

Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!

Если вы скопируете данный файл,
Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием.
Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству .
Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем.
Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.



Министерство образования
Республики Беларусь

**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра инженерной геодезии

А.С. Позняк

**АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММЫ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТИПОВЫХ
ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

**Методическое пособие
для студентов строительных специальностей**

М и н с к 2 0 0 8

УДК 528.48 (075.4)
ББК 26.1я7
П 56

Рецензенты:
В.Ф. Нестеренок, С.И. Матиек

Позняк, А.С.
П 56 Алгоритмы и программы для решения типовых геодезических задач: методическое пособие для студентов строительных специальностей / А.С. Позняк. – Минск: БНТУ, 2008. – 66 с.

ISBN 978-985-479-869-1.

В издании приведены программы на алгоритмических языках Фортран и Паскаль для персональных компьютеров, позволяющие автоматизировать трудоемкие вычислительные расчеты при обработке полевых геодезических измерений, а также закрепить теоретические знания по информатике и инженерной геодезии.

УДК 528.48 (075.4)
ББК 26.1я7

ISBN 978-985-479-869-1

© Позняк А.С., 2008
© БНТУ, 2008

Введение

В настоящее время на учебной геодезической практике создание геодезического обоснования для топографических и исполнительных съемок, координирование отдельных точек инженерных коммуникаций и других объектов, подготовка данных для выноса осей сооружений в натуру выполняются в основном методами прокладки теодолитных и тахеометрических ходов, решением прямой и обратной геодезических задач, различных угловых, линейных и комбинированных засечек.

Для компьютерной обработки получаемых традиционными методами геодезических данных разработаны следующие программы:

- решения обратной угловой засечки (задачи Потенота) по формулам Кнейсса и оформления результатов вычислений координат в таблице;

- вычисления координат точек по формулам Юнга (прямая угловая засечка), расстояний и направлений между ними с оценкой точности результатов;

- решения линейной засечки с возможностью контроля по измеренному углу;

- решения прямой геодезической задачи;

- решения обратной геодезической задачи;

- привязки к стенным знакам посредством линейной и линейно-угловой засечек;

- привязки к неприступным пунктам;

- решения задачи Ганзена;

- вычисления величин и направлений изгибов (кренов) высотных сооружений при геодезических наблюдениях в стесненных условиях с двух изолированных пунктов;

- расчета пространственных координат контрольных точек при исполнительных съемках и наблюдениях деформации сооружений.

Программное обеспечение, разработанное на алгоритмических языках Фортран или Паскаль, является дополнением к методическим разработкам [1] и [2] и позволяет автоматизировать рутинные вычислительные геодезические работы и исключить грубые ошибки. Тексты приведенных программ после компиляции (создания файлов с расширением .exe) запускают на выполнение и получают файл с ре-

зультатами расчетов, в котором в табличной форме находятся исходные данные и окончательные результаты геодезических вычислений.

1. ВЫЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ ТОЧЕК РЕШЕНИЕМ ПРЯМОЙ УГЛОВОЙ ЗАСЕЧКИ С ОЦЕНКОЙ ТОЧНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ

Программа составлена в соответствии с расположением исходных пунктов (А и В) и измеренных углов (α и β), приведенных на рис. 1, и следующих формул:

$$X_P = (X_A \operatorname{ctg} \beta + X_B \operatorname{ctg} \alpha + Y_B - Y_A) / (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta),$$

$$Y_P = (Y_A \operatorname{ctg} \beta + Y_B \operatorname{ctg} \alpha + X_A - X_B) / (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta),$$

$$m_P = (m_\beta / \rho) d_{AB} \sqrt{(\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta) / \sin^4 \gamma},$$

где m_β – средняя квадратическая погрешность измерения углов, принятая в программе равной 0.5';

d_{AB} – горизонтальное проложение между исходными пунктами;

γ – угол засечки;

ρ – количество минут в радиане.

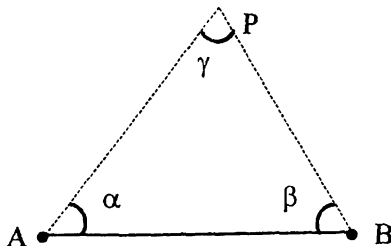


Рис. 1. Прямая угловая засечка

Исходные данные для выполнения расчетов размещаются в файле "data_1.dat" в следующем порядке:

- количество точек, координаты которых следует определить;
- номер определяемой точки Р (номер треугольника);

- координаты исходных пунктов X_1, Y_1, X_2, Y_2 ;
- горизонтальные углы α и β , измеренные на исходных пунктах А и В.

Все перечисленные исходные данные вводят в строго определенной последовательности в виде бесформатной записи с разделением между собой одним или несколькими пробелами.

Для запуска программы в командной строке набирают "Pr_sas.exe" и получают файл с результатами расчетов, в котором в удобной стандартной ведомости находятся исходные данные и окончательные результаты вычислений координат точек.

