

Е. А. СИДОРОВА, А. В. ДОЛГОВА

**РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУР-ФУНКЦИЙ И
ПОДПРОГРАММ НА VBA**

ОМСК 2022

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

Е. А. Сидорова, А. В. Долгова

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУР-ФУНКЦИЙ И
ПОДПРОГРАММ НА VBA

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

Омск 2022

УДК 004.42 (075.8)
ББК 32.973-018.2я73
С34

Реализация процедур-функций и подпрограмм на VBA: Учебно-методическое пособие к выполнению самостоятельной и лабораторных работ / Е. А. Сидорова, А. В. Долгова; Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2022. 32 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 процедур-функций и процедур-подпрограмм. 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.: 4 назв. Табл. 9. Рис. 14.

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
1. Общие требования к выполнению заданий	6
2. Процедуры-функции	8
3. Процедуры-подпрограммы	13
4. Задания	20
5. Контрольные вопросы	28
6. Примеры тестовых вопросов	28
Библиографический список.....	31

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 данного редактора является удобный интерфейс, наличие всех необходимых средств управления программным кодом, а также большое количество встроенных готовых объектов, к которым может обращаться разработчик проекта.

В пособии приведены краткие теоретические сведения по алгоритмизации и программированию процедур-функций и процедур-подпрограмм на VBA. Рассмотрены основные этапы выполнения заданий, приведены примеры графических схем алгоритмов и листинги программ решения поставленных задач. Представлены контрольные и тестовые вопросы, а также 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) данные на листе Excel разместить, начиная со строки 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) при цветовом оформлении вывода данных на лист Excel оттенок заданного базового цвета в модели RGB установить равным $200 + \text{ИВ}$;

з) 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_18_лаб 13.xlsm Иванов_19_КСР 6.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_ПФ1_з1_в5
Процедура	Фамилия_Тема_зN_вN	Аналогично рабочему листу Excel	Иванов_ПФ_з1_в5
	Фамилия_Тема_зN_вN_способN	Выполнение задания <i>способом N</i> (при наличии нескольких способов решения задачи)	Иванов_ПФ_з1_в5_способ1

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

2. ПРОЦЕДУРЫ-ФУНКЦИИ

Все исполняемые инструкции в VBA должны находиться в пределах некоторой процедуры. *Процедура* представляет собой именованную последовательность действий, к которой можно многократно обращаться с разными исходными данными в разных местах программы. Основными такими структурами являются процедуры типа Sub (подпрограммы) и процедуры типа Function (функции).

Процедуры-функции (ПФ) называют также пользовательскими функциями. По смыслу они аналогичны встроенным функциям VBA и, как правило, предназначены для вычисления некоторого значения и передачи его в головную программу. Например, если в расчетах неоднократно встречается выражение одного и того же вида, целесообразно описать его как ПФ и затем применять ее в программе наравне со стандартными функциями (Sin, Cos и др.).

Пример 1. Составить ГСА и программу вычисления значения выражения с применением ПФ по заданию из табл. 2.1.

Таблица 2.1

Задание для примера 1

Вариант	Выражение для расчета	Исходные данные	Результат
вN	$Z = \arccos ba - \frac{\arccos b^3}{\sqrt{\arccos a}}$	$a = 0,93$ $b = 0,34$	$Z = -1,25$

В заданном выражении три раза фигурирует функция арккосинуса для различных аргументов. В перечне встроенных функций VBA эта функция отсутствует. Для определения функции арккосинуса можно применять известное

математическое соотношение $\arccos(x) = \arctg\left(\frac{\sqrt{1-x^2}}{x}\right)$, используя для вычисления

арктангенса встроенную функцию Atn. При трехкратной подстановке указанного соотношения в выражение для расчета Z результирующая формула становится громоздкой, поэтому целесообразно соотношение для определения арккосинуса реализовать в виде отдельной ПФ и обращаться к ней, указывая фактические параметры.

ГСА решения примера 1 с описанием выполняемых действий приведена на рис. 2.1. Алгоритм решения данной задачи представляет собой обычный линейный процесс, при этом в блоке 3 значение выражения Z вычисляется посредством трехкратного обращения к ПФ $\arccos(x)$.

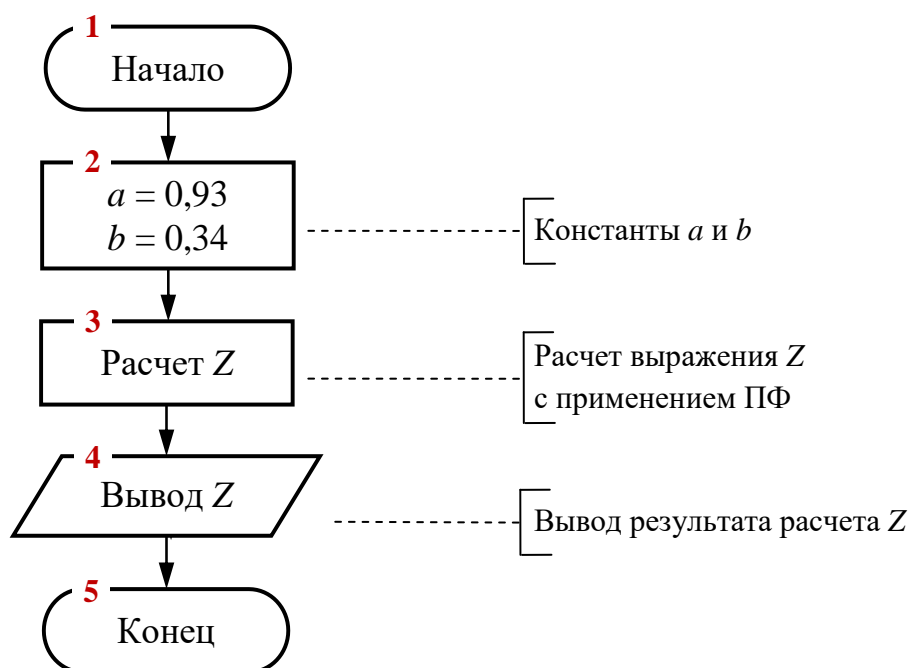


Рис. 2.1. ГСА решения примера 1

В соответствии с ГСА составим программу расчета, которая включает в себя ПФ `arccos` и процедуру расчета Z (особенности описания ПФ и обращения к ней подробно рассмотрены в работе [3, п. 9.3]). Для контроля правильности работы ПФ организуем в ней вывод аргумента и соответствующего ему значения функции арккосинуса в окно отладки `Immediate`. Результат расчета Z выведем в диалоговое окно `MsgBox`. Листинг программы решения примера 1 с подробными комментариями приведен на рис. 2.2, результат ее работы – на рис. 2.3.

<code>Function arccos(x) As Single</code>	'Начало ПФ
<code>arccos = Atn(Sqr(1 - x ^ 2) / x)</code>	'Расчет функции arccos для значения x
<code>Debug.Print "При x = "; Format(x, "0.0000"), _</code> <code>" arccos(x) = "; Format(arccos, "0.0000")</code>	'Вывод значений x и arccos в окно отладки
<code>End Function</code>	'Конец ПФ
<hr/>	
<code>Sub Фамилия_ПФ_зN_вN()</code>	'Начало процедуры
<code>Dim Z As Single</code>	'Объявление переменной Z
<code>Const a As Single = 0.93, b As Single = 0.34</code>	'Объявление констант a и b
<code>Worksheets("Фамилия_ПФ_зN_вN").Select</code>	'Выбор рабочего листа
<code>Z = arccos(b * a) - arccos(b ^ 3) / Sqr(arccos(a))</code>	'Расчет выражения Z
<code>MsgBox "Результат Z = " & Format(Z, "0.00")</code>	'Вывод результата Z в диалоговое окно
<code>End Sub</code>	'Конец процедуры

