3252

Министерство образования
Республики Беларусь

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Теория механизмов и машин»

Н.Я.Луцко
П.П.Анципорович
Т.И.Булгак

ИНФОРМАТИКА

Контрольные работы
и курсовое проектирование

Минск 2007

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Теория механизмов и машин»

Н.Я.Луцко
П.П.Анципорович
Т.И.Булгак

ИНФОРМАТИКА

Контрольные работы и курсовое проектирование

Методическое пособие
для студентов-заочников
машиностроительных специальностей

*Третье издание,
исправленное и дополненное*

Минск 2007

УДК ~~681.3~~(075.4)
~~ББК 36.45я7~~
~~Л 49~~

Рецензенты:

В.И. Туромша, И.А. Каштальян

Луцко, Н.Я.
Л 49 Информатика. Контрольные работы и курсовое проектирование: методическое пособие для студентов-заочников машиностроительных специальностей / Н.Я. Луцко, П.П. Анципорович, Т.И. Булгак. – Третье издание, исправленное и дополненное. – Минск: БНТУ, 2007. – 71 с.

ISBN 978-985-479-787-8.

Разработанное методическое пособие предназначено для студентов-заочников машиностроительных специальностей, изучающих курс "Информатика". Пособие содержит основные теоретические положения, методические указания и задания для выполнения контрольных и курсовой работ, а также примеры их выполнения.

Второе издание вышло в БНТУ в 2004 г.

УДК 681.3(075.4)
ББК 36.45я7

ISBN 978-985-479-787-8

1. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Алгоритмизация задач

1.1.1. Алгоритм, схема алгоритма, блоки

Для получения требуемых результатов при решении любой задачи необходимо построить алгоритм ее решения.

Алгоритм – конечная последовательность точно определенных действий, приводящая к решению поставленной задачи.

Действия, составляющие алгоритм, должны выполняться последовательно друг за другом. Значения данных, с которыми выполняется очередное действие алгоритма, должны быть обязательно определены. Они могут быть исходными данными или их значения должны вычисляться на предыдущих шагах алгоритма.

Например, для определения скорости тела $v = v_{нач} + at$, где $a = \sin t$, для некоторого момента $t = t_з$ порядок выполнения действий должен иметь вид:

1. Исходные данные – $v_{нач}$, $t_з$
2. $a = \sin t_з$
3. $v = v_{нач} + at_з$.

Изменение этого порядка, например, выполнение действий в виде

1. $v = v_{нач} + at_з$
2. $a = \sin t_з$

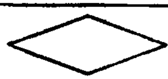
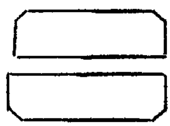
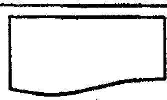
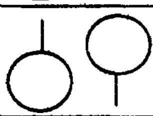
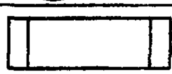
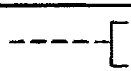
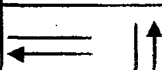
приведет к невозможности вычисления v в п.1 из-за неопределенности a. Такой порядок действий не является алгоритмом.

Алгоритм может быть описан словесно, структурно-стилизованно и графически.

Графическое описание алгоритма (схема алгоритма) – компактная форма изображения алгоритма с помощью специальных графических знаков (символов, блоков) с указанием связей между ними. Символ – определенная геометрическая фигура, внутри которой описывают выполняемую операцию или группу операций. В табл. 1.1 приведены наиболее часто употребляемые символы и даны пояснения к ним.

Таблица 1.1

Условные обозначения

Название символа	Символ	Пояснения
Терминатор		Вход из внешней среды или выход во внешнюю среду (начало и конец программы)
Данные		Ввод-вывод, перечисление объектов, значения которых необходимо ввести или вывести
Процесс		Описание операции или группы операций, в результате которых изменяются значения данных
Модификация		Описывает изменение параметра цикла с заданным числом повторений (начальное и конечное значения)
Решение		Проверка условий и выбор направления выполнения алгоритма
Граница цикла		Начало, конец и условие завершения цикла
Документ		Вывод значений переменных
Соединитель		Перенос схемы на другую страницу
Предопределенный процесс		Обращение к отдельно написанной части алгоритма
Комментарии		Пояснения при необходимости
Линии переходов		Указание последовательности выполнения блоков

1.1.2. Алгоритм линейной структуры

Алгоритм линейной структуры – алгоритм, действия в котором выполняются строго последовательно друг за другом.

Пример. Определить площадь круга S, ограниченного окружностью длиной l.

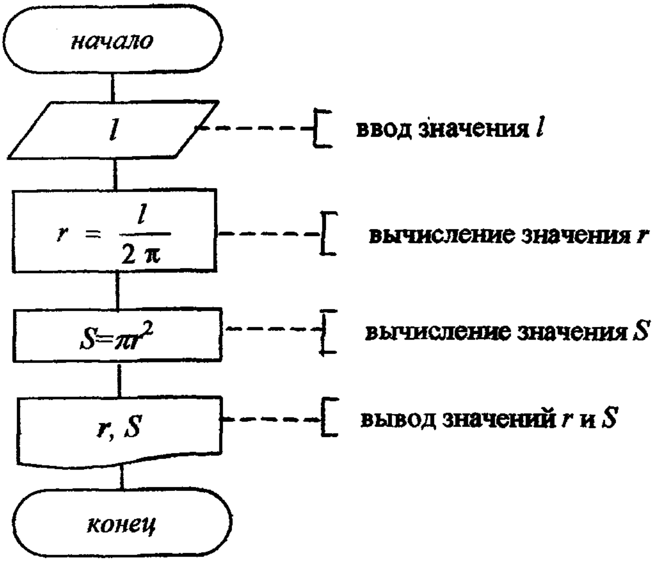
Для решения задачи необходимо вначале построить математическую модель, т.е. определить набор математических формул, позволяющих получить решение задачи.

Так как площадь круга S вычисляется по формуле $S = \pi r^2$, то для ее определения необходимо знать значение r, входящее в формулу длины окружности $l = 2\pi r$. Отсюда $r = \dfrac{l}{2\pi}$.

Тогда алгоритм решения задачи имеет вид

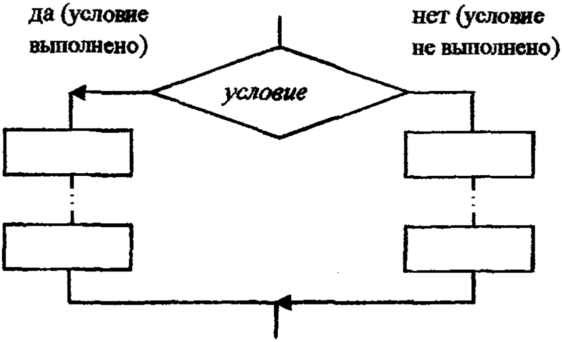
1. Исходное данное – l
2. $r = \dfrac{l}{2\pi}$
3. $S = \pi r^2$.

Схема алгоритма будет иметь следующий вид:



1.1.3. Алгоритм разветвляющейся структуры

Алгоритм, порядок выполнения действий в котором зависит от итогов проверки условия, называется *алгоритмом разветвляющейся структуры*. Его схема имеет такой вид:



На схеме алгоритма разветвление изображается блоком "решение", внутри которого записывается проверяемое условие.

Если условие выполняется, то реализуются действия, предусмотренные направлением "да". В случае невыполнения проверяемого условия реализуются действия, предусмотренные ветвью "нет". Направление "нет" логически определяет выполнение условия, противоположного проверяемому.

Пример 1. Найти корни квадратного уравнения $ax^2 + bx + c = 0$.

Решение уравнения зависит от значения дискриминанта $d = b^2 - 4ac$:

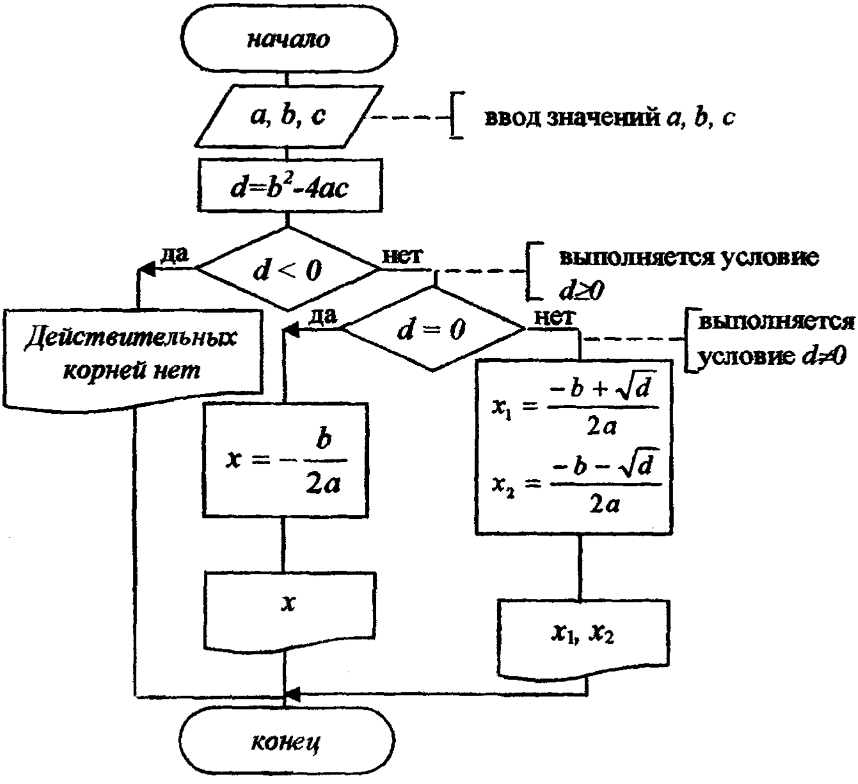
1) если $d < 0$, то действительных корней уравнение не имеет;

2) если $d = 0$, то корни действительные и равные $x = -\dfrac{b}{2a}$;

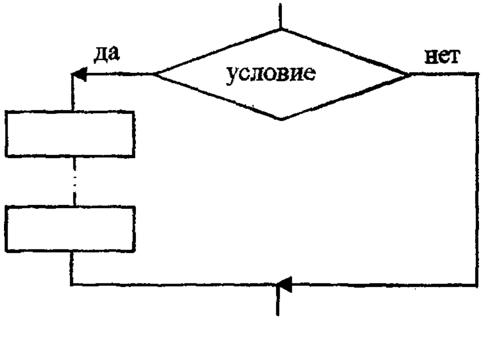
3) если $d > 0$, то корни действительные и разные:

$$x_1 = \frac{-b + \sqrt{d}}{2a};\ x_2 = \frac{-b - \sqrt{d}}{2a}.$$

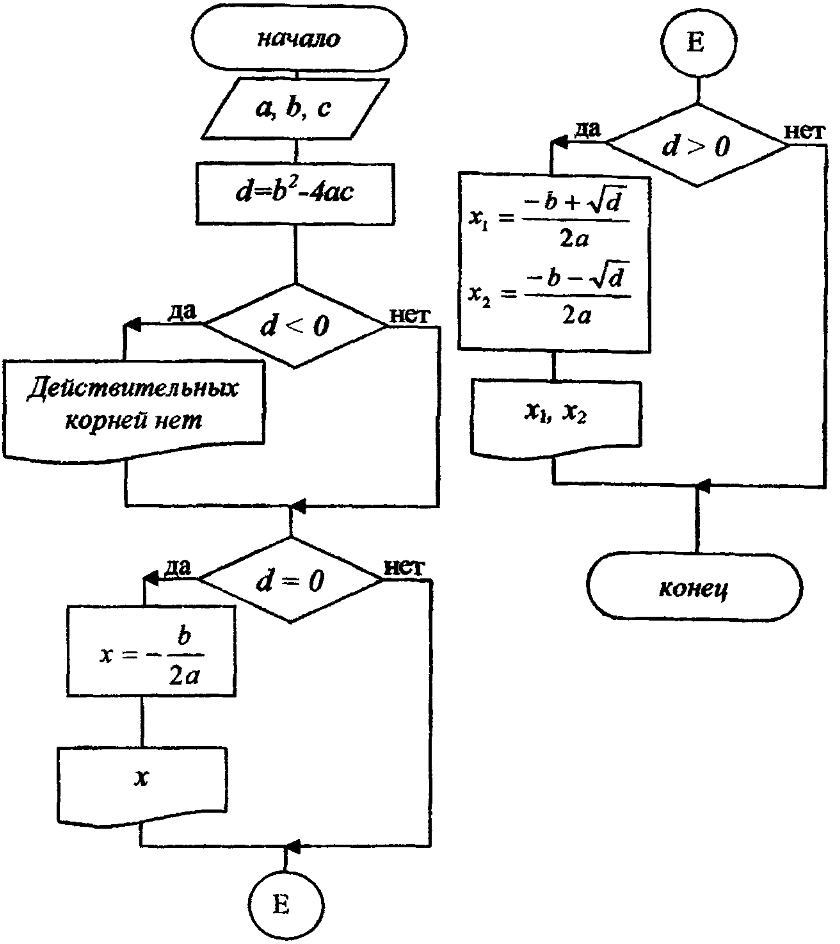
Схема алгоритма решения квадратного уравнения имеет вид



Если алгоритм содержит несколько вложенных друг в друга разветвлений, то эффективно использовать разветвление с "пустой" веткой "нет":

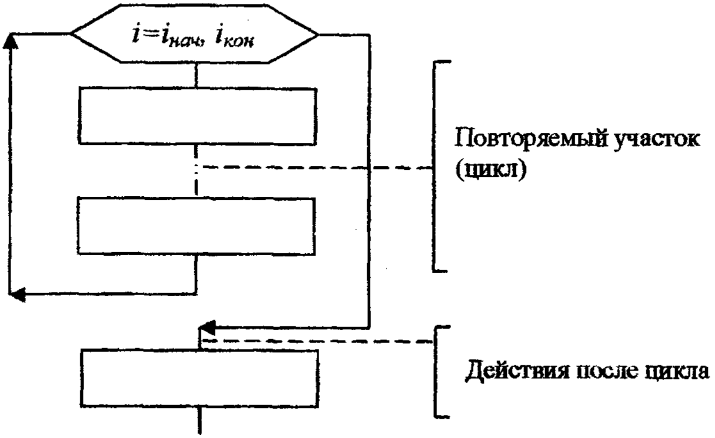


Пример 2. Решение квадратного уравнения изобразим с использованием разветвлений с пустой веткой "нет".



1.1.4. Алгоритм циклической структуры с заданным числом повторений

Цикл – многократно повторяемый участок вычислительного процесса. Если количество повторений определено, то такой цикл называется циклом с заданным числом повторений (цикл с параметром). На схеме алгоритма он изображается с помощью блока модификация:



На этой схеме i – параметр цикла, $i_{нач}$ – начальное значение параметра цикла, $i_{кон}$ – конечное значение. Шаг изменения параметра задан равным *1* в соответствии с требованиями алгоритмического языка Паскаль.

Изображенный участок определяет следующие действия:

1) $i= i_{нач}$, если $i\leq i_{кон}$, то выполняется цикл;

2) $i= i_{нач}+1$, если $i\leq i_{кон}$, то выполняется цикл;

3) $i= i_{нач}+2$, если $i\leq i_{кон}$, то выполняется цикл;

...

n) $i= i_{кон}$, цикл выполняется последний раз.

Затем выполняются действия после цикла.