Текст программы "Pr_sas" с некоторыми комментариями, исходные данные и результаты вычислений приведены ниже.

```
{Вычисления координат точек решением прямой угловой засечки
      с оценкой точности результатов}
uses crt,dos;
label 1,2,13,24,5,23,100,300;
var
f:text;
f1:text;
filedat,fileres:string;
dat:char;
dat1,otvet,postscriptum:integer;
x1,y1,x2,y2,a1,b1,a2,b2,m1,m2,s:array [1..8] of real;
kren,x_1,y_1,x_2,y_2,rumb_k:array [1..8] of real;
num_of_brigad,l,j,i,k:integer;
delta_yk,delta_xk,loreal,rumb,ak,ctgal,ctga2,ctgb1,ctgb2:array [1..8]
of real;
a1_min,b1_min,a2_min,b2_min:array [1..8] of real;
a1_gr,a2_gr,b1_gr,b2_gr:array [1..8] of integer;
begin
goto 1;
5:
for j:=1 to num_of_brigad do begin
a1[j]:=(a1_min[j]+a1_gr[j]*60)/3437.7468;
b1[j]:=(b1_min[j]+b1_gr[j]*60)/3437.7468;
s[j]:=sqrt(sqr(x2[j]-x1[j])+sqr(y2[j]-y1[j]));
m1[j]:=0.5*s[j]/3438*sqrt((sqr(sin(a1[j]))+sqr(sin(b1[j])))/sqr(sqr
(sin((180-a1[j]-b1[j])))));
ctgal[j]:=cos(a1[j])/sin(a1[j]);
ctgb1[j]:=cos(b1[j])/sin(b1[j]);
x_1[j]:=x1[j]+((x2[j]-x1[j])*ctgal[j]+(y2[j]-
y1[j]))/(ctgal[j]+ctgb1[j]);
y_1[j]:=y1[j]+((y2[j]-y1[j])*ctgal[j]-(x2[j]-
x1[j]))/(ctgal[j]+ctgb1[j]);
end;
100:
goto 23;
```

```

1:
clrscr;
textcolor(7);
gotoxy(17,20);
write(' Использовать данные из файла (N-Net) : ');
readln(dat);
if (dat='n') or (dat='N') then goto 300;
clrscr;
gotoxy(20,20);
write(' Введите имя существующего');textcolor(15);writeln (' файла
с данными ');textcolor(7);
gotoxy(20,21);
write('          (по умолчанию
*');textcolor(14);write('data_1.dat');textcolor(7);writeln('*');
write('          ');
readln(filedat);
if filedat='' then filedat:='data_1.dat';
assign(f,filedat);
reset(f);
  readln(f);
  readln(f,num_of_brigad);
  readln(f);readln(f);readln(f);readln(f);readln(f);
  for k:=1 to num_of_brigad do
    readln(f,x1[k],y1[k],x2[k],y2[k],a1_gr[k],a1_min[k],b1_gr[k],
b1_min[k]);
  close(f);
  goto 5;
300:
clrscr;
gotoxy(23,20);
write('Введите число треугольников 1-8: ');
read(num_of_brigad);
if((num_of_brigad<1)or(num_of_brigad>8))then goto 1;
clrscr;
textcolor(7);textcolor(8);
  writeln('
  writeln(' N тре-
  writeln(' уголь-
  writeln(' ника
  writeln('
  writeln('


|                 |       |       |       |        |        |  |
|-----------------|-------|-------|-------|--------|--------|--|
| Исходные данные |       |       |       |        |        |  |
| ХА, м           | YA, м | XB, м | YB, м | aN, °` | bN, °` |  |


  writeln('
  textcolor(7);
for i:=1 to num_of_brigad do begin
2:
gotoxy(1,5+i);clreol;
gotoxy(4,5+i);write(i);
gotoxy(9,5+i);read(x1[i]);
gotoxy(18,5+i);read(y1[i]);
gotoxy(27,5+i);read(x2[i]);
gotoxy(36,5+i);read(y2[i]);
gotoxy(45,5+i);read(a1_gr[i]);gotoxy(49,9+i);read(a1_min[i]);
gotoxy(54,5+i);read(b1_gr[i]);gotoxy(58,9+i);read(b1_min[i]);
textcolor(2);

```

```

gotoxy(5,6+i);write(' Данные по треугольнику ',i,' были введены
правильно? (0-Нет): ');
readln(dat1);
textcolor(7);
if dat1=0 then
begin
    gotoxy(1,10+i);
    clreol;
    goto 2;
end;
end;
    goto 5;
23:
    clrscr;
    gotoxy(20,20);
    write(' Введите имя файла для');textcolor(4);write(' записи');
textcolor(7); writeln(' результатов');
    gotoxy(20,21);
    write('                (по умолчанию
*');textcolor(14);write('data_1.res');textcolor(7);writeln('*');
    write('
                                ');
    textcolor(4);
    readln(fileres);
    textcolor(7);
    if fileres='' then fileres:='data_1.res';
    clrscr;
    assign(f,fileres);
    rewrite(f);
    writeln(f);
    writeln(f,'          Таблица результатов вычисления координат точек');
    writeln(f,'          и средней квадратической погрешности их определения');
writeln(f,'
-----
          |N тре-|          Исходные данные          | Результаты
вычислений |');
    writeln(f,'уголь-
-----
          |ника |  XA,м |  YA,м |  XB,м |  YB,м | aN,°'| bN,°'|
XP,м |  YP,м |  mP,м |');
writeln(f,'
-----
          |');
    for k:=1 to num_of_brigad do begin
        write(f,'          |',k,'
          |',x1[k]:7:2,'|',y1[k]:7:2,'|',x2[k]:7:2,'|',y2[k]:7:2,'|',a1_gr[k],°');
        write(f,a1_min[k]:4:1,'|',b1_gr[k],°',b1_min[k]:4:1,'|',x_1[k]:7:2
        ,'|',y_1[k]:7:2,'|',m1[k]:7:3,'|');
    end;
    wri-
teln(f,'
-----
          |');
    writeln(f);
    close(f);
    writeln;

```



```

gotoxy(20,20);
textcolor(15);write(' Результаты вычислений');textcolor(7); writeln
(' смотри в файле');
gotoxy(20,21);
write('          *');textcolor(14);write(fileres);textcolor(7);
writeln('*');
readln;
end.