Рис. 2.2. Листинг программы решения примера 1

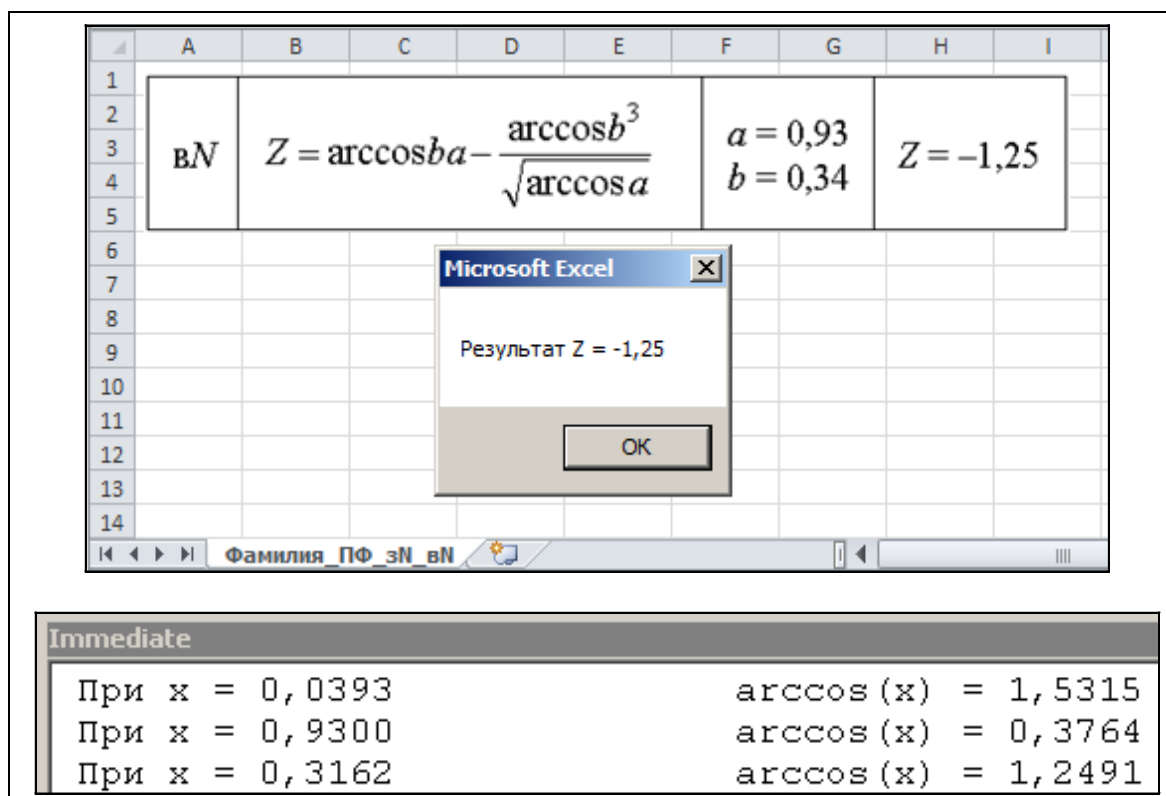


Рис. 2.3. Результат решения примера 1

Сравнение полученного результата с указанным в задании контрольным значением позволяет сделать вывод о том, что задача решена верно.

Пример 2. Составить ГСА и программу вычисления значения выражения с применением ПФ по заданию из табл. 2.2.

Таблица 2.2

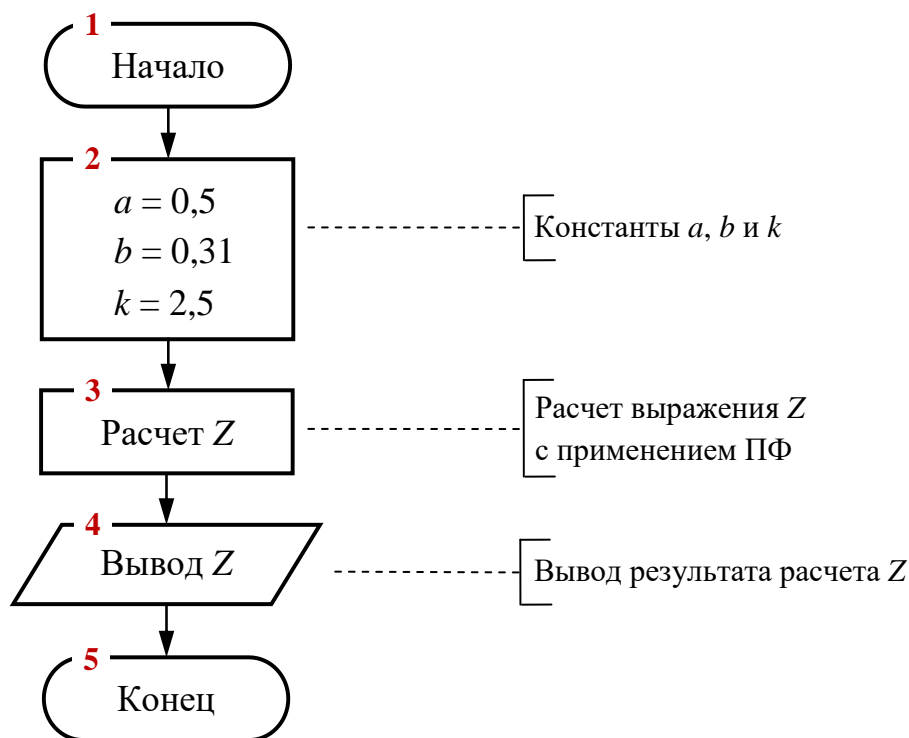
Задание для примера 2

Вариант	Выражение для расчета	Исходные данные	Результат
BN	$Z = \sqrt{\operatorname{ctg} b + b^2} - ka + \frac{\sqrt[4]{\operatorname{ctg} k + k^2} - ab}{\sqrt[3]{\operatorname{ctg} a + a^2} - kb}$	$a = 0,5$ $b = 0,31$ $k = 2,5$	$Z = 3,20$

В заданное выражение Z входят три фрагмента, вид которых одинаков за исключением степени корня. Чтобы представить эти фрагменты в общем виде, введем для обозначения степени корня дополнительную переменную n . Тогда обобщенный фрагмент можно записать как функцию, зависящую

от четырех аргументов: $F(x, y, m, n) = \sqrt[n]{\operatorname{ctg} x + x^2} - ym$. При подстановке в эту функцию фактических параметров каждого исходного фрагмента выражение для расчета Z примет вид: $Z = F(b, k, a, 2) + \frac{F(k, a, b, 4)}{F(a, k, b, 3)}$.

ГСА решения примера 2 с описанием выполняемых действий приведена на [рис. 2.4](#).



[Рис. 2.4](#). ГСА решения примера 2

В соответствии с ГСА составим программу расчета, структура которой аналогична программе примера 1. Вывод значений аргументов и соответствующих им значений функции F организуем в окно отладки Immediate. Результирующее значение выражения Z выведем в диалоговое окно MsgBox. Листинг программы решения примера 2 с подробными комментариями приведен на [рис. 2.5](#), результат ее работы – на [рис. 2.6](#). Сравнение полученного результата с указанным в задании контрольным значением позволяет сделать вывод о том, что задача решена верно.

Function F(x, y, m, n) As Single	'Начало ПФ
F = (1 / Tan(x) + x ^ 2) ^ (1 / n) - y * m	'Расчет функции F для значений x, y, m, n
'Вывод значений x, y, m, n и F в окно отладки:	
Debug.Print "При x = "; x, "y = "; y, "m = "; m, "n = "; n, "функция F = "; Format(F, "0.0000")	
End Function	'Конец ПФ
<hr/>	
Sub Фамилия_ПФ_эN_вN()	'Начало процедуры
Dim Z As Single	'Объявление переменной
Const a As Single = 0.5, b As Single = 0.31	'Объявление констант a и b
Const k As Single = 2.5	'Объявление константы k
Worksheets("Фамилия_ПФ_эN_вN").Select	'Выбор рабочего листа
Z = F(b, k, a, 2) + F(k, a, b, 4) / F(a, k, b, 3)	'Расчет выражения Z
MsgBox "Результат Z = " & Format(Z, "0.00")	'Вывод результата Z в диалоговое окно
End Sub	'Конец процедуры

Рис. 2.5. Листинг программы решения примера 2

The screenshot shows a Microsoft Excel window with a worksheet named 'Фамилия_ПФ_эN_вN'. The worksheet contains a formula for Z in cell B2, which is $Z = \sqrt{\text{ctg } b + b^2} - ka + \frac{4\sqrt{\text{ctg } k + k^2} - ab}{3\sqrt{\text{ctg } a + a^2} - kb}$. The values of the constants are: a = 0,5, b = 0,31, k = 2,5. The result Z is 3,20. A dialog box titled 'Microsoft Excel' is open, displaying 'Результат Z = 3,20' and an 'OK' button.