1.1.5. Алгоритмизация задач с использованием массивов

Массив – упорядоченный набор фиксированного числа данных одного типа.

Например:

1) совокупность целых чисел 0 1 -2 3 7 8 – массив *А* из шести элементов целого типа;

2) набор чисел 2,5 -1,125 -3,5 -0,5 -2,5 – массив *X* из пяти эле-

ментов вещественного типа.

Количество элементов массива, с которым выполняется вычислительный процесс, называется рабочей размерностью массива.

Каждый элемент массива характеризуется:

1) именем массива, элементом которого он является;

2) номером (индексом), указывающим место нахождения элемента в массиве;

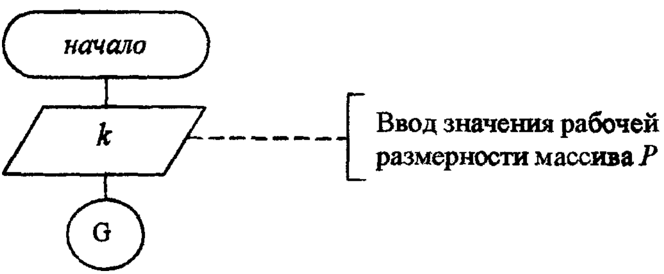
3) значением.

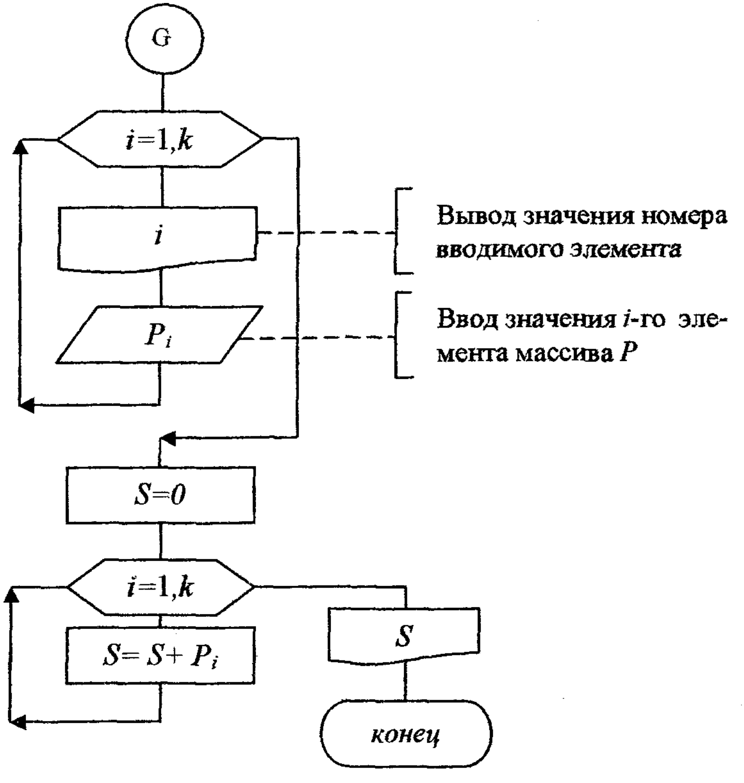
Любое действие над массивом в целом осуществляется путем выполнения этого действия над каждым элементом массива. Так как количество повторений действия определяется чаще всего рабочей размерностью массива, то для работы с массивами используется алгоритм циклической структуры с заданным числом повторений.

Пример 1. Для заданного массива P рабочей размерности $k \leq 15$ вычислить

$$S = \sum_{i=1}^{k} P_i .$$

Для решения задачи используем алгоритм суммы, реализуемый циклом с заданным числом повторений. В качестве параметра цикла используется переменная i, обозначающая номер текущего элемента массива. Значение i для перебора всех элементов изменяется от 1 до k.





Проверка алгоритма вычисления суммы:

...

3. $S = 0$.

4. $i = 1, ..., k$.

4.1. $i = 1$ $S = S + P_1 = 0+P_1 = P_1$.

4.2. $i = 2$ $S = S + P_2 = P_1 + P_2$.

4.3. $i = 3$ $S = S + P_3 = P_1 + P_2 + P_3$.

...

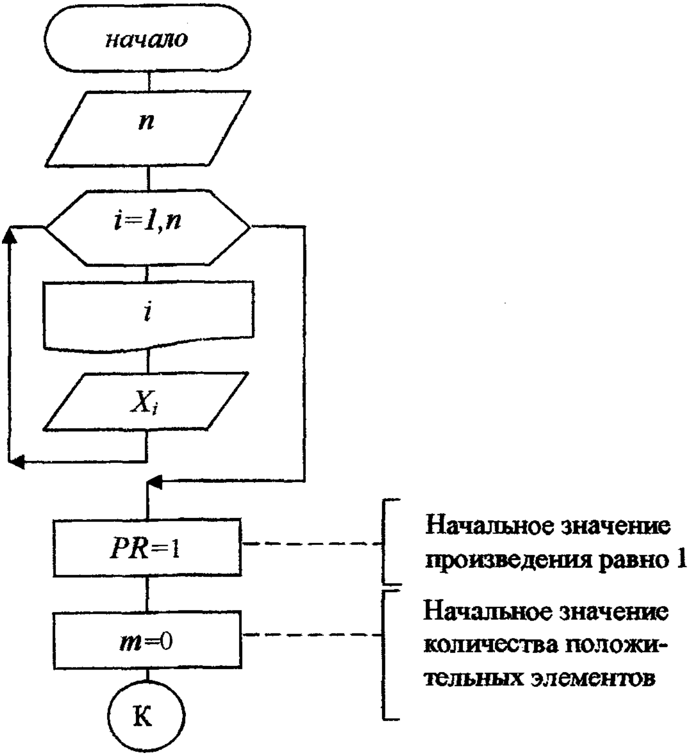
4.k. $i = k$ $S = S + P_k = P_1 + P_2 + ... +P_{k-1} + P_k$.

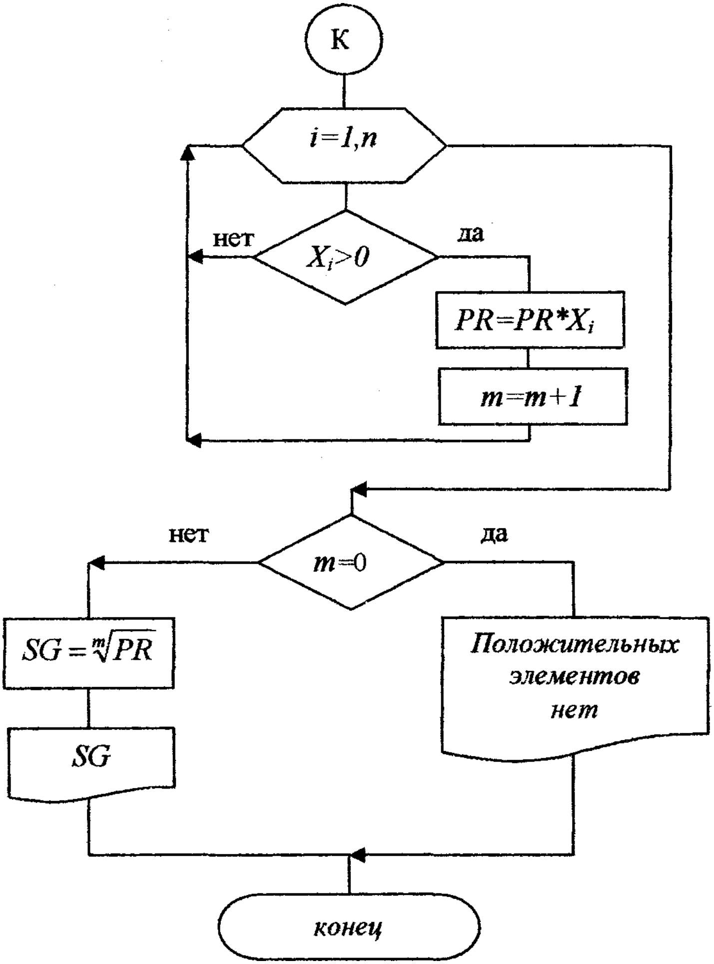
5. Вывод S.

Пример 2. Вычислить среднее геометрическое положительных элементов массива $X(n)$, $n \le 10$.

Среднее геометрическое – корень m-й степени из произведения m сомножителей.

Необходимо построить алгоритм вычисления произведения положительных элементов массива и алгоритм вычисления их количества.





Пример 3. Для заданного массива t рабочей размерности n построить массив v по формуле:

$$v_i=\begin{cases}0, & \text{если} \quad t_i<0;\\ v_{нач}, & \text{если} \quad 0\le t_i\le t_p;\\ v_{нач}+at_i, & \text{если} \quad t_i>t_p.\end{cases}$$

Исходными данными для решения задачи будут:

n – рабочая размерность массивов t и v;

t – массив времен;

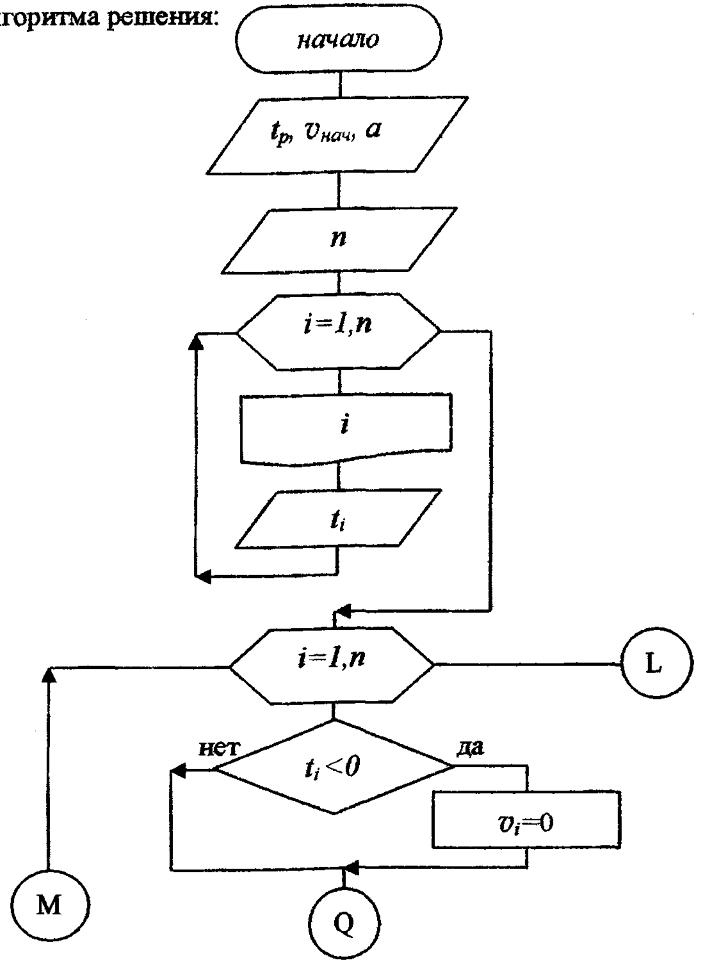
t_p – переменная, значение которой определяет условие;

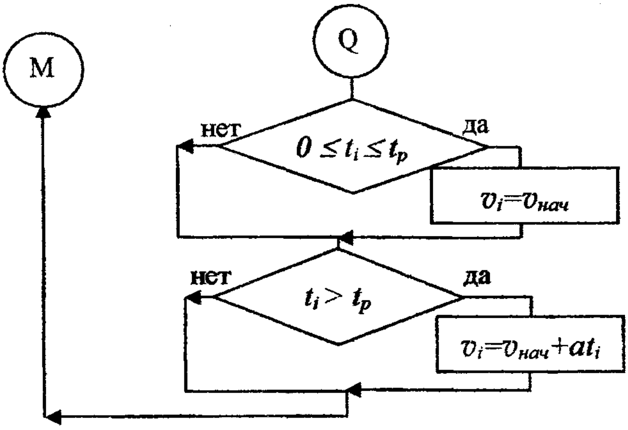
$v_{нач}$, a.

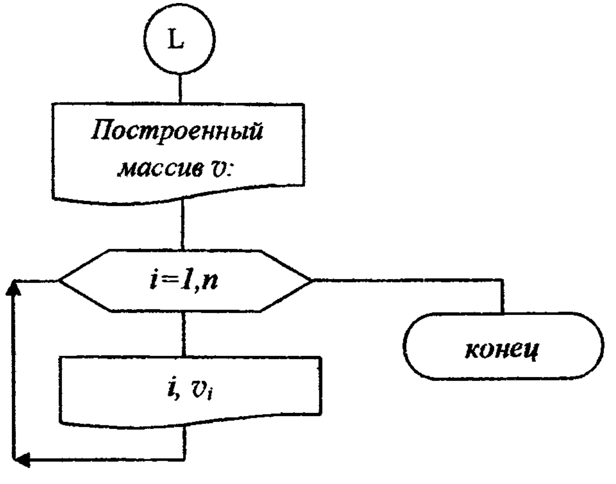
В решение задачи можно выделить три основных этапа:

1) ввод массива t;
2) построение массива v;
3) вывод массива v.

Схема алгоритма решения:







1.2. Структура Паскаль-программы

Программа – запись конечной последовательности описаний и действий, приводящих к решению некоторой задачи. Описание данных предшествует реализации действий. Действия представляются операторами языка. Оператор программы может записываться в одной или нескольких строках (разрыв осуществляется по пробелам, знакам операций). Одна строка может содержать один и более операторов.

Признаком конца оператора является точка с запятой (;). Любая программа на Паскале имеет следующую структуру:

```
PROGRAM <имя>;
USES <список используемых модулей>;
 LABEL          <раздел описания меток>;
 CONST          <раздел описания констант>;
 TYPE           <раздел описания типов>;
 VAR            <раздел описания переменных>;
   PROCEDURE    <раздел описания процедур>;
   FUNCTION     <раздел описания функций>;
BEGIN
   <раздел операторов>;
END.
```

1.2.1. Заголовок

Общий вид описания:

PROGRAM <имя программы>;

где <имя программы> – идентификатор, состоящий из букв латинского алфавита, цифр, может также содержать знак разбивки (_).

Пример: `Program lrl_010;`

1.2.2. Подсоединение модулей

Общий вид описания:

USES <список используемых модулей>;

Для работы с экраном используется модуль CRT.

Пример: `Uses CRT;`

1.2.3. Раздел описания констант

Используется для присвоения идентификаторам констант постоянных значений. Вид использования:

CONST <идентификатор 1> = <значение 1>;
<идентификатор 2> = <значение 2>;

В качестве значений разрешено использовать константы, которые при работе программы никогда не будут менять свое значение.

Пример:

```
Const  G=9.81;
```

В языке Паскаль имеется ряд заранее определенных констант, например PI (π=3,141592654), которые используются без описания.

1.2.4. Раздел описания типов

Используется для описания типов переменных, отличных от стандартных, и имеет вид

TYPE <имя типа 1> = <вид типа 1>;

<имя типа 2> = <вид типа 2>;

Пример: `Type Vect = array[1..15] of real;`

В данном примере описан тип Vect, определяющий массивы, состоящие из 15-ти элементов вещественного типа.

1.2.5. Раздел описания переменных

В этом разделе должны быть описаны все переменные, которые используются в программе. В соответствии с этим описанием осуществляется выделение памяти для хранения значений переменных.