```

Исходные данные filedat:='data_1.dat':

Введите количество треугольников (определяемых пунктов)

4

Исходные данные					
Ха,м	Ya,м	Xb,м	Yb,м	aN, °`	bN, °`
1000.00	1000.00	980.69	987.33	40 49.5	42 33.0
980.69	987.33	969.78	1001.99	50 44.5	53 37.0
969.78	1001.99	985.46	1017.83	45 05.0	40 47.5
985.46	1017.83	1000.00	1000.00	43 02.0	43 16.5

Результаты вычислений fileres:='data_1.res':

Таблица результатов вычисления координат точек
и средней квадратической погрешности их определения

N тре- уголь- ника	Исходные данные						Результаты вычислений		
	XA,м	YA,м	XB,м	YB,м	aN, °`	bN, °`	XP,м	YP,м	mP,м
1	1000.00	1000.00	980.69	987.33	40°49.5	42°33.0	984.41	1002.07	0.013
2	980.69	987.33	969.78	1001.99	50°44.5	53°37.0	984.39	1002.06	0.005
3	969.78	1001.99	985.46	1017.83	45° 5.0	40°47.5	984.38	1002.04	0.011
4	985.46	1017.83	1000.00	1000.00	43° 2.0	43°16.5	984.40	1002.06	0.011

2. РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАСЕЧКИ (ЗАДАЧИ ПОТЕНОТА) ПО ФОРМУЛАМ КНЕЙССЛЯ

Задача обратной засечки заключается в определении координат четвертого пункта по координатам трех исходных пунктов и двум углам, измеренным на определяемом пункте (рис. 2).

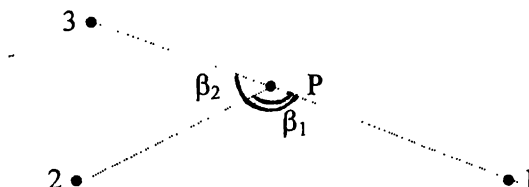


Рис. 2. Схема обратной засечки (задачи Потенота)

При составлении программы вычислений использованы следующие формулы Кнейсса:

$$K_1 = (Y_2 - Y_1) / \operatorname{tg} \beta_1 - (X_2 - X_1),$$

$$K_2 = (X_2 - X_1) / \operatorname{tg} \beta_1 + (Y_2 - Y_1),$$

$$K_3 = (Y_3 - Y_1) / \operatorname{tg} \beta_2 - (X_3 - X_1),$$

$$K_4 = (X_3 - X_1) / \operatorname{tg} \beta_2 + (Y_3 - Y_1),$$

$$C = (K_2 - K_4) / (K_1 - K_3),$$

$$X_p = X_1 + C [(K_2 - C K_1) / (C^2 + 1)],$$

$$Y_p = Y_1 + (K_2 - C K_1) / (C^2 + 1).$$

Исходные данные для выполнения расчетов размещаются в файле "sas.dat" в следующем порядке:

- количество точек, координаты которых следует определить;
- номер определяемой точки P;
- координаты исходных пунктов $X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_3, Y_3$;
- горизонтальные углы β_1 и β_2 (градусы, минуты и секунды), измеренные на определяемой точке P между направлениями на пункты 1 и 2, 1 и 3 в соответствии с рис. 2.

Все перечисленные исходные данные вводят в строго определенной последовательности в виде бесформатной записи с разделением между собой одним или несколькими пробелами.

После запуска программы "zasobr3.exe" получают файл с результатами расчетов "sas.res", в котором в удобной стандартной ведомости находятся исходные данные и окончательные результаты вычислений координат точек.

Текст программы "zasobr3" с некоторыми комментариями, исходные данные и результаты вычислений приведены ниже.

C РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАСЕЧКИ (ЗАДАЧИ ПОТЕНОТА) ПО ФОРМУЛАМ КНЕЙССЛЯ
\$DEBUG

```
!implicit      NONE ! Описание переменных только явное
character *63 FAM
integer        N,I
integer        NT(9),NB1(9),NB2(9),MB1(9),MB2(9),MS1(9),MS2(9)
```

```

      real      X1(9),Y1(9),X2(9),Y2(9),X3(9),Y3(9),B1(9),B2(9),
>      XP(9),YP(9),K1(9),K2(9),K3(9),
>      K4(9),C(9),mP(9)
C      ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:
C      N - количество определяемых точек
C      I - порядковый номер точек
C      NT - название определяемой точки P
C      NB1,NB2 - градусы измеренного угла
C      BM1,BM2,BS1,BS2 - минуты и секунды измеренного угла
C      X1,Y1,X2,Y2,X3,Y3 - известные координаты опорных точек
C      XP,YP - определяемые координаты точки P
C      mP - СКП положения определяемого пункта
C      ВВОД НАЗВАНИЯ ОБЪЕКТА
      open(1, file='sas.dat')
      open(3, file='sas.res')
18 READ (1,'(A)',END=11) FAM
C      ВВОД КОЛИЧЕСТВА ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ ТОЧЕК
      READ (1,*) N
C      ВВОД НОМЕРОВ ТОЧЕК, КООРДИНАТ ПЕРВОЙ, ВТОРОЙ И ТРЕТЬЕЙ ТОЧЕК
C      ПО ХСДУ ЧАСОВОЙ СТРЕЛКИ, ГРАДУСОВ И МИНУТ ИЗМЕРЕННЫХ УГЛОВ
      DO I=1,N
      READ (1,*) NT(I),X1(I),Y1(I),X2(I),Y2(I),X3(I),Y3(I),NB1(I),
*MB1(I),MS1(I),NB2(I),MB2(I),MS2(I)
      enddo
C      ВЫЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ ОПРЕДЕЛЯЕМОЙ ТОЧКИ
      DO I=1,N
      B1(I)=(NB1(I)*3600+MB1(I)*60+MS1(I))/206265.
      B2(I)=(NB2(I)*3600+MB2(I)*60+MS2(I))/206265.
      K1(I)=(Y2(I)-Y1(I))/TAN(B1(I))-(X2(I)-X1(I))
      K2(I)=(X2(I)-X1(I))/TAN(B1(I))+(Y2(I)-Y1(I))
      K3(I)=(Y3(I)-Y1(I))/TAN(B2(I))-(X3(I)-X1(I))
      K4(I)=(X3(I)-X1(I))/TAN(B2(I))+(Y3(I)-Y1(I))
      C(I)=(K2(I)-K4(I))/(K1(I)-K3(I))
      XP(I)=X1(I)+C(I)*((K2(I)-C(I)*K1(I))/(C(I)**2+1))
      YP(I)=Y1(I)+(K2(I)-C(I)*K1(I))/(C(I)**2+1)
      enddo
C      ВЫВОД НА ПРИНТЕР РЕЗУЛЬТАТОВ В ВИДЕ ТАБЛИЦЫ
      WRITE (3,20) FAM
20 FORMAT (/3X,A/)
      WRITE (3,21)
21 FORMAT (1X,T29,'ВЕДОМОСТЬ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАСЕЧКИ ПО ФОРМУЛАМ КНЕ
*ЙССЛЯ',/1X,100('-')/' ИНОМЕРАИ КООРДИНАТЫ
* ОПОРНЫХ ТОЧЕК, м I УГЛЫ, гр.мин.сек I КООРДИ
*НАТЫ,м I/' ИОПРЕД. I',92('-')/' ИТОЧЕК I X1 I Y1 I X2
* I Y2 I X3 I Y3 I B1 I B2 I XP I YP
* I'/1X,100('-'))
22 DO I=1,N
      WRITE (3,26) NT(I),X1(I),Y1(I),X2(I),Y2(I),X3(I),Y3(I),NB1(I),
* MB1(I),MS1(I),NB2(I),MB2(I),MS2(I),XP(I),YP(I)
      enddo
26 FORMAT (2X,I5,F10.2,5F9.2,2(I4,2I3),2F9.2)
      WRITE (3,30)
30 FORMAT (1X,100('-')/T11,'Исполнитель'