Below the Excel window is the Immediate window, which shows the results of the function F for different input values:

Immediate									
При x =	2,5	y =	0,5	m =	0,31	n =	4	функция F =	1,3337
При x =	0,5	y =	2,5	m =	0,31	n =	3	функция F =	0,5016
При x =	0,31	y =	2,5	m =	0,5	n =	2	функция F =	0,5439

Рис. 2.6. Результат решения примера 2

3. ПРОЦЕДУРЫ-ПОДПРОГРАММЫ

В отличие от ПФ, возвращающей единственное значение, процедура-подпрограмма (ПП) может содержать аргументы, получать входные значения, выполнять любые действия и возвращать любое количество значений. В отдельную ПП обычно выделяют часто повторяющиеся действия или обособленные фрагменты вычислений.

Условия существования решений задач и формулы, необходимые при выполнении индивидуальных вариантов заданий

1. Система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) вида
$$\begin{cases} ax + by = u \\ cx + dy = v \end{cases}$$

имеет единственное решение, если $ad - bc \neq 0$. Решением СЛАУ являются:

$$y = \frac{va - cu}{ad - bc}; \quad x = \frac{u - by}{a}. \quad (3.1)$$

2. Квадратное уравнение вида $ax^2 + bx + c = 0$ имеет действительные корни только в том случае, если его дискриминант $D = b^2 - 4ac \geq 0$. Общая формула для вычисления корней:

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{D}}{2a}. \quad (3.2)$$

3. Треугольник со сторонами a, b, c существует только тогда, когда сумма любых двух его сторон больше третьей (проверка выполняется для каждой стороны). Площадь треугольника можно вычислить по формуле Герона:

$$S = \sqrt{p \cdot (p - a) \cdot (p - b) \cdot (p - c)}, \quad (3.3)$$

где $p = \frac{1}{2}(a + b + c)$ – полупериметр треугольника.

4. Факториал числа k (k – целое, $k \geq 1$) представляет собой произведение натуральных чисел от 1 до k включительно и вычисляется по формуле:

$$k! = \prod_{i=1}^k i. \quad (3.4)$$

Пример 3. Составить ГСА и программу решения систем линейных алгебраических уравнений с применением ПП по заданию из табл. 3.1.

Таблица 3.1

Задание для примера 3

Вариант	Условие задачи	Результат
ВН	Решить системы уравнений: $\begin{cases} 3x + y = 7; \\ -5x + 2y = 3 \end{cases} \quad \begin{cases} 2x + y = 12; \\ 7x - 2y = 31 \end{cases}$	$\begin{matrix} x_1 = 1 & y_1 = 4 \\ x_2 = 5 & y_2 = 2 \end{matrix}$

Для решения поставленной задачи нужно дважды выполнить одну и ту же последовательность действий для СЛАУ с разными коэффициентами, поэтому реализуем решение СЛАУ по формуле (3.1) в общем виде в отдельной подпрограмме `slay` и потом будем обращаться к ней в основной программе, каждый раз указывая фактические параметры.

ГСА основной программы и ПП `slay` для решения примера 3 с описанием выполняемых действий приведены на рис. 3.1, 3.2.

