)	
Cells(nstr, 3).Font.Color = RGB(0, 0, 200)	
Else	
nv = 3 : y = Cos(2 * x - a) ^ 2	
End If	
Cells(nstr, 1) = nv	'Вывод номера ветви nv
Cells(nstr, 2) = x	'Вывод текущего значения x
Cells(nstr, 3) = y	'Вывод текущего значения y
Cells(nstr, 2).NumberFormat = "0.0"	'Установка числового формата в ячейке
Cells(nstr, 3).NumberFormat = "0.00"	
Next x	'Возврат к началу цикла
End Sub	'Конец процедуры

Рис. 5.2. Листинг программы решения примера 4

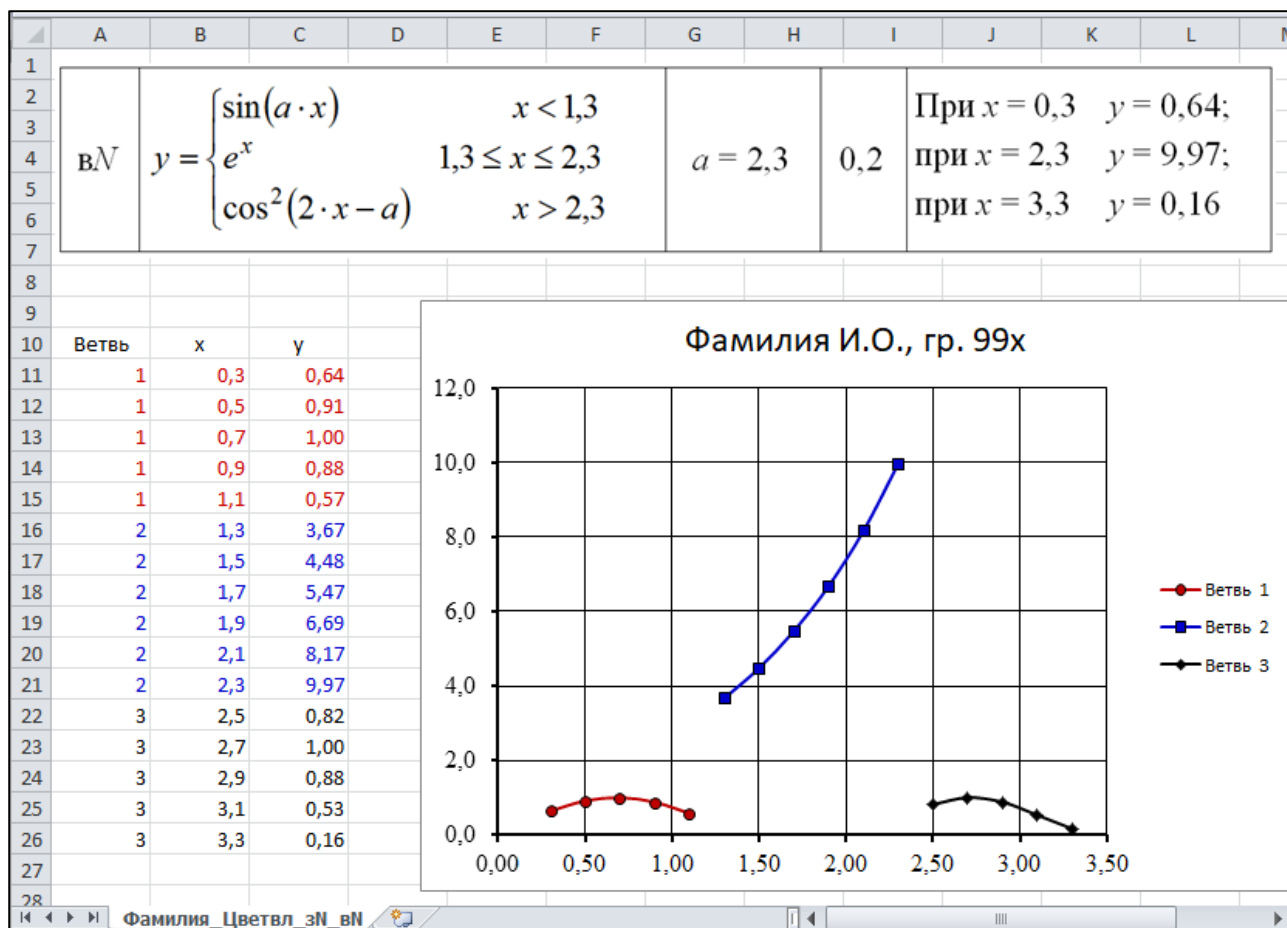


Рис. 5.3. Результат решения примера 4