```


Исходные данные для выполнения расчетов размещаются в файле "direkz.dat" в следующем порядке:

- наименование объекта с длиной записи менее 70 символов;
- количество решаемых задач;
- номер решаемой задачи (не более 5 цифр);
- координаты исходных пунктов X_1 , Y_1 , X_2 , Y_2 .

Все перечисленные исходные данные вводят в строго определенной последовательности в виде бесформатной записи с разделением между собой одним или несколькими пробелами.

После запуска программы "direkz.exe" получают файл с результатами расчетов "direkz.res", в котором в удобной таблице находятся исходные данные и окончательные результаты вычислений горизонтальных проложений и дирекционных углов.

Текст программы "direkz" с некоторыми комментариями, исходные данные и результаты вычислений приведены ниже.

```
с      Решение обратной геодезической задачи (определение
с      дирекционного угла и горизонтального проложения)
$DEBUG
      !implicit      NONE ! Описание переменных только явное
      character *63 FAM
      integer        N,I
      integer        NT(9)
      integer        LA(9)
      real            X1(9),Y1(9),X2(9),Y2(9),D(9),
>      AM(9),AR(9),A(9)
C      ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:
с      N - количество решаемых задач
с      I - порядковый номер задачи
с      NT - название определяемой задачи
с      X1,Y1,X2,Y2 - известные координаты опорных точек
с      D - горизонтальное проложение
с      LA - градусы дирекционного угла
с      AM - минуты дирекционного угла
C      ВВОД НАЗВАНИЯ ОБЪЕКТА
      open(1, file='direkz.dat')
      open(3, file='direkz.res')
18 READ (1, '(A)',END=11) FAM
C      ВВОД КОЛИЧЕСТВА РЕШАЕМЫХ ЗАДАЧ
      READ (1,*) N
C      ВВОД НОМЕРА ЗАДАЧИ, КООРДИНАТ ПЕРВОЙ И ВТОРОЙ ТОЧЕК
      DO I=1,N
      READ (1,*) NT(I),X1(I),Y1(I),X2(I),Y2(I)
      enddo
C      ВЫЧИСЛЕНИЕ РАССТОЯНИЙ И ДИРЕКЦИОННЫХ УГЛОВ
      DO I=1,N
```

```

D(I)=SQRT((X1(I)-X2(I))**2+(Y1(I)-Y2(I))**2)
AR(I)=ATAN((Y1(I)-Y2(I))/(X1(I)-X2(I)))
IF(AR(I).LT.0.) GO TO 14
IF(AR(I).GE.0.) AR(I)=AR(I)
IF((Y1(I)-Y2(I)).LT.0.) AR(I)=AR(I)+3.1416
GO TO 15
14 AR(I)=AR(I)+6.2832
IF((Y1(I)-Y2(I)).GT.0.) AR(I)=AR(I)-3.1416
15 IF(AR(I).GE.360.) AR(I)=AR(I)-6.2832
12 A(I)=AR(I)*3437.7468
LA(I)=A(I)/60
AM(I)=A(I)-LA(I)*60.
IF(AM(I).LT.0) AM(I)=AM(I)+60.
enddo
C Вывод на принтер результатов в виде таблицы
WRITE (3,20) FAM
20 FORMAT (/3X,A/)
WRITE (3,21)
21 FORMAT (1X,T12,'ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ ДИРЕКЦИОННЫХ УГЛОВ
* '/1X, 62('-')/' ИНОМЕРАИ КООРДИНАТЫ
* ИСХОДНЫХ ТОЧЕК I РАССТ. I УГЛЫ I'
* '/' ИОПРЕД. I',54('-')/' ИУГЛОВ I X1 I Y1
* I X2 I Y2 I D I A(2-1) I'
*/1X, 62('-'))
22 DO I=1,N
WRITE (3,26) NT(I),X1(I),Y1(I),X2(I),Y2(I),D(I),
* LA(I),AM(I)
enddo
26 FORMAT (/2X,I5,F10.2,3F9.2,F8.2,I5,F5.1)
WRITE (3,30)
30 FORMAT (/1X,62('-')/T11,'Исполнитель ' )
GO TO 18
11 return
END

```

Исходные данные (файл direkz.dat):

ОБЪЕКТ: ЛИВНЕВАЯ КАНАЛИЗАЦИЯ ПО УЛИЦЕ ВОСТОЧНОЙ

6				
123	545.63	131.06	430.86	424.71
678	11371.17	8552.42	9946.57	7696.97
8977	58012.67	13071.95	53709.77	19963.14
8978	53709.77	19963.14	55860.37	23384.44
71	53709.77	19963.14	61247.64	18356.33
678	11371.17	8552.42	9433.00	9415.48