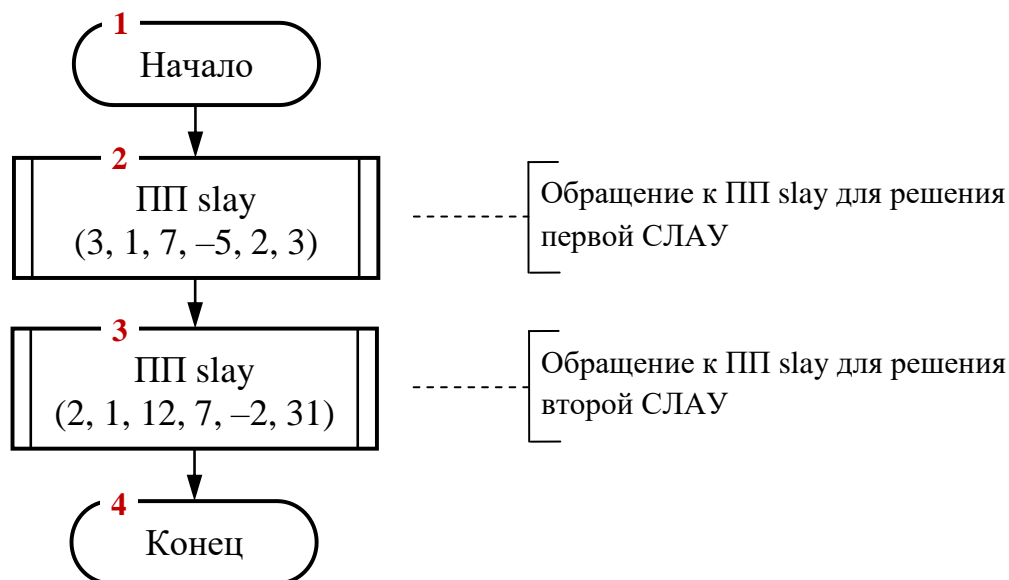


Рис. 3.1. ГСА основной программы для решения примера 3

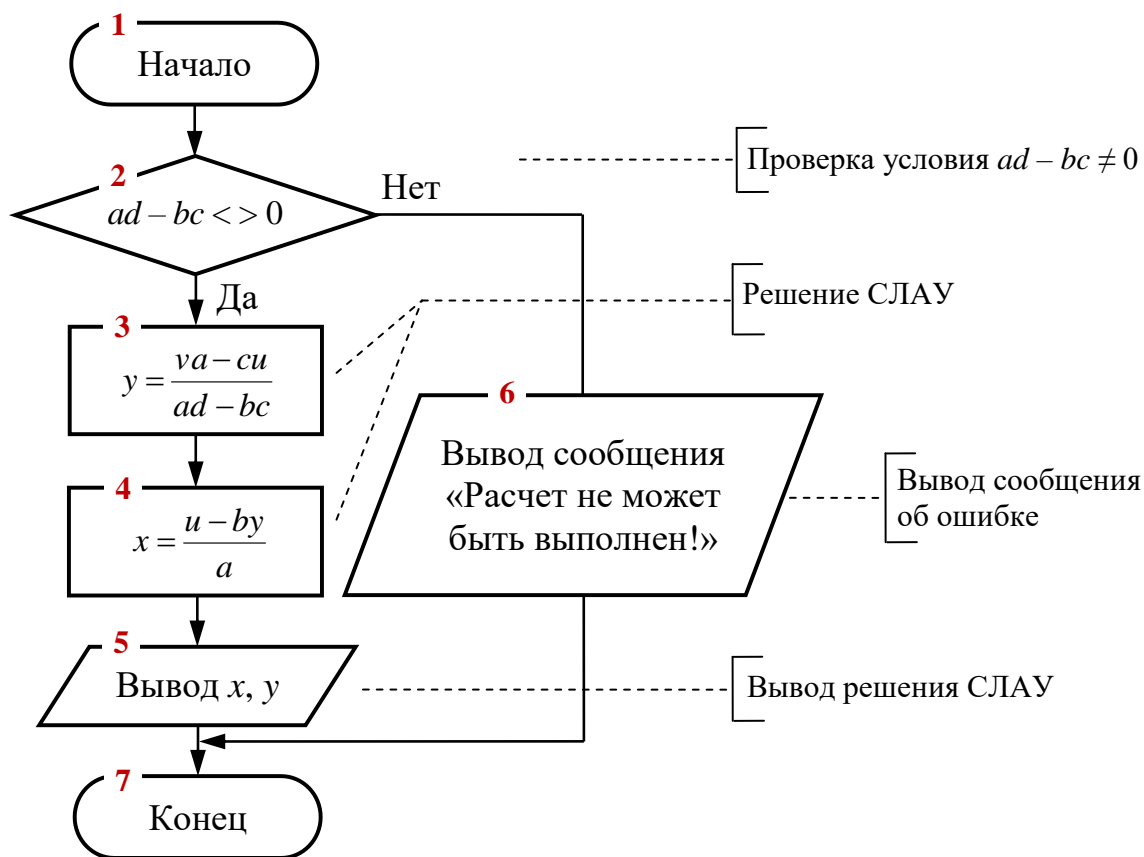


Рис. 3.2. ГСА подпрограммы `slau` для решения примера 3

В соответствии с ГСА составим программу расчета, которая включает в себя основную процедуру и ПП `slau`. Для наглядного вывода результатов расчета на лист Excel введем в программу дополнительные переменные: *nstr* – для нумерации строк на листе Excel, *k* – счетчик числа обращений к ПП. Поскольку эти переменные фигурируют и в основной процедуре, и в ПП, их необходимо объявить в разделе общих объявлений модуля.

В основной программе обращение к ПП осуществляется с помощью оператора `Call` с указанием соответствующих значений коэффициентов СЛАУ (особенности создания ПП и обращения к ней подробно рассмотрены в работе [3, п. 9.4]). Результаты расчета выведем на лист Excel в ПП `slau`. Листинг программы решения примера 3 с подробными комментариями приведен на рис. 3.3, результат ее работы – на рис. 3.4. Сравнение полученных результатов с указанными в задании контрольными значениями позволяет сделать вывод о том, что задача решена верно.

'Раздел общих объявлений модуля

Dim nstr As Byte, k As Byte 'nstr – номер строки на листе Excel, k – число обращений к ПП

```
Sub Фамилия_ПП_зN_вN()
    Worksheets("Фамилия_ПП_зN_вN").Select
    Range("A:E").Clear
    nstr = 10
    k = 0
    Cells(nstr, 1) = "№ СЛАУ" : Cells(nstr, 2) = "x" : Cells(nstr, 3) = "y"
    Call slay(3, 1, 7, -5, 2, 3)
    Call slay(2, 1, 12, 7, -2, 31)
End Sub
```

'Начало основной процедуры
'Выбор рабочего листа
'Очистка столбцов с А по Е
'Номер начальной строки для вывода результатов
'Начальное значение числа обращений к ПП
'Вывод заголовков столбцов
'Вызов ПП slay для решения первой СЛАУ
'Вызов ПП slay для решения второй СЛАУ
'Конец основной процедуры

```
Sub slay(a, b, u, c, d, v)
    Dim x As Single, y As Single
    If a * d - b * c <> 0 Then
        y = (v * a - c * u) / (a * d - b * c)
        x = (u - b * y) / a
        nstr = nstr + 1
        k = k + 1
        Cells(nstr, 1) = k : Cells(nstr, 2) = x : Cells(nstr, 3) = y
    Else
        MsgBox "Расчет не может быть выполнен!": Exit Sub
    End If
End Sub
```

'Начало подпрограммы slay
'Объявление переменных
'Проверка условия существования решения
'Решение СЛАУ
'Наращивание номера строки
'Наращивание числа обращений к ПП
'Вывод результатов решения СЛАУ
'Сообщение об ошибке и выход из ПП
'Конец подпрограммы slay

Рис. 3.3. Листинг программы решения примера 3

	A	B	C	D	E
6					
7		Решить системы уравнений:			
8	вN	$\begin{cases} 3x + y = 7; \\ -5x + 2y = 3 \end{cases}$	$\begin{cases} 2x + y = 12; \\ 7x - 2y = 31 \end{cases}$	$\begin{matrix} x_1 = 1 & y_1 = 4 \\ x_2 = 5 & y_2 = 2 \end{matrix}$	
9					
10	№ СЛАУ	x	y		
11	1	1	4		
12	2	5	2		
13					

Рис. 3.4. Результат решения примера 3

Пример 4. Дополнить ГСА и программу решения примера 3 для определения искомого значения по заданию из табл. 3.2.

Таблица 3.2

Задание для примера 4

Вариант	Искомое значение	Результат
вN	Наибольший из корней уравнений	$max = 5$

ГСА основной программы для решения примера 4 с описанием выполняемых действий приведена на рис. 3.5. Данная ГСА отличается от соответствующей ГСА решения примера 3 (см. рис. 3.1) тем, что в ней для хранения наибольшего корня всех уравнений предусмотрена дополнительная переменная max , для которой в блоке 2 задано начальное значение, в блоке 5 организован ее вывод.

ГСА ПП *slay* для решения примера 4 с описанием выполняемых действий приведена на рис. 3.6, она отличается от соответствующей ГСА решения примера 3 (см. рис. 3.2) наличием поиска наибольшего корня (блоки 7 – 10).