VAR <имя переменной 1, имя переменной 2,...>:<тип 1>;

<имя переменной 3, имя переменной 4,...>:<тип 2>;

В качестве <тип 1>, <тип 2> могут использоваться:

1) стандартный тип;
2) имя типа, описанное в разделе TYPE;
3) непосредственно указанный вид типа.

Пример:

1)
```
Type Mas=array[1..20] of real;
Var  a,b:real;
     M,N:Mas;
```

2)
```
Var M,N: array[1..20] of real;
    a,b:real;
```

1.2.6. Раздел операторов

Раздел операторов, реализующий действия, начинается зарезервированным словом **begin**, за которым следуют операторы языка. Завершает раздел зарезервированное слово **end**, после которого должна стоять точка. Например:

Begin

<оператор 1>;

<оператор 2>;

<оператор 3>.

End.

Рассмотрим наиболее часто используемые операторы.

ClrScr; - обращение к процедуре очистки экрана.

Операторы вывода. Используются для вывода текстовой информации и значений переменных. В языке Паскаль имеют вид:

Write(c_1, c_2, …, c_n); – осуществляет вывод данных и оставляет курсор на этой же строке;

Writeln(c_1, c_2, …, c_n); – вывод данных и перевод курсора на следующую строку;

Writeln; – осуществляет перевод курсора на следующую строку или пропуск строки.

В операторах вывода c_1, c_2, …, c_n – список вывода, который может состоять из :

1) имен переменных, значения которых будут выводиться;
2) числовых, символьных или строковых констант;
3) арифметических или логических выражений (значение выражения вычисляется и выводится).

Для читаемости результатов используется форматный вывод. В данном случае пользователь сам указывает количество позиций, отводимых под размещение значения объекта списка вывода.

При выводе *целых, символьных и строковых данных* формат задается в виде

Write(c_1:p_1, c_2:p_2, …);

Writeln(c_1:p_1, c_2:p_2, …);

где p_i – количество позиций, отводимых пользователем.

Пример. Даны два целых числа i=5 и j= -32.

При записи

```
writeln(i,j);
writeln(i:3,j:5);
...
```

получим на экране

```
5-32
  5  -32 .
```

При выводе *вещественных данных* –

Write(c_i:p_i:q_i,...);

Writeln(c_i:p_i:q_i ,...);

где p_i – количество позиций, отводимых под все число;

q_i – количество позиций, отводимых под дробную часть.

Пример. Даны два вещественных числа a=-12,23 и b=0,5.

При записи

```
Write(a:7:3,b:5:2);
```

на экране получим `-12.230 0.50`

Вывод числовых значений должен сопровождаться пояснительным текстом.

Пример.

```
Writeln('Значения a=',a:7:3,' и b=',b:5:2);
```

На экране получим:

```
Значения a=-12.230 и b= 0.50.
```

Операторы ввода. *Используются для задания значений переменным, которые являются исходными данными решаемой задачи*. В языке Паскаль имеют вид

Read(c_1, c_2, ..., c_n);

Readln(c_1, c_2, ..., c_n);

где c_1, c_2, ..., c_n – список ввода, состоящий из имен переменных.

Процесс ввода осуществляется на этапе выполнения программы. Численные значения переменных набираются с клавиатуры в соответствии с порядком следования и типом переменных в списке ввода. Значения вещественных переменных представляются в виде констант с фиксированной или плавающей точкой. Если список ввода содержит имена нескольких переменных, то *соответствующие им константы разделяются пробелами*.

После набора всех констант для одного оператора ввода необходимо нажать клавишу ↵ ("Ввод", Enter).

Перед вводом данных необходимо вывести на экран приглашение к вводу, используя оператор вывода.

Пример:

```
Write('введите a=');
Readln(a);
```

Оператор присваивания. Общий вид оператора:

<имя переменной>:=<выражение>;

Порядок работы оператора:

1) вычисляется значение выражения;

2) значение переменной становится равным результату вычисления.

Тип переменной должен быть тем же, что и тип выражения.

Исключениями являются:

тип переменной – вещественный,

тип выражения – вещественный или целый.

Составной оператор – это объединение нескольких операторов в одну группу. Общий вид оператора:

Begin

<оператор 1>;

<оператор 2>;

...

<оператор N>.

End;

Слова *begin* и *end* в данном случае выполняют роль операторных скобок – открывающей и закрывающей.

Составной оператор можно вставлять в любое место программы, где допускается использование одного оператора. В свою очередь любой из операторов составного оператора также может быть составным. После слова *begin* точка с запятой **никогда** не ставится.

Оператор условного перехода. Общий вид оператора:

1) **If** <логическое выражение>;

then <оператор 1>;

else <оператор 2>;

2) **If** < логическое выражение > **then** < оператор 1>;

где < оператор 1>, <оператор 2> – простые или составные операторы. Если <оператор 1>, <оператор 2> реализуют несколько действий (более одного), то они должны быть **обязательно** составными.

Порядок работы оператора:

1) вычисляется значение логического выражения;

2) если значение логического выражения – **true** (ИСТИНА), то выполняется <оператор 1>, а затем оператор, следующий за IF;

3) если значение логического выражения – **false** (ЛОЖЬ), то

выполняется <оператор 2> (если он присутствует). После отработки <оператора 2> и в случае его отсутствия выполняется оператор, следующий за оператором IF.

Замечание. Знак ";" перед ELSE не ставится.

Цикл с заданным числом повторений (с параметром).

Общий вид оператора:

For i:=N1 **to** N2 **do** <оператор>;

где i – переменная цикла (параметр цикла);

N1<N2 – соответственно начальное и конечное значение переменной цикла.

Шаг изменения переменной равен единице.

В качестве переменной цикла i можно использовать только простую переменную, а в качестве N1 и N2 могут использоваться выражения (кроме вещественного типа).

<Оператор> может быть простым или составным.

Требования к организации цикла:

1) внутри цикла нельзя изменять значения i, N1, N2, т.к. это приводит к зацикливанию;

2) если N1>N2 , то цикл не выполнится ни разу.

Порядок работы оператора цикла:

1) переменной цикла присваивается значение N1, и для данного значения выполняется <оператор>;

2) значение i автоматически увеличивается на 1 и повторяются действия цикла;

3) последний раз операторы цикла выполняются при i=N2;

4) далее выполняются действия после цикла.

2. КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

2.1. Контрольная работа №1

2.1.1. Требования к выполнению контрольной работы

Контрольная работа №1 выполняется в ученической тетради. Титульный лист должен содержать информацию о студенте, группе, варианте задания.

Работа содержит две задачи, варианты которых выдаются преподавателем на установочных занятиях.

Решение задач должно содержать следующие разделы:

1. Постановка задачи (приводится условие задачи).
2. Схема алгоритма решения.
3. Таблица идентификаторов.
4. Текст программы на языке Паскаль.
5. Таблица исходных данных.

При организации вычислительного процесса для задачи №1 необходимо предусмотреть выполнение следующих действий:

1) очистку экрана;
2) вывод текста – приглашения к вводу;
3) ввод исходных данных;
4) вывод сообщений о выполнении соответствующих условий;
5) вывод результатов в отформатированном виде с пояснительным текстом.

При организации вычислительного процесса для задачи №2 необходимо предусмотреть:

1) очистку экрана;
2) вывод на экран приглашения к вводу рабочей размерности массива;
3) ввод рабочей размерности массива;
4) поэлементный ввод массива с указанием номеров элементов;
5) выполнение действий над массивами;
6) вывод полученных результатов в отформатированном виде с пояснительным текстом.

2.1.2. Варианты заданий

Задача №1

1. Вычислить и вывести значение движущей силы $F_Д$, действующей на тело, при заданном значении перемещения $S_{нач} \leq S \leq S_{кон}$:

$$F_Д(S)=\begin{cases} d\cdot S, & если \quad S_{нач}\le S<S_P;\\ 5{,}5+d, & если \quad S_P\le S\le S_T;\\ d\cdot S^2, & если \quad S_T<S\le S_{кон},\end{cases}$$

где $d=\left|a+\sqrt{b}+tg\,\frac{a}{b}\right|$.

Значения $S_{нач}$=0, S_p=0,5, S_T=0,9, $S_{кон}$=1,2, S=0,7, a=1,25, b=5,75.

2. Вычислить и вывести значение скорости $v=v_0+a\cdot t$ тела при заданном значении времени $t_{нач}\le t\le t_{кон}$:

$$v_0=\begin{cases} 1{,}5+k, & если \quad t_{нач}\le t\le t_P;\\ k, & если \quad t_P<t\le t_T;\\ 2\cdot k, & если \quad t_T<t\le t_{кон},\end{cases}$$

где $k=\sin y+e^x$.

Значения $t_{нач}$=0, t_p=5,2, t_T=7,9, $t_{кон}$=10,2, t=0,7, x=1,2, y=0,75, a=1,5.

3. Вычислить и вывести значение ускорения a движущегося тела при заданном значении времени $t_{нач}\le t\le t_{кон}$:

$$a(t)=\begin{cases} t+k, & если \quad t_{нач}\le t<t_P;\\ t\cdot k, & если \quad t_P\le t<t_T;\\ \sin(k\cdot t), & если \quad t_T\le t\le t_{кон},\end{cases}$$

где $k=\cos y+y^2$.

Значения $t_{нач}$=0, t_p=5,2, t_T=7,9, $t_{кон}$=10,2, t=0,7, y=1,5.

4. Вычислить и вывести значение перемещения $S=v_0t+\frac{at^2}{2}$ движущегося тела при заданном значении времени $t_{нач}\le t\le t_{кон}$:

$$v_0=\begin{cases} 1{,}5+r, & если \quad t_{нач}\le t\le t_P;\\ r^2, & если \quad t_P<t<t_T;\\ 2\cdot r, & если \quad t_T\le t\le t_{кон},\end{cases}$$

где $r = c^2 + ae^{a+c}$.
Значения a=1,5, $t_{нач}$=0, t_P=5,2, t_T=7,9, $t_{кон}$=15,2, t=5,7, c=0,5.

5. Вычислить и вывести значение угловой скорости ω вращающегося тела при заданном угле поворота $\varphi_{нач} \le \varphi \le \varphi_{кон}$:

$$\omega(\varphi) = \begin{cases} q \cdot \varphi, & если \quad \varphi_{нач} \le \varphi < \varphi_P; \\ 1{,}5 + q, & если \quad \varphi_P \le \varphi \le \varphi_T; \\ q \cdot \varphi^2, & если \quad \varphi_T < \varphi \le \varphi_{кон}, \end{cases}$$

где $q = \dfrac{\sin z + zx}{z^2 + x^2}$, φ – в радианах.
Значения $\varphi_{нач}=0^0$, $\varphi_P= 60^0$, $\varphi_T=270^0$, $\varphi_{кон}=360^0$, $\varphi=180^0$, z=1,5, x=2,1.

6. Вычислить и вывести значение углового ускорения ε вращающегося тела при заданном угле поворота $\varphi_{нач} \le \varphi \le \varphi_{кон}$:

$$\varepsilon(\varphi) = \begin{cases} \cos q, & если \quad \varphi_{нач} \le \varphi \le \varphi_P; \\ 1{,}5 + q, & если \quad \varphi_P < \varphi \le \varphi_T; \\ q \cdot \varphi, & если \quad \varphi_T < \varphi \le \varphi_{кон}, \end{cases}$$

где $q = tg(y + x) + \sqrt{y}$, φ – в радианах.
Значения $\varphi_{нач}=0^0$, $\varphi_P=60^0$, $\varphi_T=270^0$, $\varphi_{кон}=360^0$, $\varphi=180^0$, x=1,5, y=1,1.

7. Вычислить и вывести значение угла поворота φ вращающегося тела при заданном значении времени $t_{нач} \le t \le t_{кон}$:

$$\varphi(t) = \begin{cases} t + k, & если \quad t_{нач} \le t < t_P; \\ t \cdot k, & если \quad t_P \le t \le t_T; \\ \cos(k \cdot t), & если \quad t_T < t \le t_{кон}, \end{cases}$$

где $k = \dfrac{a + |b|}{a^b + 1}$.
Значения $t_{нач}$=0, t_P =4,5, t_T=8,3, $t_{кон}$=11,2, t=5,7, a=2,5, b=1,5.

8. Вычислить и вывести значение силы сопротивления F_C, действующей на тело, при заданном значении перемещения $S_{нач} \le S \le S_{кон}$:

$$F_C(S) = \begin{cases} d \cdot S^2, & если \quad S_{нач} \le S < S_P; \\ 15{,}5 + d, & если \quad S_P \le S < S_T; \\ d \cdot S, & если \quad S_T \le S \le S_{кон}, \end{cases}$$

где $d = \dfrac{\sqrt[3]{a}}{a^2 + b^2}$.

Значения $S_{нач}$=0, S_P=1,5, S_T=2,9, $S_{кон}$=4,2, S=1,7, a=5, b=2,5.

9. Вычислить и вывести значение движущего момента $M_Д$, действующего на тело, при заданном угле поворота $\varphi_{нач} \le \varphi \le \varphi_{кон}$:

$$M_Д(\varphi) = \begin{cases} \cos(k \cdot \varphi), & если \quad \varphi_{нач} \le \varphi < \varphi_P; \\ \varphi \cdot k, & если \quad \varphi_P \le \varphi \le \varphi_T; \\ 0{,}5 + k, & если \quad \varphi_T < \varphi \le \varphi_{кон}, \end{cases}$$

где $k = \dfrac{\cos x + y}{|x^2 - 1|}$, φ – в радианах.

Значения $\varphi_{нач}=0^0$, $\varphi_P=60^0$, $\varphi_T=180^0$, $\varphi_{кон}=360^0$, $\varphi=270^0$, x=2,5, y=1,0.

10. Вычислить и вывести значение момента сопротивления M_C, действующего на тело, при заданном угле поворота $\varphi_{нач} \le \varphi \le \varphi_{кон}$:

$$M_C(\varphi) = \begin{cases} q + \sin\varphi, & если \quad \varphi_{нач} \le \varphi \le \varphi_P; \\ \varphi^2 + 1{,}25q & если \quad \varphi_P < \varphi < \varphi_T; \\ q \cdot \varphi, & если \quad \varphi_T \le \varphi \le \varphi_{кон}, \end{cases}$$

где $q = \dfrac{a + b^2}{\sqrt{a} + \sqrt{b}}$, φ – в радианах.

Значения $\varphi_{нач}=0^0$, $\varphi_P=180^0$, $\varphi_T=270^0$, $\varphi_{кон}=360^0$, $\varphi=90^0$, a=1,13, b=4,2.

Задача №2

1. Для заданного массива вещественных чисел $A(n)$, $n \le 10$:

а) определить количество элементов, удовлетворяющих условию $2{,}5 \le A_i \le 10{,}5$;

б) вывести номера и значения положительных элементов;

в) построить массив $B(n)$, в котором $B_i = \sqrt{|A_i|}$,

при $n = 5$, $A = (-2{,}5;\ 0{,}6;\ 7{,}8;\ -4{,}7;\ 5{,}5)$.

2. Для заданного массива вещественных чисел $C(n)$, $n \le 12$:

а) определить количество элементов, удовлетворяющих условию $C_i < -0{,}5$ или $C_i > 1{,}5$;

б) вывести номера и значения отрицательных элементов;

в) построить массив $B(n)$, в котором $B_i = C_i^2$

при $n = 5$, $C = (-12{,}5;\ 1{,}6;\ 0{,}78;\ -4{,}7;\ 55{,}5)$.