Результаты вычислений file='direkz.res':

ОБЪЕКТ: ЛИВНЕВАЯ КАНАЛИЗАЦИЯ ПО УЛИЦЕ ВОСТОЧНОЙ

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ ДИРЕКЦИОННЫХ УГЛОВ

И Н О М Е Р А Т И О П Р Е Д . I У Г Л О В I	К О О Р Д И Н А Т Ы		И С Х О Д Н Ы Х Т О Ч Е К		I Р А С С Т . I		У Г Л Ы I	
I	X1 I	Y1 I	X2 I	Y2 I	D I	A(2-1) I	I	I
123	545.63	131.06	430.86	424.71	315.28	291	20.9	
678	11371.17	8552.42	9946.57	7696.97	1661.71	30	59.0	
8977	58012.67	13071.95	53709.77	19963.14	8124.25	301	58.9	
8978	53709.77	19963.14	55860.37	23384.44	4041.09	237	50.8	
71	53709.77	19963.14	61247.64	18356.33	7707.23	167	58.0	
678	11371.17	8552.42	9433.00	9415.48	2121.64	335	59.9	

Исполнитель

4. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ГАНЗЕНА

Сущность решения задачи Ганзена заключается в совместном определении координат двух точек P_1 и P_2 , используя координаты двух исходных пунктов 1 и 2 и измеренные углы B_1, B_2, B_3, B_4 при определяемых точках (рис. 3).

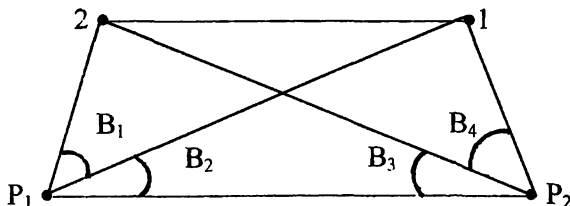


Рис. 3. Задача Ганзена

При решении задачи реализованы следующие формулы:

$$K_1 = \sin B_4 \sin B_2 \sin(B_3 + B_2 + B_1),$$

$$K_2 = \sin B_3 \sin B_1 \sin(B_4 + B_3 + B_2),$$

$$K_3 = \sin B_3 \sin B_1 \sin(B_4 + B_3 + B_2),$$

$$K_4 = \sin B_4 \sin B_2 \sin(B_3 + B_2 + B_1),$$

$$\operatorname{ctg} B = K_1 / (K_2 \sin(B_3 + B_2)) + \operatorname{ctg}(B_3 + B_2),$$

$$\operatorname{ctg} A = K_3 / (K_4 \sin(B_3 + B_2)) + \operatorname{ctg}(B_3 + B_2),$$

$$A = \arctg(1/\operatorname{ctg} A),$$

$$B = \arctg(1/\operatorname{ctg} B),$$

$$U_2 = A + 180 - B_3 - B_1 - B_2,$$

$$U_3 = B + 180 - B_4 - B_3 - B_2,$$

$$C_1 = \operatorname{ctg}(B) + \operatorname{ctg}(U_2),$$

$$C_2 = \operatorname{ctg}(U_3) + \operatorname{ctg}(A),$$

$$X_{P1} = (X_1 \operatorname{ctg}(U_2) + X_2 \operatorname{ctg}(B) - Y_1 + Y_2) / C_1,$$

$$Y_{P1} = (Y_1 \operatorname{ctg}(U_2) + Y_2 \operatorname{ctg}(B) + X_1 - X_2) / C_1,$$

$$X_{P2} = (X_1 \operatorname{ctg}(A) + X_2 \operatorname{ctg}(U_3) - Y_1 + Y_2) / C_2,$$

$$Y_{P2} = (Y_1 \operatorname{ctg}(A) + Y_2 \operatorname{ctg}(U_3) + X_1 - X_2) / C_2.$$

Точность определения координат точек в основном зависит от величины углов, под которыми линия P_1P_2 видна с исходных пунктов. Выбор мест определяемых точек P_i следует производить так, чтобы во всех треугольниках, образованных наблюдаемыми направлениями и исходной стороной (между пунктами 1 и 2) не было углов по величине менее 30° .

С целью проверки правильности определения координат точек необходимо выбирать дополнительную контрольную точку не ближе

40...50 м от определяемой, на которой также измерить углы. В случае определения координат трех точек (двойная задача Ганзена) контрольной точки не требуется. В остальных случаях для контроля полевых измерений и результатов вычислений можно измерить расстояние между парой определяемых точек и сравнить результат измерения с соответствующим расстоянием, вычисленным по координатам.

Исходные данные для выполнения расчетов размещаются в файле "gansen.dat" в следующем порядке:

- название объекта, которое выражается символьной константой;
- количество задач Ганзена, которые необходимо решить;
- номер решаемой задачи;
- координаты первого и второго исходных пунктов (X_1 , Y_1 , X_2 , Y_2), пронумерованные против хода часовой стрелки;
- горизонтальные углы при определяемых пунктах P_1 и P_2 , пронумерованные по ходу часовой стрелки (см. рис. 3).

Все перечисленные исходные данные вводят в строго определенной последовательности в виде бесформатной записи с разделением между собой одним или несколькими пробелами.

После запуска программы "gansen.exe" получают файл с результатами расчетов "gansen.res", в котором в удобной таблице находятся исходные данные и окончательные результаты вычислений координат точек P_1 и P_2 .