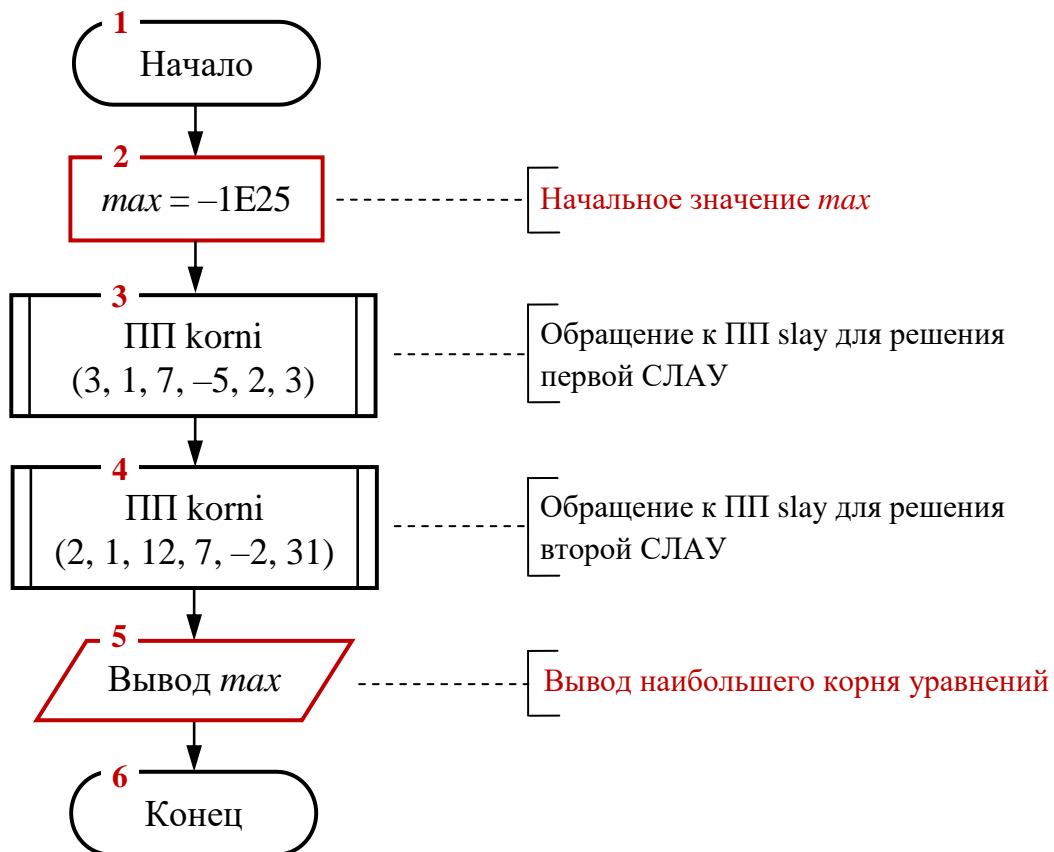


Рис. 3.5. ГСА основной программы для решения примера 4

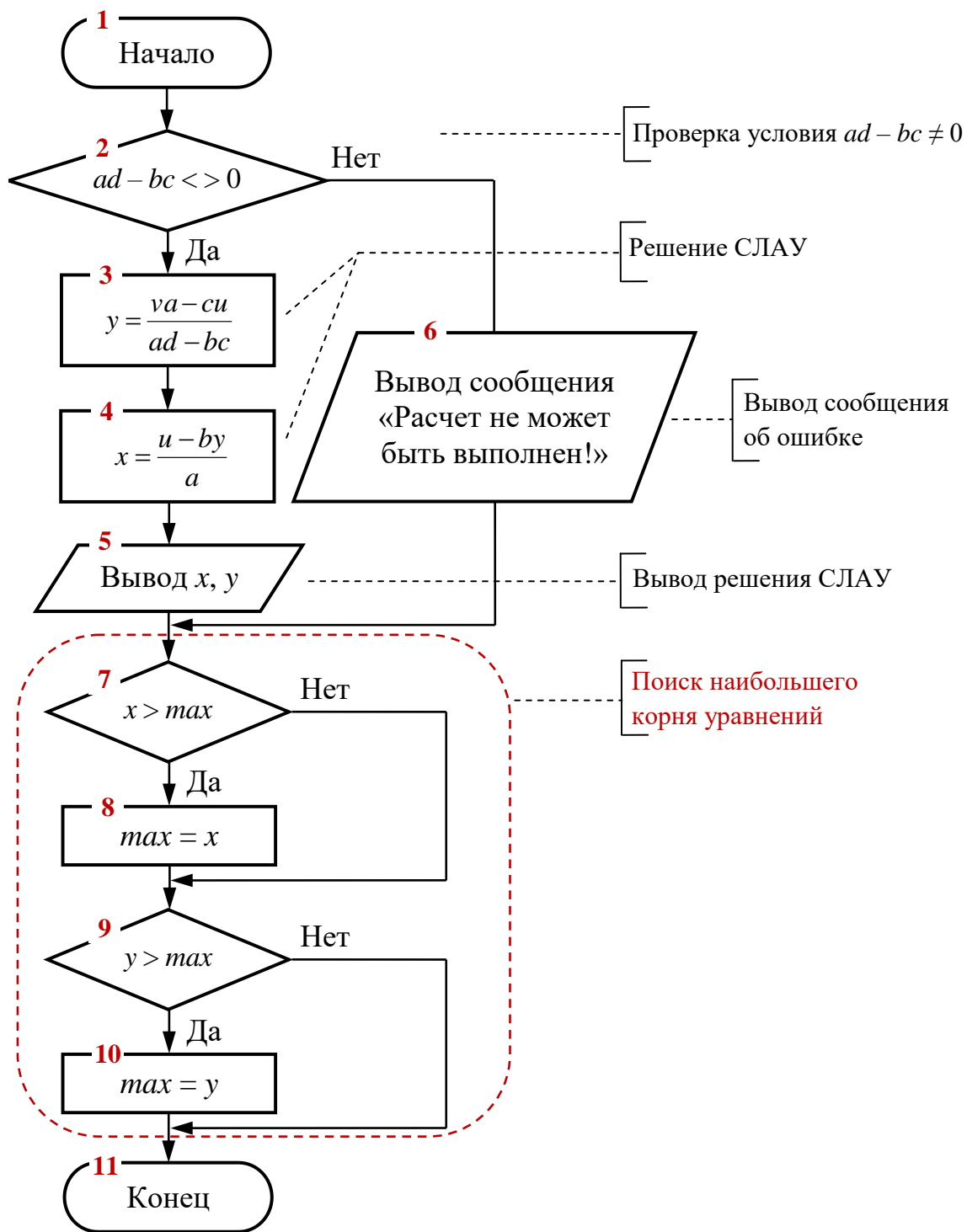


Рис. 3.6. ГСА подпрограммы slau для решения примера 4

В соответствии с ГСА составим программу расчета. В основной процедуре зададим начальное значение переменной max , а в подпрограмме организуем ее вычисление. Так как переменная max используется и в основной процедуре, и в ПП, ее необходимо объявить в разделе общих объявлений модуля. Результаты расчетов выведем на лист Excel.

Листинг программы решения примера 4 с подробными комментариями приведен на [рис. 3.7](#), результат ее работы – на [рис. 3.8](#).

'Раздел общих объявлений модуля	
Dim nstr As Byte, k As Byte	'nstr – номер строки на листе Excel, k – число обращений к ПП
Dim max As Single	'Объявление переменной max

Sub Фамилия_ПП_эN_вN()	'Начало основной процедуры
Worksheets("Фамилия_ПП_эN_вN").Select	'Выбор рабочего листа
Range("A:E").Clear	'Очистка столбцов с А по Е
nstr = 10	'Номер начальной строки для вывода результатов
k = 0	'Начальное значение числа обращений к ПП
max = -1E+25	'Начальное значение max
Cells(nstr, 1) = "№ СЛАУ" : Cells(nstr, 2) = "x" : Cells(nstr, 3) = "y"	'Вывод заголовков столбцов
Call slay(3, 1, 7, -5, 2, 3)	'Вызов ПП slay для решения первой СЛАУ
Call slay(2, 1, 12, 7, -2, 31)	'Вызов ПП slay для решения второй СЛАУ
nstr = nstr + 2	'Наращивание номера строки
Cells(nstr, 1) = "Наибольший корень = " : Cells(nstr, 2) = max	'Вывод результирующего значения max
End Sub	'Конец основной процедуры

Sub slay(a, b, u, c, d, v)	'Начало подпрограммы slay
Dim x As Single, y As Single	'Объявление переменных
If a * d - b * c <> 0 Then	'Проверка условия существования решения
y = (v * a - c * u) / (a * d - b * c)	'Решение СЛАУ
x = (u - b * y) / a	
nstr = nstr + 1	'Наращивание номера строки
k = k + 1	'Наращивание числа обращений к ПП
Cells(nstr, 1) = k : Cells(nstr, 2) = x : Cells(nstr, 3) = y	'Вывод результатов решения СЛАУ
Else	
MsgBox "Расчет не может быть выполнен!": Exit Sub	'Сообщение об ошибке и выход из ПП
End If	
If x > max Then max = x	'Поиск наибольшего корня уравнений
If y > max Then max = y	
End Sub	'Конец подпрограммы slay

Рис. 3.7. Листинг программы решения примера 4

	A	B	C	D	
4					
5	вN	Решить системы уравнений: $\begin{cases} 3x + y = 7; \\ -5x + 2y = 3 \end{cases} \quad \begin{cases} 2x + y = 12; \\ 7x - 2y = 31 \end{cases}$		$\begin{matrix} x_1 = 1 & y_1 = 4 \\ x_2 = 5 & y_2 = 2 \end{matrix}$	
6					
7					
8					
9	вN	Наибольший из корней уравнений		max = 5	
10		№ СЛАУ	x	y	
11		1	1	4	
12		2	5	2	
13					
14	Наибольший корень =		5		

Рис. 3.8. Результат решения примера 4

Сравнение полученных результатов с указанными в задании контрольными значениями позволяет сделать вывод о том, что задача решена верно.

4. ЗАДАНИЯ

Задание 1. В соответствии с общими требованиями к выполнению заданий (см. [разд. 1](#)) и индивидуальным вариантом ([табл. 4.1](#)) составить ГСА и программу вычисления значения выражения с применением ПФ. Работу выполнить и оформить по образцу [примера 1](#). Краткое обозначение темы задания 1 в именах объектов – ПФ.