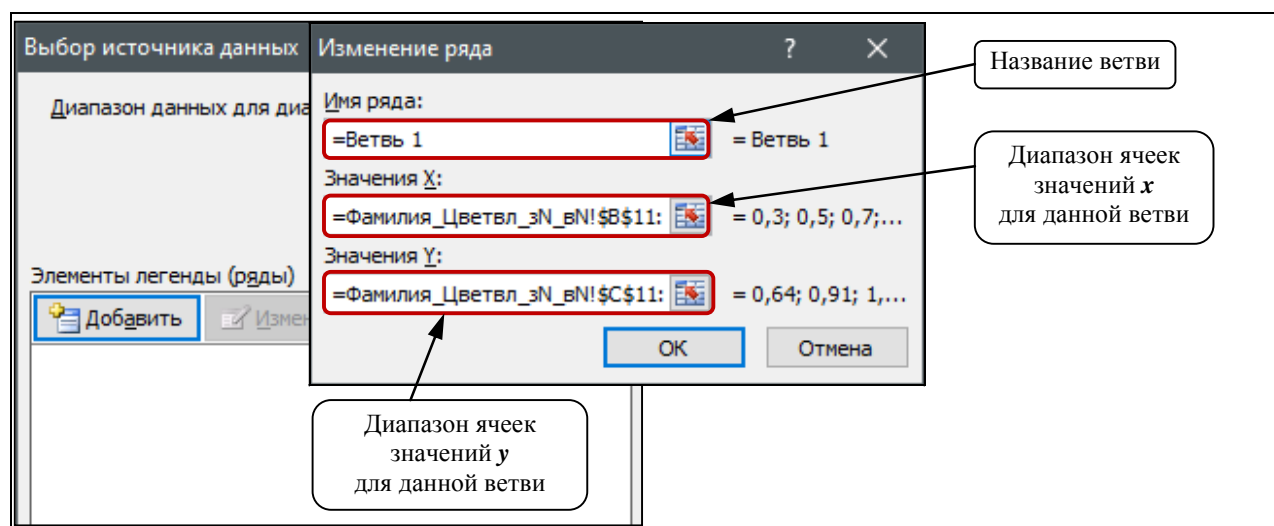


Рис. 5.4. Выбор источника данных для построения графика разрывной функции

## 6. ЗАДАНИЯ

**Задание 1.** В соответствии с общими требованиями к выполнению заданий (см. [разд. 1](#)) и индивидуальным вариантом ([табл. 6.1](#)) составить ГСА и программу табулирования функции с использованием оператора арифметического цикла, по результатам расчета построить график функции. Работу выполнить и оформить по образцу [примера 1](#). Краткое обозначение темы задания 1 в именах объектов – Цпр.