Текст программы, контрольные исходные данные и результаты вычислений приведены ниже.

```

C      РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ГАНЗЕНА
$DEBUG
      !implicit      NONE ! Описание переменных только явное
      character *63 FAM
      integer        N,I
      integer        NT(9),BG1(9),BG2(9),BG3(9),BG4(9)
      real            X1(9),Y1(9),X2(9),Y2(9),BM1(9),BM2(9),BM3(9),
>                   BM4(9),XP1(9),YP1(9),XP2(9),YP2(9),
>                   A(9),B(9),RB1(9),RB2(9),RB3(9),RB4(9),K1(9),
>                   K2(9),K3(9),K4(9),U1(9),U2(9),U3(9),U4(9),CONTR(9),
>                   C1(9),C2(9)

c      ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:
c      N - количество решаемых задач
c      I - порядковый номер задачи
c      NT(9) - название решаемой задачи
c      BG1(9),BG2(9),BG3(9),BG4(9) - градусы измеряемых углов
c      BM1,BM2,BM3,BM4 - минуты измеряемых углов
c      X1,Y1,X2,Y2 - координаты исходных точек
c      XP1,YP1,XP2,YP2 - определяемые координаты точек P1 и P2

```

```

C      A,B - углы при определяемых точках
C      U1,U2,U3,U4 - углы для вычислений координат по формулам Юнга
C      ВВОД НАЗВАНИЯ ОБЪЕКТА
      open(1, file='gansen.dat')
      open(3, file='gansen.res')
18 READ (1, '(A)', END=11) FAM
C      ВВОД КОЛИЧЕСТВА РЕШАЕМЫХ ЗАДАЧ
      READ (1,*) N
C      ВВОД НОМЕРА ЗАДАЧИ, КООРДИНАТ ПЕРВОГО И ВТОРОГО ИСХОДНЫХ ПУНКТОВ
C      И ЧЕТЫРЕХ УГЛОВ (ГРАДУСЫ И МИНУТЫ) ПРИ ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ ТОЧКАХ,
C      НУМЕРОВАННЫХ ПРОТИВ ХОДА ЧАСОВОЙ СТРЕЛКИ
      DO I=1,N
        READ (1,*) NT(I),X1(I),Y1(I),X2(I),Y2(I),BG1(I),BM1(I),BG2(I),
>BM2(I),BG3(I),BM3(I),BG4(I),BM4(I)
        enddo
C      ВЫЧИСЛЕНИЕ УГЛОВ И КООРДИНАТ
      DO I=1,N
        RB1(I)=(BG1(I)*60+BM1(I))/3437.7468
        RB2(I)=(BG2(I)*60+BM2(I))/3437.7468
        RB3(I)=(BG3(I)*60+BM3(I))/3437.7468
        RB4(I)=(BG4(I)*60+BM4(I))/3437.7468
        K1(I)=SIN(RB4(I))*SIN(RB2(I))*SIN(RB3(I)+RB2(I)+RB1(I))
        K2(I)=SIN(RB3(I))*SIN(RB1(I))*SIN(RB4(I)+RB3(I)+RB2(I))
        K3(I)=SIN(RB3(I))*SIN(RB1(I))*SIN(RB4(I)+RB3(I)+RB2(I))
        K4(I)=SIN(RB4(I))*SIN(RB2(I))*SIN(RB3(I)+RB2(I)+RB1(I))
        B(I)=K1(I)/(K2(I)*SIN(RB3(I)+RB2(I))+COTAN(RB3(I)+RB2(I))
        A(I)=K3(I)/(K4(I)*SIN(RB3(I)+RB2(I))+COTAN(RB3(I)+RB2(I))
        A(I)=ATAN(1/A(I))
        B(I)=ATAN(1/B(I))
C      CONTR(I)=(A(I)+B(I)-RB3(I)-RB2(I))*3437.7468
        U1(I)=B(I)
        U2(I)=A(I)+3.14159-RB3(I)-RB1(I)-RB2(I)
        U3(I)=B(I)+3.14159-RB4(I)-RB3(I)-RB2(I)
        U4(I)=A(I)
        C1(I)=COTAN(U1(I))+COTAN(U2(I))
        C2(I)=COTAN(U3(I))+COTAN(U4(I))
        XP1(I)=(X1(I)*COTAN(U2(I))+X2(I)*COTAN(U1(I))-Y1(I)+Y2(I))/C1(I)
        YP1(I)=(Y1(I)*COTAN(U2(I))+Y2(I)*COTAN(U1(I))+X1(I)-X2(I))/C1(I)
        XP2(I)=(X1(I)*COTAN(U4(I))+X2(I)*COTAN(U3(I))-Y1(I)+Y2(I))/C2(I)
        YP2(I)=(Y1(I)*COTAN(U4(I))+Y2(I)*COTAN(U3(I))+X1(I)-X2(I))/C2(I)
        enddo
C      ВЫВОД НА ПРИНТЕР РЕЗУЛЬТАТОВ В ВИДЕ ТАБЛИЦЫ
      WRITE (3,20) FAM
20 FORMAT (/3X,A/)
      WRITE (3,21)
21 FORMAT (1X,T29,'ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК (РЕШЕНИЕ ЗАДА
*ЧИ ГАНЗЕНА)                '/1X,120('-'')' ИНОМЕРАИ КООРДИНАТЫ ИСХО
*ДНЫХ ПУНКТОВ, м I ИЗМЕРЕННЫЕ УГЛЫ, гр., мин. I КООРДИ
*НАТЫ ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ ТОЧЕК, м I'/' РЕШАЕМИ',111('-'')I'
*/' ИЗДАЧА I X1 I Y1 I X2 I Y2 I B1 I B2
*I B3 I B4 I XP1 I YP1 I XP2 I YP2 I' /1X,120(
*'-''))
22 DO I=1,N

```

```

WRITE (3,26) NT(I),X1(I),Y1(I),X2(I),Y2(I),BG1(I),BM1(I),BG2(I),
*BM2(I),BG3(I),BM3(I),BG4(I),BM4(I),XP1(I),YP1(I),XP2(I),YP2(I)
erddo
26 FORMAT (2X,15,F10.2,3F9.2,4(I5,F5.1),4F9.2)
WRITE (3,30)
30 FORMAT (1X,120('-',')/T11,'Исполнитель'
GC TO 18
11 return
END