Таблица 4.1

Индивидуальные варианты задания 1

Вариант	Выражение для расчета	Исходные данные	Результат
1	2	3	4
0	$Z = \arcsin a - \sqrt{\frac{21 + \arcsin b^2}{ \arcsin(0,25 - a) }}$	$\begin{matrix} a = 0,56 \\ b = 0,5 \end{matrix}$	$Z = -7,62$

Продолжение табл. 4.1

1	2	3	4
1	$Y = \frac{3,6 - \arccos(a - 0,4)}{\arccos a^2} + \arccos^2 a$	$a = 0,32$	$Y = 5,02$
2	$W = \frac{\arcsin(a + x) + \arcsin^3 \ln x}{a + \arcsin \sqrt{ax}}$	$x = 0,6$ $a = 0,02$	$W = 3,97$
3	$B = \frac{\lg^2(x + a) + \sqrt[3]{\lg x}}{a + \lg(a + x)}$	$x = 1,5$ $a = 7,3$	$B = 0,18$
4	$Z = \frac{\arcsin a^2 - \ln ab + 4}{2 \arcsin \sqrt{b + 3,2}}$	$a = 0,123$ $b = -2,4$	$Z = 2,36$
5	$Q = \arccos ax - \frac{\arccos^3 x - \ln x}{3,3 + \arccos(x - a)}$	$x = 0,15$ $a = 1,13$	$Q = -0,14$
6	$A = \frac{\lg y^2 + \log_b y}{\log_{y+2}(4,5 - y)}$	$y = 4$ $b = 3,2$	$A = -6,19$
7	$D = \frac{8,9 + \arcsin x^2}{\sqrt[3]{\arcsin(x + 0,3)}} - \arcsin^3 x$	$x = 0,5$	$D = 9,24$
8	$S = \frac{\arccos \sqrt{x}}{\arccos(0,2 + x^3)} + \frac{\arccos x^2}{e^{\pi x}}$	$x = 0,147$	$S = 1,84$
9	$K = \frac{\lg^2(x + a) + \sqrt[5]{\log_2 x}}{\log_3 x^3 + \lg(a + x)}$	$x = 4,5$ $a = 7,7$	$K = 0,45$
10	$Z = \arcsin \sqrt{1,02 - ab^2} - \frac{\sqrt{\arcsin a - \ln b}}{\arcsin b^3}$	$a = 0,61$ $b = 0,32$	$Z = -39,52$
11	$R = \frac{\sqrt{\arccos x^2}}{3,5 + \arccos \pi x} - \arccos^2 x^3$	$x = 0,015$	$R = -2,22$
12	$A = \frac{5,8 + \arcsin x^2}{\sqrt[3]{\arcsin(x + b)}} + b^2 \arcsin bx$	$x = 0,8$ $b = 0,09$	$A = 6,30$

Окончание табл. 4.1

1	2	3	4
13	$Z = \frac{\lg \sqrt{x - \sin a^2}}{a + \lg^3 x^2} + \lg \sqrt{ax}$	$x = 7,3$ $a = 1,25$	$Z = 0,54$
14	$F = \arccos(1 - e^x) - \frac{\arccos(\sin x + b)}{\sqrt[3]{\arccos x^2}}$	$x = 0,3$ $b = -0,95$	$F = -0,46$
15	$N = \arcsin a - \frac{\sqrt{ \arcsin(2a) }}{a - \arcsin^3 b}$	$a = 0,025$ $b = -0,16$	$N = -7,65$
16	$Z = \log_2(b + \sqrt{x}) + \frac{\cos x^2 - \log_b x}{\lg^3 x^2}$	$b = 3$ $x = 6,08$	$Z = 2,22$
17	$Y = \frac{\sqrt{\arccos(x^2 - \ln x)}}{\arccos x^3} - \arccos \pi x^2$	$x = 0,5$	$Y = -0,27$
18	$W = \frac{\log_a x}{\log_{a+x} x - ax} - \log_x(e^x)$	$a = 2$ $x = 5,5$	$W = -3,47$

Задание 2. В соответствии с общими требованиями к выполнению заданий (см. [разд. 1](#)) и индивидуальным вариантом ([табл. 4.2](#)) составить ГСА и программу вычисления значения выражения с применением ПФ. Работу выполнить и оформить по образцу [примера 2](#). Краткое обозначение темы задания 2 в именах объектов – ПФ.

Таблица 4.2

Индивидуальные варианты задания 2

Вариант	Выражение для расчета	Исходные данные	Результат
1	2	3	4
0	$Z = \frac{\operatorname{tg}^3 \sqrt{ab - \sin a^2}}{1 - \operatorname{tg}^3 \sqrt{ca - \sin c^2}} + \operatorname{tg}^3 \sqrt{ba - \sin b^2}$	$a = 3,2$ $b = 4,15$ $c = 6,4$	$Z = 0,40$
1	$P = \cos(\operatorname{arctg}^3 a) - \frac{\cos(\operatorname{arctg}^2(b - a))}{3 \cdot \lg a}$	$a = 6,75$ $b = 4,6$	$P = -1,08$

Продолжение табл. 4.2

1	2	3	4
2	$Y = \frac{4,5 - \ln \sqrt{ z+w + \operatorname{tg}^2 z}}{ w+z + \operatorname{tg}^2 w} + \sqrt[3]{ k+n + \operatorname{tg}^2 k}$	$\begin{aligned} z &= 0,9 \\ k &= 0,22 \\ w &= -6,3 \\ n &= 1,3 \end{aligned}$	$Y = 1,82$
3	$Z = 3,6 - \frac{a + 2ab - \sqrt{\frac{a}{\sin b}}}{\sqrt{b + 2bp - \sqrt{\frac{b}{\sin p}}}}$	$\begin{aligned} a &= 8,23 \\ b &= 3,05 \\ p &= 1,05 \end{aligned}$	$Z = -14,18$
4	$S = 6 \cdot (k + 3b - \ln^2 kb) + \frac{k + 3w - \ln^3 kw}{\sqrt{k + 3b - \ln^4 kb}}$	$\begin{aligned} k &= 0,31 \\ b &= 2,67 \\ w &= 8,1 \end{aligned}$	$S = 57,97$
5	$G = \frac{\operatorname{tg}^2(\sin(\sqrt{ z + \pi \cdot k})) + \sqrt{ \ln k }}{\cos^3 z - \operatorname{tg}^2(\sin(\sqrt{ w + \pi \cdot m}))}$	$\begin{aligned} z &= -3,2 \\ k &= 0,51 \\ w &= -8,1 \\ m &= -0,7 \end{aligned}$	$G = -1,23$
6	$Z = (\sqrt{ \cos a } - ab) \cdot \frac{\sqrt{ \cos k } - ka}{1,2 + \sqrt{ \cos b } - bk}$	$\begin{aligned} a &= 2,4 \\ b &= 7,21 \\ k &= 3,16 \end{aligned}$	$Z = -5,20$
7	$F = \frac{1 - \frac{\cos(a^2 - d + e^{ad})}{\operatorname{tg} a + 3}}{\cos(k^2 - a + e^{ka})}$	$\begin{aligned} a &= 1,14 \\ d &= 2,68 \\ k &= 0,3 \end{aligned}$	$F = 0,96$
8	$Q = \frac{e^k \cdot (1 + \sqrt{\sin(m \cdot p)})}{4,1 + \sqrt{e^p \cdot (1 + \sqrt{\sin(m \cdot k)})}} - \cos(m \cdot k)$	$\begin{aligned} m &= 0,4 \\ k &= 0,27 \\ p &= 2,38 \end{aligned}$	$Q = -0,68$
9	$Z = \operatorname{ctg}\left(\frac{1 - \sin^2 a}{\sqrt{ab}}\right) + \frac{3,6w}{\operatorname{ctg}\left(\frac{1 - \sin^2(2 - ab)}{\sqrt{w}}\right)}$	$\begin{aligned} a &= 4,21 \\ b &= 2,19 \\ w &= 18 \end{aligned}$	$Z = 18,44$
10	$X = \sqrt[3]{\left \frac{\sin \pi z}{\lg z}\right } + 5\sqrt{\left \frac{\sin \pi k}{\lg k}\right } - \frac{a^2 + \ln^2 z}{\sqrt{\left \frac{\sin \pi k}{\lg k}\right }}$	$\begin{aligned} z &= 2,74 \\ k &= 3,35 \\ a &= 1,187 \end{aligned}$	$X = 0,43$
11	$Z = \sqrt[3]{ b^2 - ab + \operatorname{arctg} b } + \frac{\sqrt{ b^2 - ab + \operatorname{arctg} b }}{\sqrt[4]{ k^2 - ak + \operatorname{arctg} k }}$	$\begin{aligned} a &= 2 \\ b &= 3,1 \\ k &= 0,25 \end{aligned}$	$Z = 4,93$