3. Для заданного массива вещественных чисел $A(n)$, $n \le 10$:

а) вычислить и вывести сумму элементов, удовлетворяющих условию $-1{,}5 < A_i < 1{,}5$;

б) вывести номера нулевых элементов;

в) построить массив $D(n)$, в котором $D_i = \sin A_i$

при $n = 9$, $A = (-2{,}5;\ 0;\ 0{,}6;\ 0;\ 0;\ 7{,}8;\ -4{,}7;\ 0;\ 5{,}5)$.

4. Для заданного массива вещественных чисел $Q(k)$, $k \le 12$:

а) вывести номера и значения элементов, удовлетворяющих условию $0{,}5 \le Q_i < 8{,}5$;

б) вычислить и вывести сумму положительных элементов;

в) построить массив $B(k)$, в котором $B_i = \cos Q_i$

при $k = 8$, $Q = (0{,}5;\ -0{,}6;\ 2{,}8;\ 0;\ -4{,}7;\ -0{,}7;\ 4{,}9;\ 5{,}5)$.

5. Для заданного массива вещественных чисел $Q(k)$, $k \le 12$:

а) вывести номера и значения элементов, удовлетворяющих условию $Q_i \ge -0{,}85$;

б) вычислить и вывести произведение положительных элементов;

в) построить массив $V(k)$, в котором $V_i = Q_i + 2{,}5$

при $k = 8$, $Q = (1{,}5;\ -1{,}6;\ 0{,}8;\ 0;\ -2{,}7;\ 0{,}7;\ -4{,}9;\ 0{,}5)$.

6. Для заданного массива вещественных чисел $M(n)$, $n \le 10$:

а) вычислить и вывести сумму номеров элементов, удовлетворяющих условию $M_i \ge 1{,}5$;

б) вывести положительные элементы массива;

в) построить массив $B(n)$, в котором $B_i = \frac{M_i}{2}$,

при $n = 7$, $M = (-0{,}9;\ 3{,}6;\ -0{,}12;\ 7{,}8;\ -2{,}7;\ 1{,}54;\ -3{,}67)$.

7. Для заданного массива вещественных чисел $V(n)$, $n \le 10$:

а) вычислить и вывести произведение элементов, удовлетворяющих условию $V_i \ge 0{,}5$;

б) вывести номера элементов, равных заданному x;

в) построить массив $B(n)$, в котором $B_i = x \cdot V_i$,

при $n = 8$, $V = (-2{,}5;\ 0{,}6;\ 7{,}8;\ -4{,}7;\ 0{,}6;\ -0{,}4;\ 0{,}6;\ 0{,}6)$, $x = 0{,}6$.

8. Для заданного массива вещественных чисел $A(n)$, $n \le 10$:

а) вычислить и вывести произведение элементов, удовлетворяющих условию $A_i \ge -10{,}5$;

б) вывести номера и значения элементов, равных заданному c;

в) построить массив $B(n)$, в котором $B_i = c \cdot A_i$

при $n = 8$, $A = (-12{,}5;\ 3{,}6;\ 0{,}8;\ 3{,}6;\ -0{,}7;\ 3{,}6;\ 5{,}5;\ 3{,}6)$, $c = 3{,}6$.

9. Для заданного массива вещественных чисел $Z(n)$, $n \le 15$:

а) вычислить и вывести сумму элементов, удовлетворяющих условию $-1 \le Z_i \le 1$;

б) вывести номера и значения отрицательных элементов;

в) построить массив $X(n)$, в котором $X_i = tgZ_i$,

при $n = 9$; $Z = (5{,}1;\ 0;\ 0{,}9;\ -0{,}1;\ 1{,}1;\ -1;\ 2{,}3;\ 1;\ -0{,}5)$.

10. Для заданного массива вещественных чисел $P(n)$, $n \le 10$:

а) вычислить и вывести количество элементов, равных заданному k;

б) вывести значения элементов, имеющих четные номера;

в) построить массив $R(n)$, в котором $R_i = P_i - k$,

при $n = 8$, $P = (0{,}7;\ 1{,}2;\ -0{,}5;\ 1{,}2;\ 1{,}2;\ -5{,}3;\ 2{,}5;\ 1{,}2)$, $k = 1{,}2$.

2.1.3. Пример выполнения контрольной работы

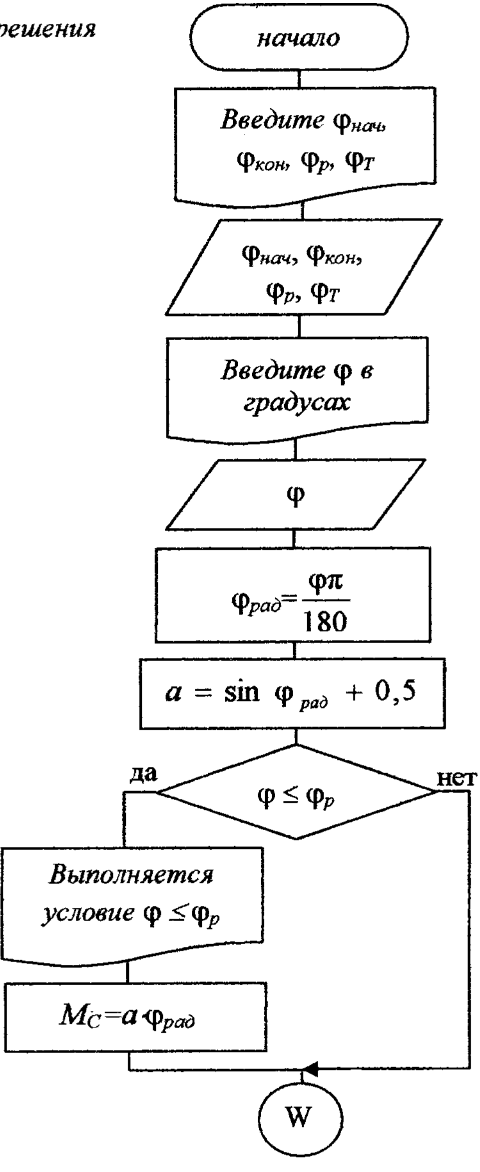
Задача 1. Вычислить и вывести значение момента сопротивления M_C, действующего на тело, при заданном угле поворота $\varphi_{нач} \le \varphi \le \varphi_{кон}$:

$$M_C(\varphi) = \begin{cases} a \cdot \varphi, & \text{если} \quad \varphi_{нач} \le \varphi \le \varphi_P; \\ 10 + a, & \text{если} \quad \varphi_P < \varphi < \varphi_T; \\ a/\varphi, & \text{если} \quad \varphi_T \le \varphi \le \varphi_{кон}, \end{cases}$$

где $a = \sin\varphi + 0{,}5$.

Значения $\varphi_{нач} = 0^0$, $\varphi_p = 60^0$, $\varphi_T = 270^0$, $\varphi_{кон} = 360^0$, $\varphi = 180^0$.

Схема алгоритма решения



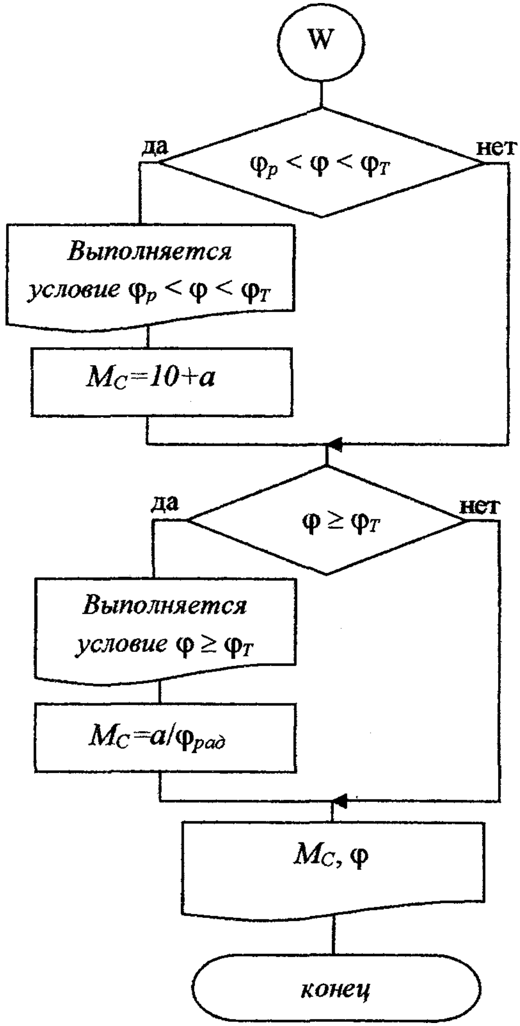

W
да
$\varphi_p < \varphi < \varphi_T$
нет
Выполняется
условие $\varphi_p < \varphi < \varphi_T$
$M_C = 10 + a$
да
$\varphi \geq \varphi_T$
нет
Выполняется
условие $\varphi \geq \varphi_T$
$M_C = a/\varphi_{рад}$
M_C, φ
конец

Таблица идентификаторов:

Математическое обозначение	a	$\varphi_{нач}$	φ_P	φ_T	$\varphi_{кон}$	φ	M_C
Идентификатор	a	fn	fr	ft	fk	f	mc

Текст программы на языке Паскаль:

```
Program lr1_010;{303010 User20 Киреев С.И.}
 Uses crt;
 Var
  frad,fn,fk,fr,ft,f,a,mc:real;
 Begin
  clrscr;
  writeln('Введите fn,fk,fr,ft');
  readln(fn,fk,fr,ft);
  writeln('Введите f в градусах, удовлетворяющее',
   '  условию ', fn:5:1,'<=f<=',fk:5:1);
  readln(f);
  writeln;
  frad:=f*pi/180;  {представление угла в радианах}
  a:=sin(frad)+0.5;
  if f<=fr
    then
     begin
      writeln(' ':6,'Выполняется условие f<=fr');
      mc:=a*frad
     end;
  if (f>fr) and (f<ft)
    then
     begin
      writeln(' ':6,'Выполняется условие fr<f<ft');
      mc:=10+a
     end;
  if f>=ft
    then
     begin
      writeln(' ':6,'Выполняется условие f>=ft');
```

```
    mc:=a/frad
   end;
 writeln('Момент сопротивления mc=',mc:7:4,
         ' при f=',f:5:1);
 Repeat until keypressed
End.
```

Таблица исходных данных:

Переменная	$\varphi_{нач}$	φ_{p}	φ_{T}	$\varphi_{кон}$	φ
Значение	0	60	270	360	180

Задача 2. **Для заданного массива вещественных чисел $X(n)$, $n \le 15$:**

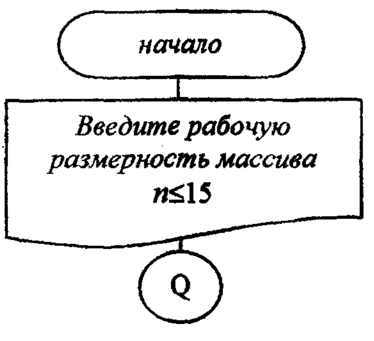
а) определить количество положительных элементов;

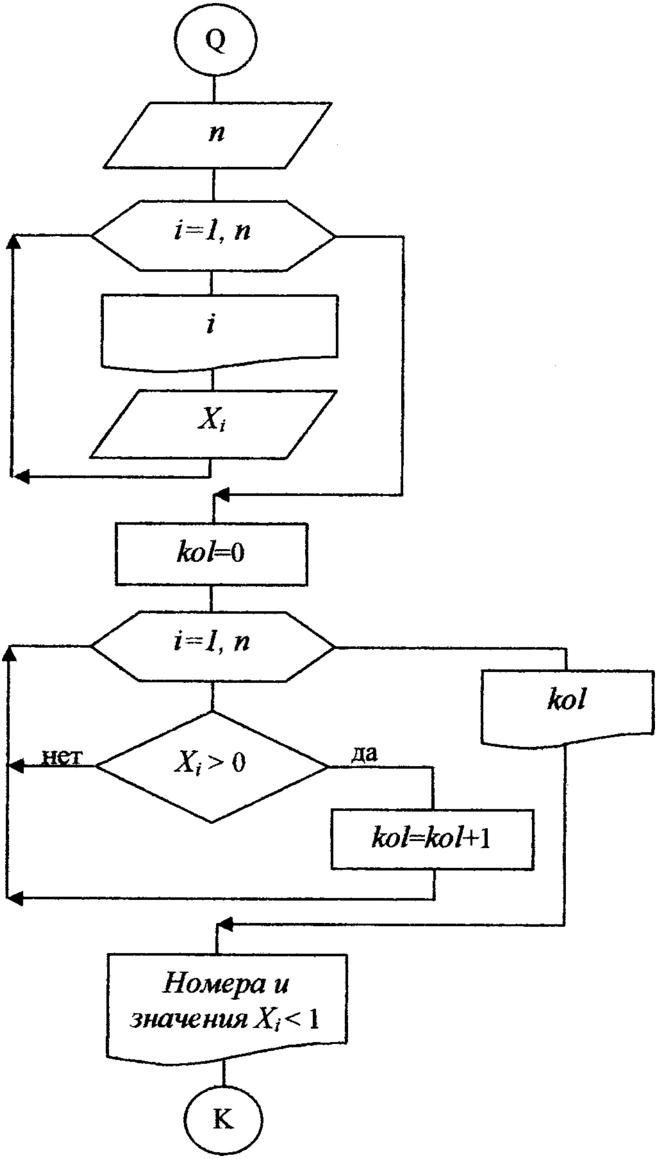
б) вывести номера и значения элементов, удовлетворяющих условию $X_i < 1$;

в) построить массив $Y(n)$, в котором $Y_i = -X_i$

при $n = 5$, $X = (-1; 0; 1{,}2; -0{,}8; 0)$.