Таблица 6.1

Индивидуальные варианты заданий 1 и 2

Вариант	Функция	Исходные данные	Диапазон и шаг изменения аргумента	Контрольные значения
1	2	3	4	5
0	$y = \sin^2 x^3 + \sqrt{ x+a }$	$a = 0,13$	$-2,5 \leq x \leq 2,5$ $\Delta x = 0,2$	При $x = -2,5$ $y = 1,55$ ; при $x = -0,1$ $y = 0,17$ ; при $x = 2,5$ $y = 1,63$
1	$y = \sin^2(x+m) + \frac{\ln x^2}{mx}$	$m = 3,2$	$11,2 \leq x \leq 26,2$ $\Delta x = 0,6$	При $x = 11,2$ $y = 1,07$ ; при $x = 18,4$ $y = 0,24$ ; при $x = 26,2$ $y = 0,89$
2	$y = \frac{a}{\sqrt{x+b}} + \cos x^2$	$a = 1,1$ ; $b = 0,02$	$2 \leq x \leq 8$ $\Delta x = 0,3$	При $x = 2,0$ $y = 0,12$ ; при $x = 5,0$ $y = 1,48$ ; при $x = 8,0$ $y = 0,78$
3	$y = \frac{\sqrt{x} \cdot \sin(dx^2)}{d+x}$	$d = 1,79$	$0,5 \leq x \leq 3,8$ $\Delta x = 0,15$	При $x = 0,50$ $y = 0,13$ ; при $x = 2,00$ $y = 0,29$ ; при $x = 3,80$ $y = 0,23$
4	$y = \frac{k \ln x^2 - a}{e^{ax}}$	$a = 0,17$ ; $k = 1,15$	$-1 \leq x \leq 9$ $\Delta x = 0,4$	При $x = -1,0$ $y = -0,20$ ; при $x = 4,2$ $y = 1,53$ ; при $x = 9,0$ $y = 1,06$
5	$y = m \cos(bx) + \sin^2 x$	$b = 3,7$ ; $m = 0,5$	$2 \leq x \leq 13$ $\Delta x = 0,55$	При $x = 2,00$ $y = 1,05$ ; при $x = 7,50$ $y = 0,45$ ; при $x = 13,00$ $y = -0,10$
6	$y = \frac{\sin 3x - a}{b \ln(b+x^2)} \cos x$	$a = 0,8$ ; $b = 3,5$	$0,1 \leq x \leq 2,9$ $\Delta x = 0,14$	При $x = 0,10$ $y = -0,11$ ; при $x = 1,50$ $y = -0,02$ ; при $x = 2,90$ $y = 0,02$



1	2	3	4	5
7	$y = \sin x^3 - \frac{b}{a \ln x^2}$	$a = -5,2;$ $b = 3$	$1,45 \leq x \leq 5,44$ $\Delta x = 0,19$	При $x = 1,45$ $y = 0,87;$ при $x = 3,35$ $y = 0,14;$ при $x = 5,44$ $y = -0,52$
8	$y = \sin^3 kx^2 - \frac{\sqrt[5]{x^2}}{q \sin x}$	$k = -15;$ $q = 2,2$	$0,1 \leq x \leq 1,1$ $\Delta x = 0,04$	При $x = 0,10$ $y = -1,82;$ при $x = 0,58$ $y = 0,18;$ при $x = 1,10$ $y = -0,26$
9	$y = \frac{x \sin x^4 - 5}{e^x + b}$	$b = 1,4$	$-3,4 \leq x \leq 0,2$ $\Delta x = 0,18$	При $x = -3,40$ $y = -5,84;$ при $x = -1,60$ $y = -3,39;$ при $x = 0,20$ $y = -1,91$
10	$y = \frac{\cos x^2}{\sqrt[3]{qx}} + \lg(x)$	$q = 0,5$	$7 \leq x \leq 37$ $\Delta x = 1,2$	При $x = 7,0$ $y = 1,04;$ при $x = 22,6$ $y = 1,24;$ при $x = 37,0$ $y = 1,85$
11	$y = ae^{\sin x} + \frac{\sqrt[5]{x+b}}{ax^2}$	$a = 3,6;$ $b = 5$	$5,4 \leq x \leq 22,2$ $\Delta x = 0,7$	При $x = 5,4$ $y = 1,68;$ при $x = 13,8$ $y = 9,25;$ при $x = 22,2$ $y = 2,93$
12	$y = \ln \sqrt{x} + \cos e^{x-b}$	$b = 7,2$	$1,7 \leq x \leq 18,5$ $\Delta x = 0,8$	При $x = 1,7$ $y = 1,27;$ при $x = 9,7$ $y = 2,06;$ при $x = 18,5$ $y = 1,96$
13	$y = \sin^2 x^4 + a\sqrt{ x-a }$	$a = 5,3$	$-7,1 \leq x \leq -6,5$ $\Delta x = 0,03$	При $x = -7,10$ $y = 18,80;$ при $x = -6,80$ $y = 19,36;$ при $x = -6,50$ $y = 18,56$
14	$y = \frac{\cos^2 x + \sin kx}{\sqrt{b - \arctg x}}$	$b = 2,9;$ $k = 1,4$	$6,2 \leq x \leq 15,4$ $\Delta x = 0,46$	При $x = 6,20$ $y = 1,37;$ при $x = 10,80$ $y = 0,50;$ при $x = 15,40$ $y = 1,12$
15	$y = \cos^2 bx^3 + \sqrt{e^{a-x}}$	$a = 4,2;$ $b = 0,3$	$4,7 \leq x \leq 6,9$ $\Delta x = 0,11$	При $x = 4,70$ $y = 1,71;$ при $x = 5,80$ $y = 0,61;$ при $x = 6,90$ $y = 0,42$
16	$y = \sin^2 x^3 - \frac{\sqrt{ b-x }}{a}$	$a = 3,4;$ $b = 5,7$	$-2 \leq x \leq 0$ $\Delta x = 0,1$	При $x = -2,0$ $y = 0,16;$ при $x = -1,0$ $y = -0,05;$ при $x = 0,0$ $y = -0,70$
17	$y = \sqrt[3]{ x+a } + \frac{\cos bx^3}{\ln^2 x}$	$a = -11;$ $b = 22$	$3,7 \leq x \leq 7,9$ $\Delta x = 0,21$	При $x = 3,70$ $y = 1,58;$ при $x = 5,80$ $y = 1,89;$ при $x = 7,90$ $y = 1,34$
18	$y = \frac{\cos x^2 - a}{\ln x} + \sqrt[5]{bx}$	$a = 8;$ $b = 4,2$	$25,3 \leq x \leq 48,3$ $\Delta x = 1,15$	При $x = 25,30$ $y = 0,28;$ при $x = 36,80$ $y = 0,25;$ при $x = 48,30$ $y = 0,76$