Окончание табл. 4.2

1	2	3	4
12	$W = \frac{\cos^2 a}{\sqrt{\sin^3(z+1) + \sqrt{ \operatorname{tg} z }}} \cdot \left(\sin^2(k+1) + \sqrt{ \operatorname{tg} k } \right)$	$a = 0,736$ $z = 0,015$ $k = 2,421$	$W = 0,65$
13	$H = \sqrt{2 \cdot x^3 - \sin(x+y)} + \frac{\sqrt{2 \cdot y^3 - \sin(y+z)}}{2 \cdot z^3 - \sin(z+x)}$	$x = 2,4$ $y = 1,6$ $z = 3$	$H = 5,38$
14	$Z = 0,2b + \sqrt[3]{a^2 + \frac{a^3 - 1}{\ln b}} - \frac{3}{1 + \sqrt{n^2 + \frac{n^3 - 1}{\ln b}}}$	$a = 1,75$ $b = 6,4$ $n = 2$	$Z = 2,24$
15	$U = \sqrt{\frac{a + d^2 \cdot \sin a}{b + w^2 \cdot \sin b}} \cdot (w + b^2 \cdot \sin w)$	$a = 1,02$ $b = 2,3$ $d = 3,8$ $w = 5,2$	$U = 0,41$
16	$R = \ln \sqrt{\frac{\cos z^2}{\sqrt{k}}} - \lg x + \frac{5 + \sin^3 x}{\sqrt{\frac{\cos k^2}{\sqrt{z}}} - \lg x}$	$z = 5,3$ $k = 9,11$ $x = 0,32$	$R = 5,57$
17	$Z = \sqrt[3]{ak^2 + \sin(\ln k)} - \frac{\sqrt{ad^2 + \sin(\ln d)}}{a + \cos \sqrt{ab^2 + \sin(\ln b)}}$	$a = 0,85$ $k = 6,28$ $d = 2,17$ $b = 5$	$Z = 0,72$
18	$D = \frac{e^{x+3} + \sqrt{ x + \cos^2 a + \lg b^2 }}{\sqrt[4]{ x + \cos^2 z + \lg a^2 }} - \operatorname{tg} \pi x$	$x = 0,17$ $a = 8,5$ $b = -0,2$ $z = 1,3$	$D = 19,96$

Задание 3. В соответствии с общими требованиями к выполнению заданий (см. [разд. 1](#)) и индивидуальным вариантом ([табл. 4.3](#)) составить ГСА и программу решения задачи с применением ПП. Работу выполнить и оформить по образцу [примера 3](#). Краткое обозначение темы задания 3 в именах объектов – ПП.

Индивидуальные варианты задания 3

Вариант	Условие задачи	Результат
1	2	3
0	<p>Вычислить корни квадратных уравнений:</p> $2x^2 - 9,1x + 7,5 = 0$ $5x^2 - 3,4x - 1,2 = 0$ $3,1x^2 - 2,2x + 0,3 = 0$	$x_1 = 3,47 \quad x_2 = 1,08$ $x_1 = 0,94 \quad x_2 = -0,26$ $x_1 = 0,53 \quad x_2 = 0,18$
1	<p>Решить системы уравнений:</p> $\begin{cases} -x - 7y = 2; \\ 5x + 13y = 12 \end{cases} \quad \begin{cases} 6x - 8y = 3; \\ -x + 2y = 4 \end{cases}$	$x_1 = 5 \quad y_1 = -1$ $x_2 = 9,5 \quad y_2 = 6,75$
2	<p>Вычислить площади треугольников по формуле Герона:</p> $a_1 = 3, \quad b_1 = 4, \quad c_1 = 5$ $a_2 = 12, \quad b_2 = 13, \quad c_2 = 14$ $a_3 = 7, \quad b_3 = 3, \quad c_3 = 8$	$S_1 = 6$ $S_2 = 72,31$ $S_3 = 10,39$
3	<p>Определить значения факториалов: $f_1 = 3!, f_2 = 4!, f_3 = 6!$</p>	$f_1 = 6$ $f_2 = 24$ $f_3 = 720$
4	<p>Вычислить корни квадратных уравнений:</p> $1,4x^2 + 4x - 1,5 = 0$ $0,5x^2 - 9x + 7,2 = 0$ $-3,4x^2 + 2x + 1,3 = 0$	$x_1 = 0,34 \quad x_2 = -3,19$ $x_1 = 17,16 \quad x_2 = 0,84$ $x_1 = -0,39 \quad x_2 = 0,98$
5	<p>Решить системы уравнений:</p> $\begin{cases} -x - 7y = 2; \\ 5x + 13y = 12 \end{cases} \quad \begin{cases} 5x + y = 3; \\ 9x + 2y = 4 \end{cases}$	$x_1 = 5 \quad y_1 = -1$ $x_2 = 2 \quad y_2 = -7$
6	<p>Вычислить площади треугольников по формуле Герона:</p> $a_1 = 16, \quad b_1 = 22, \quad c_1 = 12$ $a_2 = 13, \quad b_2 = 21, \quad c_2 = 31$ $a_3 = 6, \quad b_3 = 11, \quad c_3 = 13$	$S_1 = 93,67$ $S_2 = 104,56$ $S_3 = 32,86$
7	<p>Определить значения факториалов: $f_1 = 4!, f_2 = 5!, f_3 = 7!$</p>	$f_1 = 24$ $f_2 = 120$ $f_3 = 5040$

Продолжение табл. 4.3

1	2	3
8	<p>Вычислить корни квадратных уравнений:</p> $-x^2 + 4,1x + 7 = 0$ $5x^2 - 3x - 1,2 = 0$ $3,2x^2 + 2,8x - 0,3 = 0$	$x_1 = -1,3 \quad x_2 = 5,4$ $x_1 = 0,87 \quad x_2 = -0,27$ $x_1 = 0,1 \quad x_2 = -0,97$
9	<p>Решить системы уравнений:</p> $\begin{cases} 2x + 8y = 4; \\ x + 3y = 7 \end{cases} \quad \begin{cases} 5x + y = 3; \\ 9x + 2y = 4 \end{cases}$	$x_1 = 22 \quad y_1 = -5$ $x_2 = 2 \quad y_2 = -7$
10	<p>Вычислить площади треугольников по формуле Герона:</p> $a_1 = 25, \quad b_1 = 16, \quad c_1 = 10$ $a_2 = 31, \quad b_2 = 24, \quad c_2 = 15$ $a_3 = 8, \quad b_3 = 13, \quad c_3 = 15$	$S_1 = 43,33$ $S_2 = 175,50$ $S_3 = 51,96$
11	<p>Определить значения факториалов: $f_1 = 3!, f_2 = 7!, f_3 = 8!$</p>	$f_1 = 6$ $f_2 = 5040$ $f_3 = 40320$
12	<p>Вычислить корни квадратных уравнений:</p> $0,5x^2 - 9x + 7,2 = 0$ $5x^2 - 3,4x - 1,2 = 0$ $4,2x^2 + 5,3x - 0,8 = 0$	$x_1 = 17,16 \quad x_2 = 0,84$ $x_1 = 0,94 \quad x_2 = -0,26$ $x_1 = 0,14 \quad x_2 = -1,4$
13	<p>Решить системы уравнений:</p> $\begin{cases} 5x + y = 3; \\ 9x + 2y = 4 \end{cases} \quad \begin{cases} 6x - 8y = 3; \\ -x + 2y = 4 \end{cases}$	$x_1 = 2 \quad y_1 = -7$ $x_2 = 9,5 \quad y_2 = 6,75$
14	<p>Вычислить площади треугольников по формуле Герона:</p> $a_1 = 3, \quad b_1 = 6, \quad c_1 = 4$ $a_2 = 11, \quad b_2 = 12, \quad c_2 = 15$ $a_3 = 7, \quad b_3 = 4, \quad c_3 = 6$	$S_1 = 5,33$ $S_2 = 65,24$ $S_3 = 11,98$
15	<p>Определить значения факториалов: $f_1 = 4!, f_2 = 5!, f_3 = 6!$</p>	$f_1 = 24$ $f_2 = 120$ $f_3 = 720$
16	<p>Вычислить корни квадратных уравнений:</p> $6x^2 - 7,1x - 3,5 = 0$ $3x^2 - 9,9x - 2,5 = 0$ $7,1x^2 - 8,3x - 2,8 = 0$	$x_1 = 1,56 \quad x_2 = -0,37$ $x_1 = 3,54 \quad x_2 = -0,24$ $x_1 = 1,44 \quad x_2 = -0,27$