Схема алгоритма решения:




Q
n
i=1, n
i
X_i
kol=0
i=1, n
kol
нет
X_i > 0
да
kol=kol+1
Номера и
значения X_i < 1
K

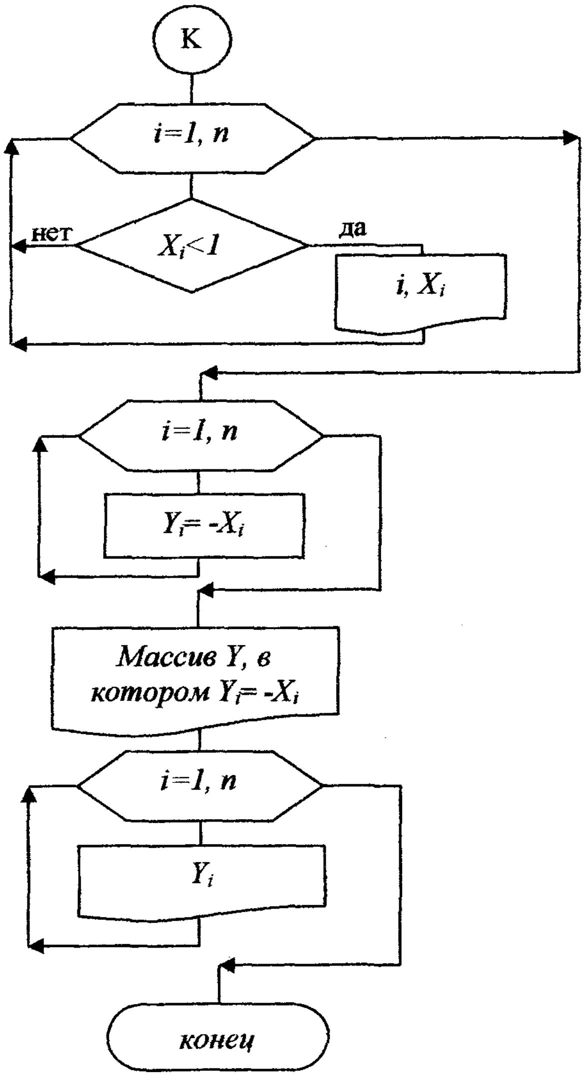


Таблица идентификаторов:

Математическое обозначение	*количество*	*X*	*Y*	*n*
Идентификатор	kol	X	Y	n

Текст программы на языке Паскаль:

```
Program lr2_010; {303010 USER20 Киреев С.И.}
 Uses crt;
 Type
  Mas=array[1..15] of real;
 Var
  X,Y:Mas;
  i,n,kol:integer;
 Begin
  ClrScr;
  write('введите рабочую размерность массива',
      '  n<=15:');
  readln(n);
  for i:=1 to n do
        begin
          write('введите X[',i,']=');
          readln(X[i])
        end;
  writeln;
  kol:=0;
  for i:=1 to n do
    if X[i]>0 then kol:=kol+1;
  writeln('количество положительных элементов',
      '  kol=',kol:2);
  writeln;
  writeln('номера и значения X[i]<1');
  for i:=1 to n do
    if X[i]<1 then
            writeln('i=',i,' X[',i,']=',X[i]:5:2);
  writeln;
  for i:=1 to n do Y[i]:=-X[i];
  writeln('массив Y, в котором Y[i]=-X[i]');
  for i:=1 to n do write(Y[i]:5:2,'  ');
repeat until keypressed
 End.
```

Таблица исходных данных:

Переменная	*n*	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Значение	5	-1	0	1,2	-0,8	0

2.2. Контрольная работа №2

Применение численного интегрирования при решении инженерных задач

2.2.1. Требования к выполнению контрольной работы

Работа содержит одну задачу, вариант которой выдается преподавателем на установочных занятиях.

Решение задачи должно содержать следующие разделы:

1. Постановка задачи (приводится условие задачи).
2. Математическая модель задачи.
3. Алгоритм решения задачи.
4. Схема алгоритма решения.
5. Таблица идентификаторов.
6. Текст программы на языке Паскаль.
7. Таблица исходных данных.

При организации вычислительного процесса необходимо предусмотреть выполнение следующих действий:

1) очистку экрана;

2) вывод текста – приглашения к вводу;

3) ввод исходных данных;

4) определение приближенного значения интеграла методом трапеций;

5) определение точного значения интеграла по формуле Ньютона-Лейбница.

Ниже приведены пояснения к контрольной работе и пример выполнения.

2.2.2. Постановка задачи

Задача численного интегрирования заключается в получении приближенного значения $\int_a^b f(x)dx$. Если подынтегральная функция $f(x)$ непрерывна на отрезке $[a, b]$ и на нем существует ее первообразная $F(x)$, то по формуле Ньютона-Лейбница $\int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a)$.

Численное интегрирование используется:

1) при задании подынтегральной функции $f(x)$ в виде таблицы:

x	x_1	x_2	x_3	...	x_{n+1}
$y = f(x)$	y_1	y_2	y_3	...	y_{n+1}

где $x_1 = a$, $x_{n+1} = b$;

2) при задании подынтегральной функции $f(x)$ в виде графика, полученного, например, опытным путем (рис. 2.1);

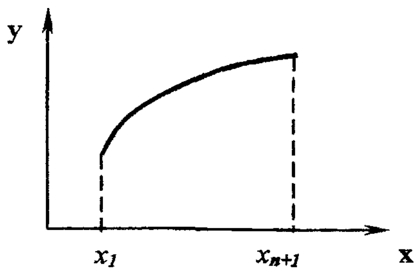


Рис. 2.1

3) если аналитическое определение $F(x)$ сложно или невозможно.

2.2.3. Математическая модель задачи

Построим математическую модель приближенного вычисления интеграла $\int_a^b f(x)dx$ методом трапеций.

Для непрерывной на интервале $[a, b]$ функции $f(x)$ величина определенного интеграла $Int = \int_a^b f(x)dx$ равна площади, ограниченной кривой $y = f(x)$, осью абсцисс OX и прямыми $x = a$ и $x = b$ (рис. 2.2).

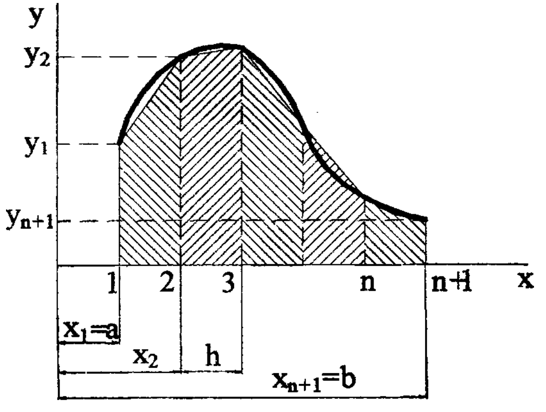


Рис. 2.2

Разобьем отрезок интегрирования $[a, b]$ на n равных элементарных участков длиной $h = \dfrac{b-a}{n}$. Полученные промежуточные точки пронумеруем от 1 до $n + 1$. Введем переменную i, определяющую номер промежуточной точки.

Каждая i-я точка определяется значением аргумента, которое обозначим x_i. Из рис. 2.2 видно, что при

$i=1$ $x_1=a$;

$i=2$ $x_2=a+h$;

$i=3$ $x_3=a+2h$;

...

$i=i$ $x_i=a+(i-1)h$;

...

$i=n+1$ $x_{n+1} = a + (n+1-1)h = a + n\dfrac{b-a}{n} = b$.

В каждой i-й точке вычислим значение подынтегральной функции $y_i = f(x_i)$.

Площадь под кривой $y = f(x)$ на одном из участков разбиения $[x_{i-1}, x_i]$ равна $\int\limits_{x_{i-1}}^{x_i} f(x)dx$ (рис. 2.3).

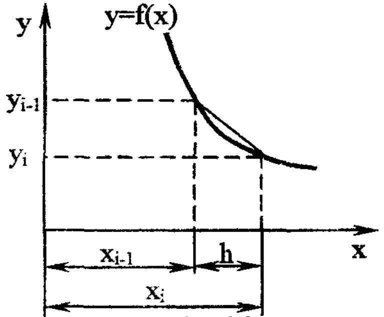


Рис. 2.3

Эту площадь можно с некоторой погрешностью считать равной площади трапеции и вычислить по формуле

$$S_i = \frac{y_{i-1} + y_i}{2} h.$$

Следовательно,

$$\int\limits_{x_{i-1}}^{x_i} f(x)dx \approx \frac{y_{i-1} + y_i}{2} h.$$

Тогда (см. рис. 2.2)

$$Int = \int\limits_a^b f(x)dx \approx \sum_{i=2}^{n+1} S_i = \sum_{i=2}^{n+1} \frac{y_{i-1} + y_i}{2} h.$$

2.2.4. Алгоритм решения задачи

Приведем алгоритм вычисления приближенного значения $\int\limits_a^b f(x)dx$ методом трапеций в случае аналитического (в виде формулы) задания подынтегральной функции $f(x)$:

1. Исходные данные (ввод): a, b, n
2. $h = \dfrac{b-a}{n}$.
3. $i = 1,\dots, n+1$
   - 3.1. $x_i = a + (i - 1) \cdot h$
   - 3.2. $y_i = f(x_i)$
4. $Int = 0$

5. $i = 2,...,n+1$.

5.1. $Int = Int + \frac{y_{i-1} + y_i}{2} h$.

2.2.5. Пример решения задачи

Определить максимальную высоту h_{max} подъема тела, брошенного вертикально вверх со скоростью $v_{нач}$, вычислив $h_{\max} = \int\limits_{t_{нач}}^{t_{кон}} (v_{нач} - gt)dt$, где $g = 9{,}81$. Получить точное и приближенное значения интеграла.

При вычислении интеграла аргументом является t, подынтегральная функция $f(t) = v_{нач} - gt$, нижний предел интегрирования $t_{нач} = 0$. Верхний предел интегрирования $t_{кон}$ вычислим из условия равенства нулю скорости тела в наивысшей точке подъема:

$$v_{нач} - gt = 0, \qquad t_{кон} = \frac{v_{нач}}{g}.$$

Найдем точное значение интеграла по формуле Ньютона-Лейбница:

$$h_{точн} = \int\limits_{0}^{t_{кон}} (v_{нач} - gt)dt = v_{нач} \cdot t - \frac{gt^2}{2}\Bigg|_{0}^{t_{кон}} = v_{нач} \cdot t_{кон} - \frac{gt_{кон}^2}{2}.$$

Для нахождения приближенного значения интеграла h_{max} методом трапеций используем алгоритм, построенный в пп. 1-5 (разд. 2.2.4).

Окончательно алгоритм решения задачи примет вид:

1. Исходные данные (ввод): $v_{нач}$, $t_{нач}$, g, n

2. $t_{кон} = \frac{v_{нач}}{g}$.

3. $\Delta t = \frac{t_{кон} - t_{нач}}{n}$.

4. $i = 1,...,n+1$.

4.1. $t_i = t_{нач} + (i-1)\Delta t$.

4.2. $v_i = v_{нач} - gt_i$.

5. $h = 0$.

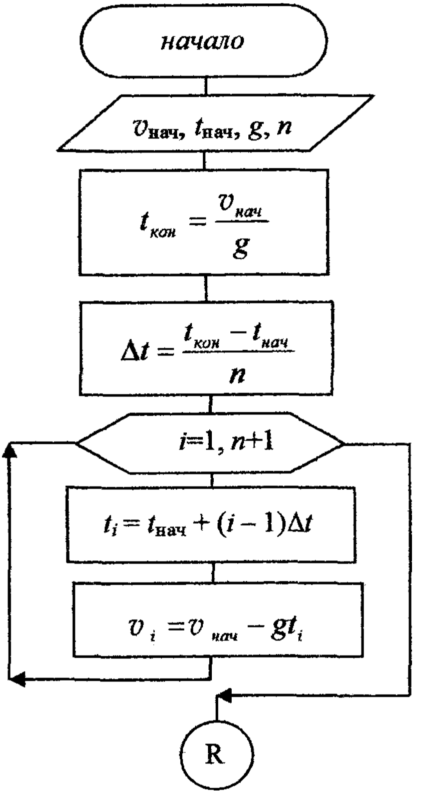
6. $i = 2,\dots, n+1$.

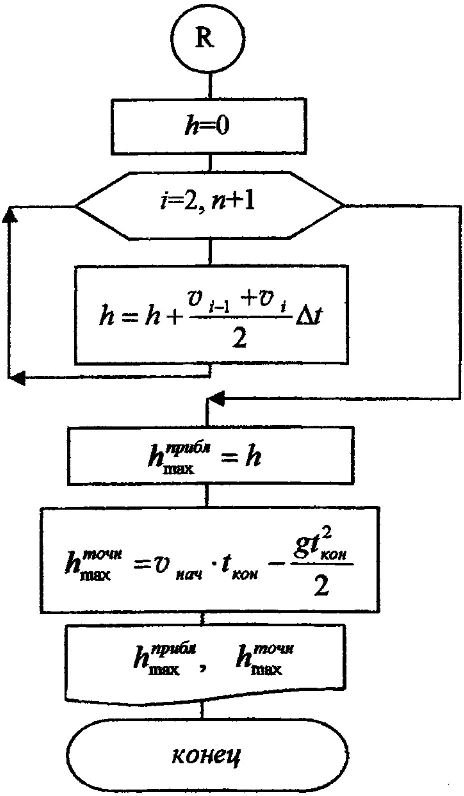
6.1. $h = h + \dfrac{v_{i-1} + v_i}{2}\Delta t$.

7. $h_{\max}^{прибл} = h$

8. $h_{\max}^{точн} = v_{нач} \cdot t_{кон} - \dfrac{gt_{кон}^2}{2}$.

Схема алгоритма имеет следующий вид:





2.2.6. Задания к контрольной работе №2

1. Определить длину l кривой от точки $x_{нач} = 0$ до точки $x_{кон} = 1$, вычислив $l = \int\limits_{x_{нач}}^{x_{кон}} \sqrt{1 + \frac{9}{4}x}\,dx$.

2. Определить работу $A_Д$ силы $F_Д = S^2$ от точки $S_{нач} = 0$ до точки $S_{кон} = 3$, вычислив $A_Д = \int\limits_{s_{нач}}^{s_{кон}} s^2 ds$.

3. Определить работу $A_Д$ момента $M_Д = M_0 \sin\varphi$ при повороте вала от

$\varphi_{нач} = 0$ до $\varphi_{кон} = \pi$, вычислив $A_Д = \int\limits_{\varphi_{нач}}^{\varphi_{кон}} M_0 \sin\varphi d\varphi$, где $M_0 = 25$ Нм.

4. Определить угол поворота механизма φ за время от $t_{нач} = 0$ до $t_{кон} = 5$с, вычислив $\varphi = \int\limits_{t_{нач}}^{t_{кон}} \omega_0 (1 + \sin t) dt$, где $\omega_0 = 20\text{с}^{-1}$.

5. Определить угловую скорость ω при повороте вала от $\varphi_{нач} = 0$ до $\varphi_{кон} = \pi$, вычислив $\omega = \sqrt{\frac{2}{J_П} \int\limits_{\varphi_{нач}}^{\varphi_{кон}} M_0 (1 + \varphi) d\varphi}$, где $J_П = 10$ кгм^2, $M_0 =$ 100 Нм.

6. Определить путь S, пройденный телом за время от $t_{нач} = 0$ до $t_{кон} = 15$с, вычислив $S = \int\limits_{t_{нач}}^{t_{кон}} (v_0 + at) dt$, где $v_0 = 1{,}2$ м/с, $a = 0{,}5$ м/с^2.

7. Определить площадь S, ограниченную кривой $y = e^x$ на интервале от точки $x_{нач} = 0$ до точки $x_{кон} = 3$, вычислив $S = \int\limits_{x_{нач}}^{x_{кон}} e^x dx$.

8. Определить работу A_C силы сопротивления $F_C = F_0 \cdot (1 + 0{,}5S)$ на участке от точки $S_{нач} = 3$ до точки $S_{кон} = 5$, вычислив $A_C = \int\limits_{S_{нач}}^{S_{кон}} F_0 (1 + 0{,}5S) ds$, где $F_0 = 10$ Н.

9. Определить реакцию R_n при трении по дуге контакта от $\beta_{нач} = 0$ до $\beta_{кон} = \pi/2$, вычислив $R_n = 2rl \int\limits_{\beta_{нач}}^{\beta_{кон}} p \cos\beta d\beta$, где $r = 0{,}01$ м, $l = 0{,}025$ м, $p = 1{,}5$.

10. Определить время t движения при изменении угловой скорости

от $\omega_{нач} = 0$ до $\omega_{кон} = 10 с^{-1}$, вычислив $t = J_П \int\limits_{\omega_{нач}}^{\omega_{кон}} \frac{d\omega}{95-\omega}$, где $J_П = 7{,}5$ кг·м^2.