**Задание 2.** В соответствии с общими требованиями к выполнению заданий (см. [разд. 1](#)) и индивидуальным вариантом составить ГСА и программу циклического расчета значений функции, указанной в [табл. 6.1](#), для трех произвольных значений аргумента  $x$ . Работу выполнить и оформить по образцу [примера 2](#). Краткое обозначение темы задания 2 в именах объектов – Цсч.

**Задание 3.** В соответствии с общими требованиями к выполнению заданий (см. [разд. 1](#)) и индивидуальным вариантом ([табл. 6.2](#)) составить ГСА и программу расчета экстремума функции, заданной в [табл. 6.1](#), в указанном диапазоне изменения аргумента  $x$ . Работу выполнить и оформить по образцу [примера 3](#). Краткое обозначение темы задания 3 в именах объектов – Цэкстр.

**Таблица 6.2**

Индивидуальные варианты задания 3

Вариант	Вид экстремума	Результат	Вариант	Вид экстремума	Результат
0	Максимум	$y_{\max} = 2,31$	10	Максимум	$y_{\max} = 1,93$
1	Минимум	$y_{\min} = 0,09$	11	Минимум	$y_{\min} = 1,33$
2	Минимум	$y_{\min} = -0,53$	12	Максимум	$y_{\max} = 2,39$
3	Минимум	$y_{\min} = -0,36$	13	Минимум	$y_{\min} = 18,52$
4	Максимум	$y_{\max} = 1,53$	14	Максимум	$y_{\max} = 1,47$
5	Максимум	$y_{\max} = 1,14$	15	Минимум	$y_{\min} = 0,30$
6	Максимум	$y_{\max} = 0,06$	16	Минимум	$y_{\min} = -0,74$
7	Минимум	$y_{\min} = -0,69$	17	Максимум	$y_{\max} = 2,24$
8	Максимум	$y_{\max} = 0,42$	18	Максимум	$y_{\max} = 0,96$
9	Максимум	$y_{\max} = -1,86$			

**Задание 4.** В соответствии с общими требованиями к выполнению заданий (см. [разд. 1](#)) и индивидуальным вариантом ([табл. 6.3](#)) составить ГСА и программу табулирования разрывной функции. По результатам расчета построить график функции. Работу выполнить и оформить по образцу [примера 4](#). Краткое обозначение темы задания 4 в именах объектов – Цветвл.