Окончание табл. 4.3

1	2	3
17	Решить системы уравнений: $\begin{cases} 2x - 8y = 4; \\ x + 3y = 9 \end{cases} \quad \begin{cases} -x + 7y = 2; \\ 2x + 2y = 12 \end{cases}$	$x_1 = 6 \quad y_1 = 1$ $x_2 = 5 \quad y_2 = 1$
18	Вычислить площади треугольников по формуле Герона: $a_1 = 12, b_1 = 11, c_1 = 7$ $a_2 = 18, b_2 = 15, c_2 = 13$ $a_3 = 27, b_3 = 17, c_3 = 14$	$S_1 = 37,95$ $S_2 = 95,92$ $S_3 = 102,18$

Задание 4. Дополнить ГСА и программу расчета, составленные при выполнении задания 3, для определения искомого значения в соответствии с индивидуальным вариантом (табл. 4.4). Работу выполнить и оформить по образцу примера 4. Краткое обозначение темы задания 4 в именах объектов – ПП.

Таблица 4.4

Индивидуальные варианты задания 4

Вариант	Искомое значение	Результат
1	2	3
0	Наибольший из корней уравнений	$x_{max} = 3,47$
1	Сумма корней всех уравнений	$S = 20,25$
2	Наименьшая площадь треугольника	$S_{min} = 6$
3	Произведение факториалов	$S = 103680$
4	Наименьший из корней уравнений	$x_{min} = -3,19$
5	Произведение корней уравнений	$P = 70$
6	Сумма площадей треугольников	$S_p = 231,1$
7	Среднее арифметическое факториалов	$A = 1728$
8	Произведение корней уравнений	$P = -0,16$
9	Наибольший из корней уравнений	$max = 22$
10	Наибольшая площадь треугольника	$S_{max} = 175,50$
11	Сумма факториалов	$S = 45366$

1	2	3
12	Сумма корней уравнений	$S = 17,42$
13	Наименьший из корней уравнений	$\min = -7$
14	Наименьшая площадь треугольника	$S_{\min} = 5,33$
15	Среднее арифметическое факториалов	$A = 288$
16	Наибольший из корней уравнений	$x_{\max} = 3,54$
17	Сумма корней уравнений	$S = 13$
18	Сумма площадей треугольников	$S_p = 236,04$

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Что такое процедура?
- 2) Перечислите основные типы процедур.
- 3) Для чего предназначены процедуры-функции?
- 4) Сколько значений возвращает процедура типа Function?
- 5) Чем процедура-подпрограмма отличается от процедуры-функции?

6. ПРИМЕРЫ ТЕСТОВЫХ ВОПРОСОВ

Вопрос № 1 (несколько верных ответов)

В качестве фактических параметров при обращении к процедуре типа Function могут выступать ...

Варианты ответов:

- 1) константы;
- 2) переменные;
- 3) арифметические выражения;
- 4) логические операции (And, Or и др.).

Вопрос № 2 (один верный ответ)

В программе на VBA для обращения к процедуре типа Sub служит оператор ...

Варианты ответов:

- 1) Call;
- 2) GoTo;
- 3) Exit Sub;
- 4) обращение к процедуре типа Sub невозможно.

Вопрос № 3 (один верный ответ)

В программе на VBA обращение к процедуре-функции осуществляется ...

Варианты ответов:

- 1) по имени соответствующей функции;
- 2) с помощью оператора GoTo;
- 3) с помощью оператора Do ... Loop;
- 4) с помощью оператора Exit Function.

Вопрос № 4 (Да / Нет)

Имеются ли ошибки в записи процедуры-функции Arcsin?

Function Arcsin(x)

Arcsin(x) = Atn(x / Sqr(1 – x ^ 2))

End Function

Варианты ответов:

- 1) Да;
- 2) Нет.

Вопрос № 5 (один верный ответ)

Количество фактических параметров при обращении к процедуре типа Function ...

Варианты ответов:

- 1) равно количеству формальных параметров;
- 2) на единицу меньше количества формальных параметров;
- 3) на единицу больше количества формальных параметров;
- 4) определяется условием задачи и не зависит от количества формальных параметров.

Вопрос № 6 (один верный ответ)

Какие операторы можно использовать в процедуре-подпрограмме?

Варианты ответов:

- 1) любые;
- 2) только оператор присваивания (вычисления);
- 3) все, кроме операторов циклов;
- 4) все, кроме оператора присваивания.

Вопрос № 7 (один верный ответ)

Какое значение примет переменная *z* после выполнения представленной программы на VBA?

```
Function y(x, a) As Single
```

```
    y = x + a
```

```
    Debug.Print y
```

```
End Function
```

```
Sub Пример()
```

```
    Dim z As Single
```

```
    Const c = 3
```

```
    Const b = 5
```

```
    z = y(c, b) / 2
```

```
    Debug.Print "z = "; z
```

```
End Sub
```

Варианты ответов:

- 1) $z = 4$;
- 2) $z = 8$;
- 3) $z = 2$;
- 4) $z = 1$;
- 5) программа записана с ошибкой и не может быть выполнена.

Вопрос № 8 (один верный ответ)

Какое значение примет переменная *z* после выполнения представленной программы на VBA?

```
Sub raschet(a, b, c, x)
    x = a + b - c
    Debug.Print "x = "; x
End Sub
```

```
Sub Пример()
    Dim x1 As Single, x2 As Single, x3 As Single
    Call raschet(2, 4, 4, x1)
    Call raschet(2, 3, 3, x2)
    Call raschet(2, 5, 5, x3)
    z = x1 + x2 + x3
    Debug.Print "z = "; z
End Sub
```

Варианты ответов:

- 1) $z = 6$;
- 2) $z = 2$;
- 3) $z = 4$;
- 4) 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. Сидорова, Е. А. Основы программирования на языке VBA : учебное пособие / Е. А. Сидорова, С. П. Железняк. – Омск : Омский гос. ун-т путей сообщения, 2021. – 118 с. – Текст : непосредственный.
4. 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

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУР-ФУНКЦИЙ И
ПОДПРОГРАММ НА VBA

Учебно-методическое пособие

Редактор Н. А. Майорова

Подписано в печать 24.02.2022. Формат $60 \times 84 \frac{1}{16}$.
Офсетная печать. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 2,0 . Уч.-изд. л. 2,3.
Тираж 100 экз. Заказ .

**

Редакционно-издательский отдел ОмГУПСа
Типография ОмГУПСа

*

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35