3. КУРСОВАЯ РАБОТА

3.1. Задания на курсовую работу

Студенту предлагается выполнить курсовую работу на одну из тем:

1. Определение параметров поступательного движения тела на плоскости.
2. Определение параметров вращательного движения вала.

Исходные данные на проектирование для поступательного движения даны в табл. 3.1, для вращательного движения – в табл. 3.2. Тема курсовой работы и вариант исходных данных сообщаются преподавателем на установочных занятиях. Ниже приведены пояснения к поставленной задаче, требования к пояснительной записке и пример выполнения курсовой работы.

3.2. Пояснения к поставленной задаче

Введение. В процессе обработки или сборки деталей приходится перемещать их на некоторое расстояние (вращать вокруг какой-либо оси). Производительность процессов определяется временем, затрачиваемым на это перемещение (линейное или угловое). Это время, называемое быстродействием средства автоматизации (манипулятора, автооператора), подлежит определению. Схемы, поясняющие постановку таких задач, приведены на рис. 3.1.

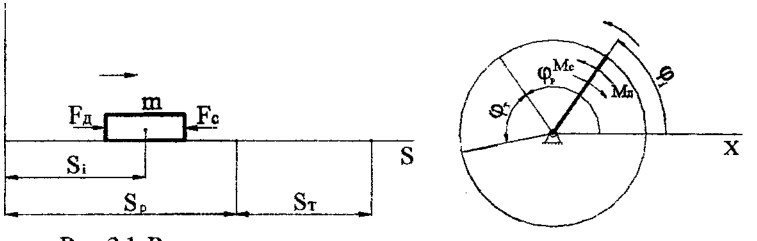


Рис. 3.1. Расчетная схема для определения параметров движения при поступательном и вращательном движениях

Таблица 3.1

Поступательное движение

Вариант	Масса m, кг	Закон изменения движущей силы $F_Д$	Сила сопротивления F_C, Н	F_0, Н	C	S_P, м	N
1	1,0	F_0	10	100	-	0,5	10
2	1,0	F_0-cs	10	100	0,5	0,3	10
3	1,0	F_0+cs	10	100	0,5	1,0	10
4	1,0	F_0+1/c(s+1)	10	50	0,1	1,0	10
5	2,0	$F_0+c^2/(s+1)$	10	50	0,2	1,0	10
6	3,0	$F_0+c^2s^3$	10	50	0,2	1,0	10
7	1,0	F_0+cs^2	5	75	0,2	1,2	12
8	1,0	$F_0+c\sqrt{s}$	15	75	0,2	0,8	8
9	1,0	F_0+ln(s+1)	15	100	-	0,7	7
10	2,0	F_0+lg(s+1)	5	90	-	0,6	12
11	2,0	F_0+ln(s+1)-s	7	80	-	1,2	12
12	2,5	F_0+lg(s+1)-s	15	85	-	0,6	6
13	2,5	$F_0+\ln(s+1)+\sqrt{s}$	15	100	-	0,6	6
14	2,0	$F_0+\lg(s+1)+\sqrt{s}$	15	80	-	0,8	8
15	3,0	$F_0+c\cdot\lg(s+1)+c\sqrt{s}$	10	20	0,5	0,3	6
16	1,5	$F_0+c\cdot\lg(s+1)+c\sqrt{s}$	25	50	0,2	0,5	10
17	1,5	$F_0+c\cdot\ln(s+1)$	25	30	0,1	0,3	6
18	2,0	F_0+s+2,5	30	40	-	0,6	6
19	2,5	$F_0+(s+c)^2$	15	40	0,2	0,8	8
20	1,0	F_0+ce^s+s	10	20	0,1	1,0	10
21	1,5	$F_0+c\sqrt[3]{s^2}$	15	20	0,5	0,5	10
22	2,0	$F_0+cs+\sqrt{s}$	25	30	0,4	0,7	7
23	3,0	$F_0+(c+s)^3$	30	40	0,2	0,5	10
24	2,0	F_0+cs^3	15	20	0,1	0,8	8
25	1,5	F_0+c^s	10	15	0,1	0,6	6
26	2,0	$F_0+c^s+\sqrt{s}$	30	50	0,2	0,5	10
27	3,0	F_0+c^{s+1}	15	20	0,4	1,0	10
28	2,0	$F_0+c^{s+1}+s$	30	40	0,2	0,8	8
29	1,5	$F_0+c^2/(s+3,5)$	10	50	0,3	0,5	10
30	2,0	F_0+s^2/e^3	30	40	-	0,9	9

Таблица 3.2

Вращательное движение

Вариант	Момент инерции J_0, кг · м^2	Закон изменения движущего момента $M_Д$, Н · м	Момент сопротивления M_C, Н·м	M_0, Н · м	С	φ_P, рад	N
1	1,0	M_0	1	10	-	0,1	10
2	1,0	$M_0 - c\varphi$	9	15	0,2	0,2	8
3	1,0	$M_0 + c\varphi$	12	20	0,45	0,1	10
4	1,0	$M_0 + 1/c(\varphi+1)$	8	10,5	0,3	0,2	8
5	2,0	$M_0 + c^2/(\varphi+1)$	5	8,15	0,4	0,3	10
6	3,0	$M_0 + c^2\varphi^3$	5	17,25	0,2	0,2	8
7	1,0	$M_0 + c\varphi^2$	5	8,45	0,1	0,1	10
8	1,0	$M_0 + c\sqrt{\varphi}$	10	15,5	0,3	0,3	12
9	1,0	$M_0 + \ln(\varphi+1)$	7	9,75	-	0,1	10
10	2,0	$M_0 + \lg(\varphi+1)$	6	38,3	-	0,3	12
11	2,0	$M_0 + \ln(\varphi+1) - \varphi$	8	80,12	-	0,2	8
12	2,5	$M_0 + \lg(\varphi+1) - \varphi$	5	60,2	-	0,1	10
13	2,5	$M_0 + \ln(\varphi+1) + \sqrt{\varphi}$	10	15,5	-	0,2	8
14	2,0	$M_0 + \lg(\varphi+1) + \sqrt{\varphi}$	2	8,24	-	0,2	8
15	3,0	$M_0 + c \cdot \lg(\varphi+1) + c\sqrt{\varphi}$	6	17,3	0,3	0,1	10
16	1,5	$M_0 + c \cdot \lg(\varphi+1) + c\sqrt{\varphi}$	10	60,5	0,2	0,2	8
17	1,5	$M_0 + \varphi + 2{,}5$	9	17,15	-	0,3	12
18	2,0	$M_0 + (\varphi + c)^2$	12	19,5	0,5	0,1	10
19	2,5	$M_0 + ce^{\varphi} - \sqrt{\varphi}$	5	16,84	0,8	0,3	12
20	1,0	$M_0 + ce^{\varphi} + \varphi$	4,5	9,12	0,4	0,2	8
21	1,5	$M_0 + c\sqrt[3]{\varphi^2}$	3,5	7,14	0,5	0,3	12
22	2,0	$M_0 + c\varphi + \sqrt{\varphi}$	5,6	12,5	0,2	0,2	8
23	3,0	$M_0 + (c+\varphi)^3$	7,25	14,2	0,1	0,1	10
24	2,0	$M_0 + c\varphi^3$	6,3	10,5	0,2	0,1	10
25	1,5	$M_0 + c^{\varphi}$	3,3	6,8	0,3	0,2	8
26	2,0	$M_0 + c^{\varphi} + \sqrt{\varphi}$	7,6	17,2	0,4	0,3	12
27	3,0	$M_0 + c^{\varphi+1}$	4,15	8,9	0,5	0,5	10
28	2,0	$M_0 + c^{\varphi+1} + \varphi$	2,75	5,18	0,6	0,4	8
29	1,5	$M_0 + c^2/(\varphi+3{,}5)$	8,35	18,5	0,7	0,2	8
30	2,0	$M_0 + \varphi^2/e^3$	10,5	20,5	-	0,1	10

Постановка задачи

Задача 1 (поступательное движение). Тело массой m, на которое действуют движущая сила $F_д = F_д(S)$ и сила сопротивления F_c, разгоняется на участке пути S_p. После этого действие движущей силы прекращается (сила F_c продолжает действовать), начинается торможение, в процессе которого тело пройдет до остановки расстояние S_T за счет накопленной при разгоне кинетической энергии.

Требуется:

определить зависимости от пути S скорости $v(s)$, ускорения $a(s)$, времени $t(s)$;

установить время T_p прохождения телом участка S_p и время T_T прохождения участка S_T;

по полученным данным построить графики $v(s)$, $a(s)$, $t(s)$ для интервала перемещения $[0, S_p + S_T]$.

Задача 2 (вращательное движение вала). Вал с моментом инерции J_0, на который действуют момент движущих сил $M_д = M_д(\varphi)$ и момент сил сопротивления M_c, разгоняется при повороте на угол φ_p. После этого действие движущего момента прекращается (момент M_c продолжает действовать), начинается торможение, в процессе которого вал повернется до остановки на угол φ_T за счет накопленной при разгоне кинетической энергии.

Требуется:

определить зависимости от угла поворота φ скорости $\omega(\varphi)$, ускорения $\varepsilon(\varphi)$, времени $t(\varphi)$;

установить время T_p поворота на угол φ_p и время T_T поворота на угол φ_T;

по полученным данным построить графики $\omega(\varphi)$, $\varepsilon(\varphi)$, $t(\varphi)$ для угла поворота $[0, \varphi_p + \varphi_T]$.

Математическая модель задачи. Анализ поступательного и вращательного движений тел показывает, что исходными данными для определения параметров движения (перемещения, скорости, ускорения, времени) являются массы (m) и моменты инерции (J_0), движущие силы ($F_д$) и моменты ($M_д$), силы (F_c) и моменты (M_c) сопротивления, а также начальные значения параметров движения.

При использовании дискретной модели задачи весь путь (линейный и угловой) разбивается на некоторое количество элементарных участков длиной $\Delta S = S_i - S_{i\text{-}1}$ (при вращательном движении $\Delta\varphi = \varphi_i - \varphi_{i\text{-}1}$) (рис. 3.2).

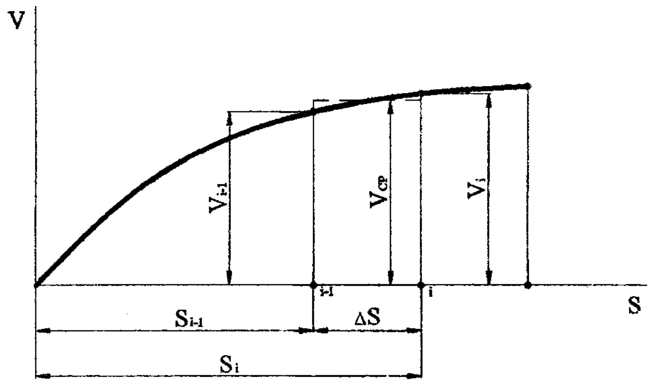


Рис. 3.2. Расчетная схема

На каждом интервале связь кинематических, силовых и массовых параметров описывается теоремой об изменении кинетической энергии, в частности:

для поступательного движения

$$\frac{mv_i^2}{2} - \frac{mv_{i-1}^2}{2} = \int_{s_{i-1}}^{s_i} (F_д - F_c)ds\,; \qquad (3.1)$$

для вращательного движения

$$\frac{J_0\omega_i^2}{2} - \frac{J_0\omega_{i-1}^2}{2} = \int_{\varphi_{i-1}}^{\varphi_i} (M_д - M_c)d\varphi\,; \qquad (3.2)$$

откуда можно выразить скорость движения:

$$v_i = \sqrt{\frac{2}{m}\left(\frac{m v_{i-1}^2}{2} + \int\limits_{s_{i-1}}^{s_i} \left(F_д - F_c\right) ds\right)} \qquad (3.3)$$

или

$$\omega_i = \sqrt{\frac{2}{J_0}\left(\frac{J_0 \omega_{i-1}^2}{2} + \int\limits_{\varphi_{i-1}}^{\varphi_i} \left(M_д - M_c\right) d\varphi\right)}. \qquad (3.4)$$

При определении времени Δt прохождения участка ΔS (или $\Delta\varphi$) будем считать скорость движения постоянной, равной средней скорости в пределах участка:

$$v_{ср} = \frac{v_i + v_{i-1}}{2}.$$

Тогда $\Delta t = t_i - t_{i-1} = \dfrac{\Delta S}{v_{ср}}$,

откуда

$$t_i = t_{i-1} + \frac{\Delta S}{v_{ср}},$$

или

$$t_i = t_{i-1} + \frac{S_i - S_{i-1}}{v_{ср}}. \qquad (3.5)$$

Аналогично, предполагая, что ускорение a_i на участке ΔS (или $\Delta\varphi$) постоянно, имеем

$$a_i = a_{ср} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_i - v_{i-1}}{\Delta t}. \qquad (3.6)$$

Применим построенную математическую модель к расчету параметров поступательного движения тела на участке разгона $[0, S_p]$ и на участке торможения $[S_p, S_p + S_T]$ (рис. 3.3).

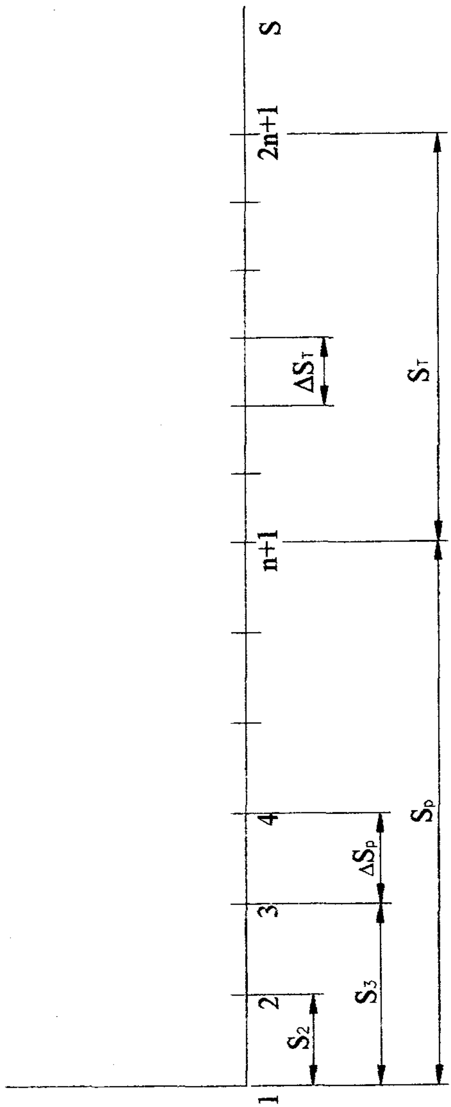


Рис. 3.3

Разобьем каждый из участков движения на n равных элементарных участков длиной $\Delta S_p = \frac{S_p}{n}$ и $\Delta S_T = \frac{S_T}{n}$ соответственно. Полученные промежуточные положения тела пронумеруем от 1 до $2n + 1$. Переменная i определяет номер промежуточного положения тела. К участку разгона относятся положения с номерами от 1 до $n + 1$.

Начальные параметры движения в положении $i = 1$ считаются известными и равными $S_1 = 0$, $v_1 = 0$, $t_1 = 0$. Начальное ускорение a_1 определяется из закона Ньютона $\bar{a} = \frac{\sum \bar{F}}{m}$, который в нашем случае при $i = 1$ примет вид

$$a_1 = \frac{F_Д(S_1) - F_c}{m},$$

где $F_Д(S_1)$ определяется с учетом задания на курсовую работу (см. табл. 3.1 или табл. 3.2).