## Индивидуальные варианты задания 4

Вариант	Функция	Исходные данные	Шаг $\Delta x$	Контрольные значения
1	2	3	4	5
0	$y = \begin{cases} \ln ax^2 + b  - 0,5 & x < 0,2; \\ e^{ax} - ab & 0,2 \leq x \leq 2,2; \\ \sin^2(x + a) & x > 2,2 \end{cases}$	$a = 0,12;$ $b = -4,4$	0,2	При $x = -1,8$ $y = 0,89$ ; при $x = 2,2$ $y = 1,83$ ; при $x = 4,2$ $y = 0,85$
1	$y = \begin{cases} \lg xk  & x < -1; \\ \cos(x+k)^3 & -1 \leq x \leq 0; \\ \sqrt[3]{x} + e^{kx} & x > 0 \end{cases}$	$k = 0,04$	0,1	При $x = -2,0$ $y = -1,10$ ; при $x = 0,0$ $y = 1,00$ ; при $x = 1,0$ $y = 2,04$
2	$y = \begin{cases} tg^2(x+\pi) & x < 0; \\ d + e^{-x\pi} & 0 \leq x \leq 1; \\ \ln \sqrt{dx} & x > 1 \end{cases}$	$d = 6,2$	0,1	При $x = -1,0$ $y = 2,43$ ; при $x = 1,0$ $y = 6,24$ ; при $x = 2,0$ $y = 1,26$
3	$y = \begin{cases} x + \lg(a+b) & x < 0,3; \\ \sin \sqrt{7x+b} & 0,3 \leq x \leq 0,7; \\ x^2 + \frac{e^x}{b+x} & x > 0,7 \end{cases}$	$a = 98,3;$ $b = 4,5$	0,04	При $x = -0,10$ $y = 1,91$ ; при $x = 0,70$ $y = 0,08$ ; при $x = 1,10$ $y = 1,75$
4	$y = \begin{cases} 0,3w - e^{x-k} & x < 2; \\ \cos^3(wx+k) & 2 \leq x \leq 5; \\ \ln(x-0,3) & x > 5 \end{cases}$	$w = 2,81;$ $k = 0,95$	0,3	При $x = -1,0$ $y = 0,70$ ; при $x = 5,0$ $y = -0,44$ ; при $x = 8,0$ $y = 2,04$
5	$y = \begin{cases} e^{2x} - \sqrt[3]{d^4} & x < 1; \\ \lg(0,5d + x^2) & 1 \leq x \leq 4; \\ \sin(x + d^2) & x > 4 \end{cases}$	$d = 4,4$	0,3	При $x = -2,0$ $y = -7,19$ ; при $x = 1,0$ $y = 0,51$ ; при $x = 7,0$ $y = 0,94$