```

Исходные данные file='gansen.dat':

ОБЪЕКТ: ТЕПЛОТРАССА ПО УЛИЦЕ ВОСТОЧНОЙ

2

```

1123 3800.30 3546.60 5042.70 876.00 71 47.2 42 26.4 39 06.6 61 51.4
1678 3800.30 3546.60 5042.70 876.00 71 43.2 40 44.3 36 18.7 61 51.5

```

Результаты вычислений file='gansen.res':

ОБЪЕКТ: ТЕПЛОТРАССА ПО УЛИЦЕ ВОСТОЧНОЙ

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК (РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ГАНСЕНА)

ИЗМЕНЯЕМЫЕ КООРДИНАТЫ ИСХОДНЫХ ПУНКТОВ, м										ИЗМЕНЯЕМЫЕ УГЛЫ, гр., мин										КООРДИНАТЫ ОПРЕД. ТОЧЕК, м							
ИЗМЕНЯЕМЫЕ	X1	Y1	X2	Y2	B1	B2	B3	B4	XP1	YP1	XP2	YP2															
1123	3800.30	3546.60	5042.70	876.00	71	47.2	42	26.4	39	06.6	61	51.4	2750.59	1065.08	2204.15	2607.22											
1678	3800.30	3546.60	5042.70	876.00	71	43.2	40	44.3	36	18.7	61	51.5	2912.28	881.53	2204.19	2607.17											

Исполнитель

5. ВЫЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ ТОЧЕК ПО ФОРМУЛАМ ЮНГА, РАССТОЯНИЙ И НАПРАВЛЕНИЙ МЕЖДУ НИМИ С ОЦЕНКОЙ ТОЧНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ

Определение координат точек прямыми угловыми засечками (рис. 4) выполнено по следующим формулам Юнга:

$$X_N = X_A + [(X_B - X_A) \operatorname{ctg} \alpha_N + (Y_B - Y_A)] / (\operatorname{ctg} \alpha_N + \operatorname{ctg} \beta_N),$$

$$Y_N = Y_A + [(Y_B - Y_A) \operatorname{ctg} \alpha_N - (X_B - X_A)] / (\operatorname{ctg} \alpha_N + \operatorname{ctg} \beta_N),$$

$$X_K = X_A + [(X_B - X_A) \operatorname{ctg} \alpha_K + (Y_B - Y_A)] / (\operatorname{ctg} \alpha_K + \operatorname{ctg} \beta_K),$$

$$Y_K = Y_A + [(Y_B - Y_A) \operatorname{ctg} \alpha_K - (X_B - X_A)] / (\operatorname{ctg} \alpha_K + \operatorname{ctg} \beta_K).$$

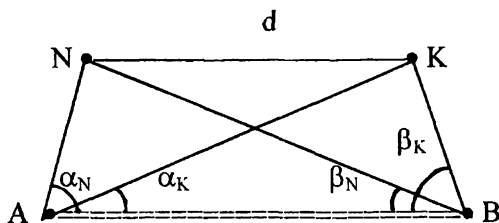


Рис. 4. Схема прямых засечек

Необходимым условием надежного определения координат по приведенным формулам являются величины углов при засекаемых точках в пределах от 60 до 120°.

Контролем координат, полученных прямой угловой засечкой, служит повторное их определение с использованием третьей точки с известными координатами. В случае отсутствия третьей точки контролем может быть близость значений длины линии d , измеренной между определяемыми точками и вычисленной по формуле

$$D = \sqrt{(X_K - X_N)^2 + (Y_K - Y_N)^2}.$$

Средняя квадратическая погрешность (СКП) планового положения определяемой точки, например точки N:

$$m_N = (m_\beta / \rho) d_{AB} \sqrt{(\sin^2 \alpha_N + \sin^2 \beta_N) / \sin^4 \gamma},$$

где m_β – СКП измерения горизонтального угла;

γ – угол засечки.

Исходные данные для выполнения расчетов размещаются в файле "data.dat" в следующем порядке:

- количество четырехугольников с двумя исходными и двумя определяемыми точками (по два треугольника в каждом);
- координаты исходных пунктов X_A, Y_A, X_B, Y_B ;
- горизонтальные углы $\alpha_N, \beta_N, \alpha_K, \beta_K$, измеренные на исходных пунктах A и B.

Все перечисленные исходные данные вводят в строго определенной последовательности в виде бесформатной записи с разделением между собой одним или несколькими пробелами.

После запуска программы "koordin.exe" получают файл с результатами расчетов "data.res", в котором в удобной таблице находятся исходные данные и окончательные результаты вычислений координат точек, горизонтальное проложение между ними и дирекционный угол его направления.

Текст программы "koordin" с некоторыми комментариями, исходные данные и контрольные примеры приведены ниже.