Например, если в задании $F_Д(S) = F_0 + S^2$, то $F_Д(S_1) = F_0 + S_1^2$.

Для остальных положений тела при $i = 2,..., n + 1$ параметры движения определяются в соответствии с математической моделью по формулам

$$S_i = S_{i-1} + \Delta S_P \text{ или } S_i = S_1 + (i-1)\Delta S_P; \qquad (3.7)$$

$$v_i = \sqrt{\frac{2}{m}\left(\frac{mv_{i-1}^2}{2} + \int\limits_{S_{i-1}}^{S_i}\left(F_Д - F_c\right)ds\right)}; \qquad (3.8)$$

$$v_{ср} = \frac{v_i + v_{i-1}}{2}; \qquad (3.9)$$

$$t_i = t_{i-1} + \frac{\Delta S_p}{v_{ср}}; \qquad (3.10)$$

$$a_i = a_{cp} = \frac{v_i - v_{i-1}}{t_i - t_{i-1}}. \tag{3.11}$$

Интеграл $int = \int\limits_{S_{i-1}}^{S_i} (F_д - F_c) ds$ в формуле (3.8) содержит аналитически заданную подынтегральную функцию $f(s) = F_Д(S) - F_c$ с переменной интегрирования S. Он может быть вычислен:

точно – с использованием первообразной по формуле Ньютона-Лейбница;

приближенно – по методу трапеций.

Расчет параметров движения на участке торможения требует предварительного определения его длины S_T. При этом исходим из условия, что вся накопленная при разгоне кинетическая энергия $\frac{mv_{n+1}^2}{2}$ расходуется на преодоление силы сопротивления F_c, совершающей работу $A_c = F_c \cdot S_T$, т.е.

$$\frac{mv_{n+1}^2}{2} = F_c \cdot S_т ,$$

откуда

$$S_т = \frac{mv_{n+1}^2}{2F_c}. \tag{3.12}$$

Начальные параметры для участка торможения, соответствующие положению $i = n + 1$, частично являются известными. Так, из процесса разгона получены S_{n+1}, v_{n+1}, t_{n+1}. При переходе к торможению имеет место разрыв функции ускорения. Новое значение ускорения, соответствующее началу участка торможения, равно $a_{n+1} = -\frac{F_c}{m}$.

Параметры движения в промежуточных положениях участка торможения при $i = n + 2, \ldots, 2n + 1$ определяются следующим образом:

$$S_i = S_{i-1} + \Delta S_т ;$$

$$v_i = \sqrt{\frac{2}{m}\left(\frac{mv_{i-1}^2}{2} - F_c \Delta S_т\right)};$$

$$v_{cp} = \frac{v_i + v_{i-1}}{2};$$

$$t_i = t_{i-1} + \frac{S_i - S_{i-1}}{v_{cp}};$$

$$a_i = a_{cp} = \frac{v_i - v_{i-1}}{\Delta t}.$$

Быстродействие на участке разгона будет равно $T_p = t_{n+1}$, а на участке торможения – $T_T = t_{2n+1} - t_{n+1}$.

Алгоритм решения задачи.

1. Исходные данные (ввод): m, F_0, F_c, S_p, n.
2. $\Delta S_p = \dfrac{S_p}{n}$.
3. Для первого положения $S_1 = 0$, $v_1 = 0$, $t_1 = 0$, $a_1 = \dfrac{F_д(S_1) - F_c}{m}$.
4. Для остальных положений при $i = 2,\ldots, n + 1$.

4.1. $S_i = S_{i-1} + \Delta S_P$.

4.2. *int* вычисляется по формуле трапеций

$$int = \frac{F_д(S_i) - F_c + F_д(S_{i-1}) - F_c}{2}\Delta S_p.$$

4.3. $v_i = \sqrt{\dfrac{2}{m}\left(\dfrac{mv_{i-1}^2}{2} + int\right)}$.

4.4. $v_{cp} = \dfrac{v_i + v_{i-1}}{2}$.

4.5. $t_i = t_{i-1} + \dfrac{\Delta S_p}{v_{cp}}$.

4.6. $a_i = \dfrac{v_i - v_{i-1}}{t_i - t_{i-1}}$

5. Вывод параметров движения для разгона при $i = 1,..., n + 1$.

5.1. Вывод i, S_i, v_i, a_i, t_i.

6. Вывод быстродействия для участка разгона $T_p = t_{n+1}$.

Для участка торможения алгоритм имеет следующий вид:

7. $S_т = \dfrac{m v_{n+1}^2}{2F_c}$

8. $a_{n+1} = -\dfrac{F_c}{m}$

9. $\Delta S_т = \dfrac{S_т}{n}$.

Далее алгоритм решения имеет вид, аналогичный участку разгона.

3.3. Требования к пояснительной записке

3.3.1. Оформление пояснительной записки

Текст пояснительной записки оформляется на листах писчей бумаги формата А4 (можно от руки). Каждая страница текста должна быть пронумерована. Разделы и подразделы текста пояснительной записки оформляются по следующим правилам:

номер раздела обозначается арабской цифрой, после которой ставится точка. Затем указывается наименование раздела;

при оформлении подразделов ставится номер раздела, после которого ставится точка, затем номер подраздела, точка, наименование подраздела.

Пример: 1. Постановка задачи.

Пояснительная записка оформляется вместе с графическим материалом в картонной папке (скоросшивателе), на лицевой стороне которой наклеивается титульный лист. Пример его оформления показан на рис. 3.4.

Первым листом пояснительной записки является задание по курсовому проектированию, оформленное в соответствии с темой и вариантом курсовой работы. Затем следует содержание пояснительной записки. В нем необходимо указать номера и наименования разделов и подразделов, а также номера страниц, с которых они начинаются.

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра "Теория механизмов и машин"

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ НА ПЛОСКОСТИ

КУРСОВАЯ РАБОТА
по курсу "Информатика"

Исполнитель (подпись студента)	Петров В.И.
Группа	303010
Руководитель (подпись руководителя)	Сидоров А.П.

200_

Рис. 3.4. Образец титульного листа пояснительной записки

3.3.2. Содержание пояснительной записки

Пояснительная записка к данной курсовой работе должна раскрывать содержание следующих этапов работы студента над выданным заданием:

Введение.

1. Постановка задачи.
2. Математическая модель объекта или процесса.
3. Алгоритм решения задачи.
4. Схема алгоритма решения задачи.
5. Таблица идентификаторов.
6. Текст программы.
7. Распечатка результатов.
8. Графическое представление результатов.
9. Анализ результатов.
10. Литература.

Введение. Введение посвящается описанию совокупности объектов или процессов, представителем которой является исследуемый объект или процесс. Обращается внимание на специфические характеристики изучаемой группы задач.

Постановка задачи. На этом этапе осуществляется анализ исследуемого объекта или процесса с точки зрения характера его движения, происходящих с ним изменений, совокупности действующих на него сил и т.д. Уточняются состав и характеристика исходных данных, устанавливается содержание и требуемая форма результатов, выявляются условия, которым они должны удовлетворять. Результатом проведенного анализа должна являться четкая формулировка задачи с указанием заданных и определяемых характеристик, которая оформляется в пояснительную записку. Словесная постановка должна быть дополнена расчетной схемой.

Математическая модель процесса. На этом этапе сформулированная задача описывается с использованием понятий и методов математики в виде аналитических зависимостей (уравнений, систем уравнений, последовательности формул), необходимых для решения задачи. Эта совокупность зависимостей и является математической моделью объекта или процесса.

Алгоритм решения задачи. Для построенной математической модели определяется четкая последовательность элементарных операций над исходными данными, выполнение которых обеспечивает решение задачи. При этом необходимо внимательно следить за тем, чтобы на каждом шаге алгоритма элементарные операции выполнялись над величинами, определенными на предыдущих его шагах или являющимися исходными данными задачи. В пояснительной записке изложение алгоритма следует вести по пунктам:

1. ...
2. ...
   2.1. ...
   2.2. ...
3. и т.д.

Схема алгоритма решения задачи. Приводится алгоритм решения задачи в графической форме с помощью специальных символов. Перечень условных графических символов, их наименование, форма, размеры и отображаемые функции устанавливаются ГОСТ 19.701-90 и приведены в табл. 1.1.

Таблица идентификаторов. Устанавливает взаимно однозначное соответствие между математическим обозначением данного и его идентификатором (именем в программе).

Математическое обозначение					
Идентификатор					

Пример. Для вращательного движения угол имеет обозначение φ, угловая скорость – ω, а угловое ускорение – ε. Таблица идентификаторов будет иметь следующий вид:

Математическое обозначение	φ	ω	ε
Идентификатор	fi	w	Eps

Текст программы. В пояснительную записку включается текст программы на алгоритмическом языке (содержащийся в файле с расширением *.pas*), полученный путем его распечатки на печатающем устройстве ЭВМ. В файле в виде комментариев должны содержаться: информация о том, кто разработал данную программу, т.е. фамилия с инициалами студента; номер группы, в которой он обучается; название курсовой работы в соответствии с заданием; номер варианта.

Распечатка результатов. Прилагаются результаты работы программы в виде распечатки, полученной на печатающем устройстве ЭВМ.

Распечатка результатов счета должна содержать информацию о том, кто выполнил работу (Ф.И.О. студента, номер группы), наименование курсовой работы и номер варианта. Далее выводятся исходные данные (наименование и имя параметра, его значение, единица измерения).

Пример. Масса тела m = 0.50кг.

Результаты счета должны быть оформлены в виде, удобном для чтения и смыслового понимания, и содержать информацию о наименовании и размерности выводимых величин. Пример оформления распечатки результатов счета показан в разделе 3.4.7.

Графическое представление результатов. По численным значениям параметров, полученных студентом в процессе выполнения программы, строятся графические зависимости, необходимые по заданию к курсовой работе.

Графический материал оформляется на бумаге формата А4. В зависимости от требований задания к курсовой работе, графики строятся в одних или нескольких осях координат. Если они построены в одних осях координат, то разные кривые необходимо вычерчивать карандашами (ручками, фломастерами) разного цвета. Оси координат необходимо подписывать с указанием наименования параметра и единиц его измерения. Каждая ось должна быть оцифрована в соответствии с выбранным масштабом, который в пределах одной оси координат должен быть постоянным.

Анализ результатов. После получения результатов вычисления необходимо осуществить их оценку в два этапа. Вначале анализируем соответствие результатов расчета исследуемому процессу.

Например:

а) если мы знаем, что тело, движение которого мы исследуем, остановилось в какой-то точке траектории, то вычисленное значение скорости в этой точке должно быть близко к нулю;

б) если тело совершает ускоренное движение, то его ускорение должно быть положительным;

в) в точке перехода от ускоренного движения к замедленному значение скорости должно быть максимальным;

г) при анализе времени надо учитывать, что эта функция является монотонно возрастающей.

Если полученные результаты соответствуют реальному физическому процессу, то на втором этапе анализа необходимо сделать выводы о характере протекания процесса. Отметить экстремумы, точки перегиба, переходы исследуемых характеристик от положительных к отрицательным значениям и наоборот. Учитывая требования процесса, выбрать из нескольких исследуемых законов лучший в соответствии с указанным критерием и т.д.

Литература. Приводится перечень литературы, используемой при выполнении курсовой работы.

3.4. Пример выполнения курсовой работы

Введение

При исследовании различных технических процессов часто появляется необходимость анализа движения тела, находящегося под действием внешних сил и силы тяжести. Например, решаются такие задачи, как определение характеристик движения снаряда или пули при выстреле; анализ безопасности движения лифтов в жилых домах и т.п. В предлагаемой задаче рассматривается движение тела, брошенного вверх с заданной начальной скоростью, с учетом сопротивления воздуха.

3.4.1. Постановка задачи

На тело массой m, брошенное вертикально вверх с начальной скоростью $v_{нач}$ (рис. 3.5), действуют сила тяжести $G = mg$ и сила сопротивления воздуха $F_c = kv$, где v – скорость тела, k – коэффициент пропорциональности. Тело достигнет максимальной высоты подъема h_{max} в момент времени

$$t_{кон} = -\frac{m}{k}\ln\left(\frac{g}{\frac{k}{m}v_{нач} + g}\right).$$

Требуется исследовать характер изменения скорости тела в зависимости от времени при движении вверх и определить максимальную высоту подъема.

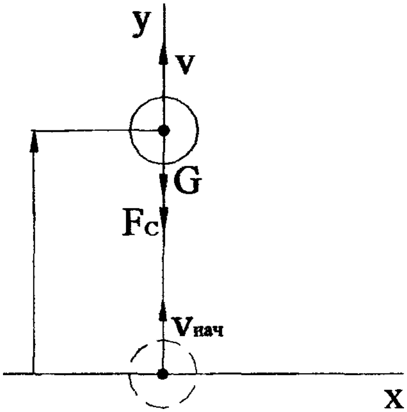


Рис. 3.5. Расчетная схема для определения характеристик движения тела, брошенного вертикально вверх

3.4.2. Математическая модель движения

В произвольном положении на тело массой m действует сила тяжести $G = mg$ и сила сопротивления воздуха $F_c = kv$. Тогда в соответствии со вторым законом Ньютона дифференциальное уравнение движения в проекции на ось Y запишется, с учетом соотношения $a = \dfrac{dv}{dt}$, в виде

$$m\frac{dv}{dt} = -mg - kv,$$

с начальным условием $v\,(t_{нач}) = v_{нач}$. Таким образом, математической моделью движения тела, брошенного вертикально вверх, является задача Коши вида

$$\begin{cases} \dot{v} = -\dfrac{k}{m}v - g, \\ v\,(t_{нач}) = v_{нач}. \end{cases} \qquad (3.4.1)$$

Ее решение на промежутке времени $[t_{нач}, t_{кон}]$ покажет характер изменения скорости тела при полете вверх.