Продолжение табл. 6.3

1	2	3	4	5
6	$y = \begin{cases} \ln x+k  & x < -2; \\ k + 0,65e^{x-k} & -2 \leq x \leq 2; \\ \sqrt[3]{kx} + \cos^2 kx & x > 2 \end{cases}$	$k = 2,1$	0,4	При $x = -6,0$ $y = 1,36$ ; при $x = 2,0$ $y = 2,69$ ; при $x = 6,0$ $y = 3,33$
7	$y = \begin{cases} a + \sin^2 x & x < 0; \\ \sqrt{\lg(a-x)} & 0 \leq x \leq 6; \\ e^{\sqrt{x-b}} & x > 6 \end{cases}$	$a = 7,13$ ; $b = 0,91$	0,6	При $x = -6,0$ $y = 7,21$ ; при $x = 0,0$ $y = 0,92$ ; при $x = 12,0$ $y = 27,94$
8	$y = \begin{cases} e^{wx} + \sqrt{w} & x < 1,3; \\ \sin\left(x^2 - \frac{\pi}{2}\right) & 1,3 \leq x \leq 4,3; \\ \ln 0,39x^2 & x > 4,3 \end{cases}$	$w = 1,57$	0,3	При $x = -1,7$ $y = 1,32$ ; при $x = 1,3$ $y = 0,12$ ; при $x = 7,3$ $y = 3,03$
9	$y = \begin{cases} d \sin^2 x  & x < 0,3; \\ e^{0,2d\sqrt{x}} & 0,3 \leq x \leq 3,3; \\ \lg x^2 - 0,2x & x > 3,3 \end{cases}$	$d = 2,5$	0,3	При $x = -2,7$ $y = 0,46$ ; при $x = 0,3$ $y = 1,32$ ; при $x = 6,3$ $y = 0,34$
10	$y = \begin{cases} b \sin x & x < 1,5; \\ \ln^2 x - e^{-bx} & 1,5 \leq x \leq 9,5; \\ \cos \sqrt{(x+b)^3} & x > 9,5 \end{cases}$	$b = 0,91$	0,8	При $x = -6,5$ $y = -0,20$ ; при $x = 9,5$ $y = 5,07$ ; при $x = 17,5$ $y = -0,90$
11	$y = \begin{cases} e^{\cos x } & x < 1; \\ \lg \sqrt{(x+a)^3} & 1 \leq x \leq 4; \\ a\sqrt{ \sin x } & x > 4 \end{cases}$	$a = 3,8$	0,3	При $x = -2,0$ $y = 0,66$ ; при $x = 1,0$ $y = 1,02$ ; при $x = 7,0$ $y = 3,08$
12	$y = \begin{cases} 2 \cos\left(x^2 - \frac{\pi}{2}\right) & x < 0,5; \\ 2x - 3 \ln x - 3 & 0,5 \leq x \leq 1,3; \\ e^{-kx} - \frac{x^2}{3 + 0,2x^2} & x > 1,3 \end{cases}$	$k = 0,1$	0,08	При $x = -0,30$ $y = 0,18$ ; при $x = 1,30$ $y = -1,19$ ; при $x = 2,10$ $y = -0,33$

1	2	3	4	5
13	$y = \begin{cases} e^{bx} - \sqrt{2x} & x < 4,2; \\ \lg x^2 - x + 1,8 & 4,2 \leq x \leq 8,4; \\ \sin^2(x^3 + 1) & x > 8,4 \end{cases}$	$b = 0,7$	0,42	При $x = 0,00$ $y = 1,00$ ; при $x = 8,40$ $y = -4,75$ ; при $x = 12,60$ $y = 0,03$
14	$y = \begin{cases} \cos(x^2 + a) & x < 0; \\ \ln^2(1 + x) - 1,5 & 0 \leq x \leq 1; \\ e^{-ax} + 0,5 & x > 1 \end{cases}$	$a = 2$	0,1	При $x = -1,0$ $y = -0,99$ ; при $x = 1,0$ $y = -1,02$ ; при $x = 2,0$ $y = 0,52$
15	$y = \begin{cases} e^{-1,57x} - 7 & x < 1,2; \\ x + 3\sqrt{\sin\left(\frac{1}{x}\right)} & 1,2 \leq x \leq 2,7; \\ d + \lg \sqrt{x+7} & x > 2,7 \end{cases}$	$d = 4,7$	0,15	При $x = -0,30$ $y = -5,40$ ; при $x = 2,70$ $y = 3,41$ ; при $x = 4,20$ $y = 5,22$
16	$y = \begin{cases} \ln^2 \sqrt{x^2 - 0,5} & x < 2,9; \\ \cos\left(\frac{x+a}{x-b}\right) & 2,9 \leq x \leq 4,4; \\ e^{ax-b} + 0,7 & x > 4,4 \end{cases}$	$a = 0,5$ ; $b = 1$	0,15	При $x = 1,40$ $y = 0,04$ ; при $x = 4,40$ $y = 0,13$ ; при $x = 5,90$ $y = 7,73$
17	$y = \begin{cases} e^{x+k} - 2 & x < 0; \\ \sin^3(x + \sqrt{k}) & 0 \leq x \leq 1; \\ \lg(x + 7\sqrt{x}) - x & x > 1 \end{cases}$	$k = 0,5$	0,1	При $x = -1,0$ $y = -1,39$ ; при $x = 1,0$ $y = 0,97$ ; при $x = 2,0$ $y = -0,92$
18	$y = \begin{cases} \ln^2 ax - 2 & x < 5; \\ 5 - e^{-x+\sqrt{a}} & 5 \leq x \leq 6,5; \\ a + \cos \sqrt{x+a^2} & x > 6,5 \end{cases}$	$a = 3,4$	0,15	При $x = 3,50$ $y = 4,13$ ; при $x = 6,50$ $y = 4,99$ ; при $x = 8,00$ $y = 3,11$