Для нахождения максимальной высоты подъема учитываем, что $v = \dfrac{ds}{dt}$, откуда $ds = v \cdot dt$. Проинтегрировав это выражение, получим

$$h_{max} = \int_{t_{нач}}^{t_{кон}} v\,dt. \qquad (3.4.2)$$

Разобьем промежуток времени $[t_{нач}, t_{кон}]$ на n равных элементарных участков

$$\Delta t = \frac{t_{кон} - t_{нач}}{n}.$$

Количество исследуемых положений тела будет равно $n + 1$. Каждому i-му положению соответствует время t_i, исчисляемое от начала движения, и скорость v_i. Зададим для 1-го положения $t_1 = t_{нач} = 0$, $v_1 = v_{нач}$. Для остальных положений при $i = 2,..., n + 1$ определим $t_i = t_{i-1} + \Delta t$ или $t_i = t_{нач} + (i - 1)\Delta t$. Для определения скорости v_i решается задача Коши (см. формулу 3.4.1) методом Рунге–Кутта, в соответствии с которым для $i = 2,..., n + 1$

$$v_i = v_{i-1} + \frac{\Delta t}{6}\left(k1 + 2 \cdot k2 + 2 \cdot k3 + k4\right),$$

где $k1 = -\frac{k}{m} v_{i-1} - g$;

$$k2 = -\frac{k}{m}\left(v_{i-1} + 0{,}5 \cdot \Delta t \cdot k1\right) - g ;$$

$$k3 = -\frac{k}{m}\left(v_{i-1} + 0{,}5 \cdot \Delta t \cdot k2\right) - g ;$$

$$k4 = -\frac{k}{m}\left(v_{i-1} + \Delta t \cdot k3\right) - g .$$

Максимальная высота подъема h_{max} (см. формулу 3.4.2) определяется путем численного интегрирования по методу трапеций:

$$h_{\max} = \frac{\Delta t}{2}\left(v_1 + 2 \cdot v_2 + \ldots + 2 \cdot v_n + v_{n+1}\right).$$

3.4.3. Алгоритм решения

1. Исходные данные (ввод): m, $v_{нач}$, $t_{нач}$, k, g, n.
2. $t_{кон} = -\frac{m}{k} \ln\left(\frac{g}{\frac{k}{m} v_{нач} + g}\right)$
3. $\Delta t = \frac{t_{кон} - t_{нач}}{n}$.
4. $t_1 = t_{нач}$, $v_1 = v_{нач}$.
5. Для i=2,...,n+1.
   5.1. $t_i = t_{нач} + (i-1)\Delta t$.
   5.2. $k1 = -\frac{k}{m} v_{i-1} - g$

5.3. $k2 = -\frac{k}{m}\left(v_{i-1} + 0{,}5 \cdot \Delta t \cdot k1\right) - g$

5.4. $k3 = -\frac{k}{m}\left(v_{i-1} + 0{,}5 \cdot \Delta t \cdot k2\right) - g$

5.5. $k4 = -\frac{k}{m}\left(v_{i-1} + \Delta t \cdot k3\right) - g$

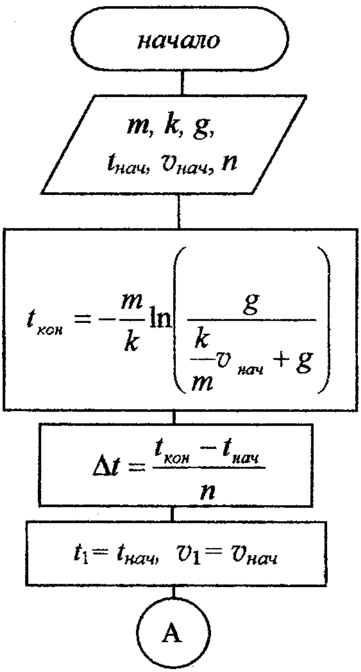
5.6. $v_i = v_{i-1} + \frac{\Delta t}{6}\left(k1 + 2 \cdot k2 + 2 \cdot k3 + k4\right)$

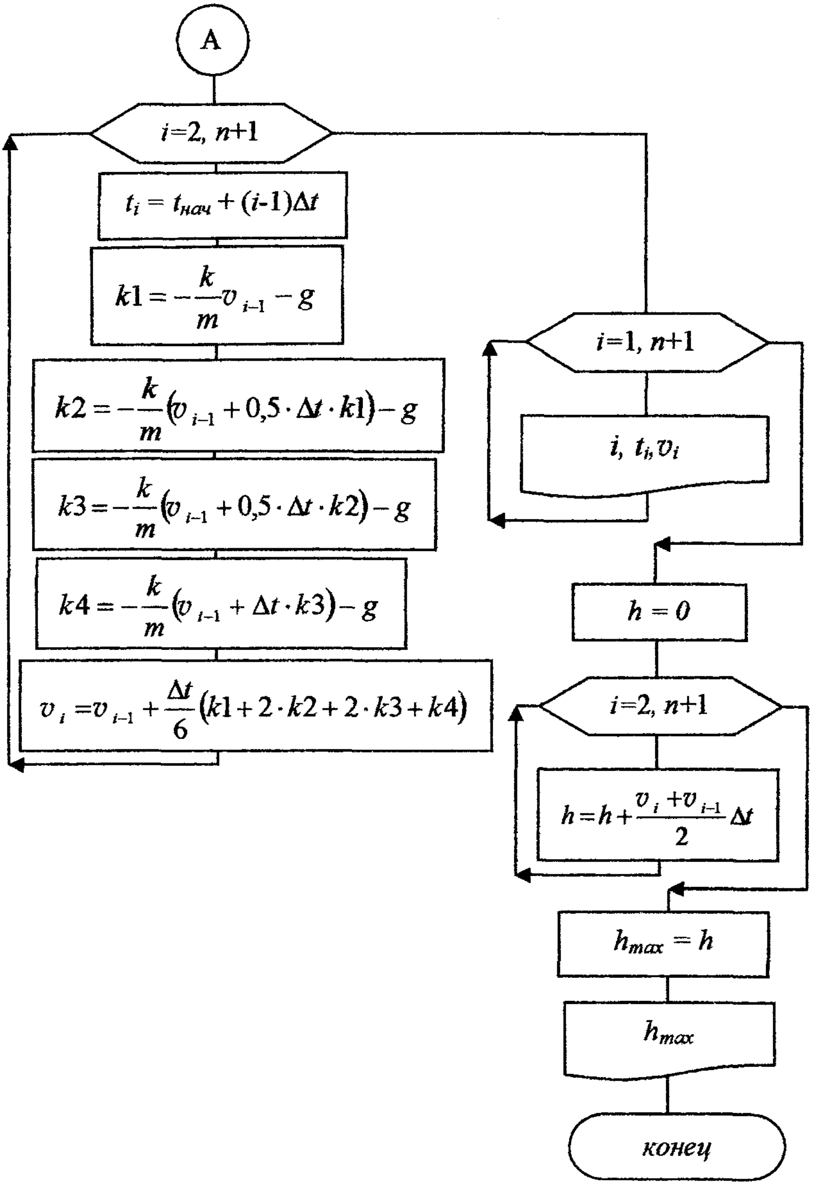
6. $h=0$
7. $i=2,...,n+1$

7.1. $h = h + \frac{v_i + v_{i-1}}{2}\Delta t$

8. $h_{max}=h$

3.4.4. Схема алгоритма решения




A
i=2, n+1
$t_i = t_{нач} + (i-1)\Delta t$
$k1 = -\frac{k}{m} v_{i-1} - g$
$k2 = -\frac{k}{m}(v_{i-1} + 0{,}5 \cdot \Delta t \cdot k1) - g$
$k3 = -\frac{k}{m}(v_{i-1} + 0{,}5 \cdot \Delta t \cdot k2) - g$
$k4 = -\frac{k}{m}(v_{i-1} + \Delta t \cdot k3) - g$
$v_i = v_{i-1} + \frac{\Delta t}{6}(k1 + 2 \cdot k2 + 2 \cdot k3 + k4)$
i=1, n+1
$i,\ t_i, v_i$
$h = 0$
i=2, n+1
$h = h + \frac{v_i + v_{i-1}}{2} \Delta t$
$h_{max} = h$
h_{max}
конец

3.4.5. Таблица идентификаторов

Математическое обозначение	m	g	k	$v_{нач}$	v	t	$t_{нач}$	$t_{кон}$
Идентификатор	m	g	k	v0	v	t	tn	tk

Математическое обозначение	$k1$	$k2$	$k3$	$k4$	Δt	n	h	h_{max}
Идентификатор	k1	k2	k3	k4	dt	n	h	hmax

3.4.6. Текст программы

```
program kurs_010; {Петров В.И., группа 303010};
{Исследование движения тела,};
{брошенного вертикально вверх};
{Вариант 5};
uses crt;
type Mas=array[1..201] of real;
var v,t:Mas;
    m,k,v0,g,tn,tk,dt,k1,k2,k3,k4,h,hmax:real;
    i,n:integer;
    fu:text;
begin
 clrscr;
 assign(fu,'kurs_010.rez');
 rewrite(fu);
 writeln(fu,' ':20,'Исследование движения тела,');
 writeln(fu,' ':19,'брошенного вертикально вверх');
 writeln(fu);
 writeln(fu,' ':20,'Петров В.И., группа 303010');
 writeln(fu);
 writeln(fu,' ':25,'Вариант 5');
 writeln('Введите исходные данные');
 write('Масса тела равна m=');
 readln(m);
 write('Начальное время tn=');
 readln(tn);
 write('Начальная скорость тела v0=');
readln(v0);
write('Коэффициент сопротивления среды k=');
```

```
 readln(k);
 write('Ускорение свободного падения g=');
 readln(g);
 write('Количество разбиений участка [tn,tk] n=');
 readln(n);
 writeln(fu);
 writeln(fu,' ':15,'Исходные данные:');
 writeln(fu);
 writeln(fu,' ':10,'Масса тела m=',m:5:2,'кг');
 writeln(fu,' ':10,'Начальная скорость тела v0=',
v0:5:2,'м/с');
 writeln(fu,' ':10,'Коэффициент сопротивления среды',
'  k=',k:5:2);
 writeln(fu,' ':10,'Ускорение свободного падения g=',
g:3:1,'м/с**2');
 writeln(fu,' ':10,'Количество разбиений участка',
'  [tn,tk] n=',n:2);
 tk:=-m/k*ln(g/(k/m*v0+g));
 writeln(fu);
 writeln(fu);
 writeln(fu,' ':10,'Общее время полета tk=',
tk:7:5,'c');
 writeln(fu);
 dt:=(tk-tn)/n;
 v[1]:=v0;
 t[1]:=tn;
 for i:=2 to n+1 do
   begin
     t[i]:=tn+(i-1)*dt;
     k1:=-k/m*v[i-1]-g;
     k2:=-k/m*(v[i-1]+0.5*dt*k1)-g;
     k3:=-k/m*(v[i-1]+0.5*dt*k2)-g;
     k4:=-k/m*(v[i-1]+dt*k3)-g;
     v[i]:=v[i-1]+dt/6*(k1+2*k2+2*k3+k4);
   end;
 writeln(fu,' ':17,'I',' ':9,'I');
 writeln(fu,' ':15,'i I    t    I   v   ');
 writeln(fu,' ':17,'I',' ':9,'I');
 write(fu,' ':14);
 for i:=1 to 22 do write(fu,'-');
 writeln(fu);
 for i:=1 to n+1 do
```

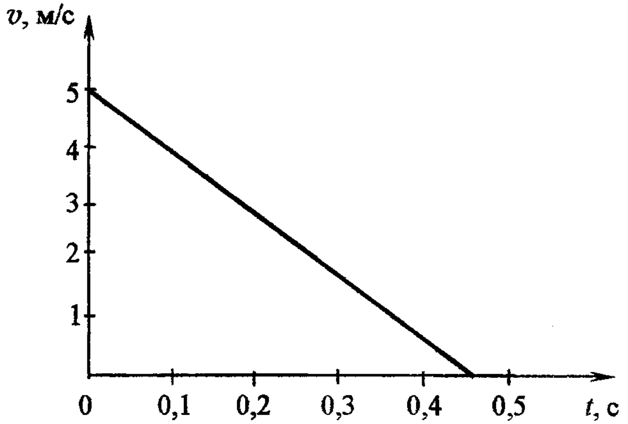
```
     writeln(fu,'   ':14,i:2,'  I   ',t[i]:7:3,'  I   ',
v[i]:7:5);
 h:=0;
 for i:=2 to n+1 do h:=h+(v[i]+v[i-1])/2*dt;
 hmax:=h;
 writeln(fu);
 writeln(fu,'    ':5,'Максимальная   высота   полета',
'  hmax=',hmax:7:5,'м');
 close(fu);
 writeln('Работа окончена');
 repeat until keypressed
end.
```

3.4.7. Распечатка результатов

```
                    Исследование движения тела,
                   брошенного вертикально вверх

                    Петров В.И., группа 303010

                          Вариант 5

                Исходные данные:

            Масса тела m= 0.50кг
            Начальная скорость тела v0= 5.00м/с
            Коэффициент сопротивления среды k= 0.20
            Ускорение свободного падения g=9.8м/с**2
            Количество разбиений участка [tn,tk] n=14


            Общее время полета tk=0.46429с

                 I         I
               i I    t    I    v
                 I         I
              ----------------------
               1 I   0.000 I 5.00000
               2 I   0.033 I 4.61125
               3 I   0.066 I 4.22763
               4 I   0.099 I 3.84906
```

```
 5 I   0.133 I 3.47547
 6 I   0.166 I 3.10682
 7 I   0.199 I 2.74302
 8 I   0.232 I 2.38401
 9 I   0.265 I 2.02974
10 I   0.298 I 1.68013
11 I   0.332 I 1.33513
12 I   0.365 I 0.99468
13 I   0.398 I 0.65871
14 I   0.431 I 0.32717
15 I   0.464 I 0.00000

Максимальная высота полета hmax=1.12501м
```

3.4.8. Графическое представление результатов



3.4.9. Анализ результатов

Анализ результатов показывает:

а) скорость v_1 равна начальному значению $v_1 = v_{нач}$;

б) с увеличением времени до $t_{кон}$ = 0,46429с скорость убывает линейно.

3.4.10. Литература

1. Бородич, Л. И., Герасимович, А. И., Кеда, Н. П., Мелешко, И. Н. Справочное пособие по приближенным методам решения задач высшей математики. – Мн.: Выш. школа, 1986.

2. Офицеров, Д. В., Старых, В. А. Программирование в интегрированной среде Турбо–Паскаль: Справ. пособие. – Мн.: Беларусь, 1992.

3. Петров, А. В. и др. Вычислительная техника и программирование: Курсовая работа / А.В.Петров, М.А.Титов, П.Н.Шкатов; Под ред. А.В.Петрова. – М.: Высш. школа, 1992.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев, В. Е. Вычислительная техника и программирование: Практикум по программированию / В.Е.Алексеев, А.С.Ваулин, Г.Б.Петрова; Под ред. А.В.Петрова. – М.: Высш. школа, 1991.

2. Вычислительная техника и программирование: Учебник для техн. вузов / А.В.Петров, В.Е.Алексеев, А.С.Ваулин и др.; Под ред. А.В.Петрова. – М.: Высш. школа, 1990.

3. Информатика: учебно-методическое пособие. В 4 ч. / П.П. Анципорович [и др.]. – Мн.: БНТУ, 2005.

4. Офицеров, Д. В., Старых, В. А. Программирование в интегрированной среде Турбо–Паскаль: Справ. пособие. – Мн.: Беларусь, 1992.

5. Петров, А. В. и др. Вычислительная техника и программирование: Курсовая работа / А.В.Петров, М.А.Титов, П.Н.Шкатов; Под ред. А.В.Петрова. – М.: Высш. школа, 1992.

6. Поляков, Д. Б., Круглов, И. Ю. Программирование в среде Турбо–Паскаль: Версия 5.5. – М.: Изд-во МИА, А/О Росвузнаука, 1992.

7. Фигурнов, В. Э. IBM PC для пользователя: Краткий курс. – Сокращенная версия 7-го издания. – М.: ИНФРА, 1999.

Содержание

Учебное издание

ЛУЦКО Наталья Яковлевна
АНЦИПОРОВИЧ Петр Петрович
БУЛГАК Татьяна Ивановна

ИНФОРМАТИКА

**Контрольные работы
и курсовое проектирование**

Методическое пособие
для студентов-заочников
машиностроительных специальностей

*Третье издание,
исправленное и дополненное*

Редактор М.И. Гриневич
Технический редактор О.В. Дубовик
Компьютерная верстка О.В. Дубовик

Подписано в печать 18.10.2007.
Формат $60\times84^1/_{16}$. Бумага офсетная.
Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 3,27. Тираж 500. Заказ 1147.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет.
ЛИ № 02330/0131627 от 01.04.2004.
220013, Минск, проспект Независимости, 65.