## 7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) В каких случаях применяется арифметический цикл?
- 2) Что называется табулированием функции?
- 3) Что такое параметр арифметического цикла?
- 4) Опишите формат записи оператора For ... Next.

- 5) В чем заключается особенность цикла со счетчиком?
- 6) Какая алгоритмическая конструкция применяется для вычисления экстремума функции?
- 7) Опишите порядок вычисления максимума функции.
- 8) Опишите порядок вычисления минимума функции.

## 8. ПРИМЕРЫ ТЕСТОВЫХ ВОПРОСОВ

### **Вопрос № 1** (один верный ответ)

Циклы бывают ...

*Варианты ответов:*

- 1) быстрый, медленный, средний;
- 2) структурный, блочный, информационный;
- 3) с известным числом повторений, с постусловием, с предусловием;
- 4) линейный, разветвленный, условный.

### **Вопрос № 2** (один верный ответ)

Количество повторений арифметического цикла ...

*Варианты ответов:*

- 1) заранее неизвестно и определяется условием задачи;
- 2) имеет конкретное значение, определяемое шагом изменения параметра;
- 3) является неопределяемой величиной;
- 4) бесконечно;
- 5) определяется с помощью генератора случайных чисел.

### **Вопрос № 3** (один верный ответ)

Последовательность команд, выполняемая в цикле, представляет собой ...

*Варианты ответов:*

- 1) тело цикла;
- 2) шаг изменения параметра цикла;
- 3) параметр цикла;
- 4) счетчик цикла.

**Вопрос № 4** (один верный ответ)

Для реализации арифметического цикла служит оператор ...

*Варианты ответов:*

- 1) Do ... Loop;
- 2) For ... Next;
- 3) While ... Wend.

**Вопрос № 5** (один верный ответ)

Определите результирующее значение переменной  $p$  при  $x = 5$ :

```
For k = 11 To 4 Step -1
  If k Mod 2 = 0 Then
    p = x ^ 2
  ElseIf k Mod 3 = 0 Then
    p = x ^ 3
  Else
    p = x
  End If
Next k
Debug.Print "p = "; p
```

*Варианты ответов:*

- 1)  $p = 25$ ;
- 2)  $p = 16$ ;
- 3) программа записана с ошибкой и не может быть выполнена.

Библиографический список

1. Лебедев, В. М. Программирование на VBA в MS Excel : учебное пособие / В. М. Лебедев. – Москва : Юрайт, 2020. – 306 с. – Текст : непосредственный.

2. Казанский, А. А. Прикладное программирование на Excel 2019 : учебное пособие / А. А. Казанский. – Москва : Юрайт, 2020. – 171 с. – Текст : непосредственный.

3. ГОСТ 19.701-90 (ИСО 5807-85). Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения. – Москва : Изд-во стандартов, 1990. – 36 с. – Текст : непосредственный.

*Учебное издание*

СИДОРОВА Елена Анатольевна,  
ДОЛГОВА Анна Владимировна,  
ЖЕЛЕЗНЯК Светлана Петровна

ПРОГРАММИРОВАНИЕ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ НА VBA

Учебно-методическое пособие

---

Редактор Н. А. Майорова

\*\*\*

Подписано в печать 18.02.2021. Формат  $60 \times 84 \frac{1}{16}$ .  
Офсетная печать. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 1,9. Уч.-изд. л. 2,1.  
Тираж 80 экз. Заказ .

\*\*

Редакционно-издательский отдел ОмГУПСа  
Типография ОмГУПСа

\*

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35