{Программа вычисления координат точек по формулам Юнга, расстояний и направлений между ними с оценкой точности результатов}

```
uses crt,dos;
label 1,2,13,24,5,23,100,300;
var
f:text;
f1:text;
filedat,fileres:string;
dat:char;
dat1,otvet,postscriptum:integer;
x1,y1,x2,y2,a1,b1,a2,b2,m1,m2,s:array [1..8] of real;
kren,x_1,y_1,x_2,y_2,rum_b_k:array [1..8] of real;
num_of_brigad,l,j,i,k:integer;
delta_yk,delta_xk,loreal,rum_b,ak,ctga1,ctga2,ctgb1,ctgb2:array [1..8] of real;
a1_min,b1_min,a2_min,b2_min:array [1..8] of real;
a1_gr,a2_gr,b1_gr,b2_gr:array [1..8] of integer;
begin
goto 1;
5:
for j:=1 to num_of_brigad do begin
a1[j]:=(a1_min[j]+a1_gr[j]*60)/3437.7468;
a2[j]:=(a2_min[j]+a2_gr[j]*60)/3437.7468;
b1[j]:=(b1_min[j]+b1_gr[j]*60)/3437.7468;
b2[j]:=(b2_min[j]+b2_gr[j]*60)/3437.7468;
s[j]:=sqrt(sqr(x2[j]-x1[j])+sqr(y2[j]-y1[j]));
m1[j]:=0.1*s[j]/3438*sqrt((sqr(sin(a1[j]))+sqr(sin(b1[j])))/sqr(sqr(
sin((3.1416-a1[j]-b1[j])))));
m2[j]:=0.1*s[j]/3438*sqrt((sqr(sin(a2[j]))+sqr(sin(b2[j])))/sqr(sqr(
sin((3.1416-a2[j]-b2[j])))));
ctga1[j]:=cos(a1[j])/sin(a1[j]);
ctga2[j]:=cos(a2[j])/sin(a2[j]);
ctgb1[j]:=cos(b1[j])/sin(b1[j]);
ctgb2[j]:=cos(b2[j])/sin(b2[j]);
x_1[j]:=x1[j]+((x2[j]-x1[j])*ctga1[j]+(y2[j]-y1[j]))/(ctga1[j]+ctgb1[j]);
y_1[j]:=y1[j]+((y2[j]-y1[j])*ctga1[j]-(x2[j]-x1[j]))/(ctga1[j]+ctgb1[j]);
x_2[j]:=x1[j]+((x2[j]-x1[j])*ctga2[j]+(y2[j]-y1[j]))/(ctga2[j]+ctgb2[j]);
y_2[j]:=y1[j]+((y2[j]-y1[j])*ctga2[j]-(x2[j]-x1[j]))/(ctga2[j]+ctgb2[j]);
```

```

kren[j]:=sqrt(sqr(x_2[j]-x_1[j])+sqr(y_2[j]-y_1[j]));
delta_yk[j]:=y_2[j]-y_1[j];
delta_xk[j]:=x_2[j]-x_1[j];
if(delta_xk[j]=0)and(delta_yk[j]>0)then begin
rumb_k[j]:=90;
goto 100;
end;
if(delta_xk[j]=0)and(delta_yk[j]<0)then begin
rumb_k[j]:=270;
goto 100;
end;
loreal[j]:=delta_yk[j]/delta_xk[j];
rumb[j]:=arctan(loreal[j]);
rumb_k[j]:=Abs(rumb[j]*180/3.1416);
if (delta_yk[j]>0)and(delta_xk[j]>0)then ak[j]:=rumb_k[j];
if (delta_yk[j]>0)and(delta_xk[j]<0)then ak[j]:=180-rumb_k[j];
if (delta_yk[j]<0)and(delta_xk[j]<0)then ak[j]:=180+rumb_k[j];
if (delta_yk[j]<0)and(delta_xk[j]>0)then ak[j]:=360-rumb_k[j];
end;
100:
goto 23;
1:
clrscr;
textcolor(7);
gotoxy(17,20);
write(' Использовать данные из файла (N-Нет) : ');
readln(dat);
if (dat='n') or (dat='N') then goto 300;
clrscr;
gotoxy(20,20);
write(' Введите имя существующего');textcolor(15);writeln(' файла
с данными ');textcolor(7);
gotoxy(20,21);
write(' (по умолчанию
*');textcolor(14);write('data_1.dat');textcolor(7);writeln('*'));
write(' ');
readln(filedat);
if filedat='' then filedat:='data_1.dat';
assign(f,filedat);
reset(f);
readln(f);
readln(f,num_of_brigad);
readln(f);readln(f);readln(f);readln(f);readln(f);
for k:=1 to num_of_brigad do

readln(f,x1[k],y1[k],x2[k],y2[k],a1_gr[k],a1_min[k],a2_gr[k],a2_min[k],
b1_gr[k],b1_min[k],b2_gr[k],b2_min[k]);
close(f);
goto 5;
300:
clrscr;
gotoxy(23,20);
write('Введите число четырехугольников 1-8: ');

```

```

read(num_of_brigad);
if((num_of_brigad<1)or(num_of_brigad>8))then goto 1;
clrscr;
textcolor(7);textcolor(8);
wri-
teln('');
writeln(' | N оси | Исходные данные
');
writeln(' |
');
writeln(' | | XA,м | YA,м | XY,м | YV,м | a1,° |
| a3,° | b1,° | b3,° | ');
writeln('');
textcolor(7);
for i:=1 to num_of_brigad do begin
2:
gotoxy(1,9+i);clreol;
gotoxy(4,9+i);write(i);
gotoxy(9,9+i);read(x1[i]);
gotoxy(18,9+i);read(y1[i]);
gotoxy(27,9+i);read(x2[i]);
gotoxy(36,9+i);read(y2[i]);
gotoxy(45,9+i);read(a1_gr[i]);gotoxy(49,9+i);read(a1_min[i]);
gotoxy(54,9+i);read(a2_gr[i]);gotoxy(58,9+i);read(a2_min[i]);
gotoxy(63,9+i);read(b1_gr[i]);gotoxy(67,9+i);read(b1_min[i]);
gotoxy(72,9+i);read(b2_gr[i]);gotoxy(76,9+i);read(b2_min[i]);
textcolor(2);
gotoxy(5,10+i);write(' Данные по четырехугольнику ',i,' были введены
правильно? (0-Нет): ');
readln(dat1);
textcolor(7);
if dat1=0 then
begin
gotoxy(1,10+i);
clreol;
goto 2;
end;
end;

goto 5;
23:
clrscr;
gotoxy(20,20);
write(' Введите имя файла для');textcolor(4);write(' записи');
textcolor(7); writeln(' результатов');
gotoxy(20,21);
write(' (по умолчанию
*');textcolor(14);write('data_1.res');textcolor(7);writeln('*');
write(' ');
textcolor(4);

```

```

readln(fileres);
textcolor(7);
if fileres='' then fileres:='data_1.res';
clrscr;
assign(f,fileres);
rewrite(f);
writeln(f);
  writeln(f,'          Таблица результатов вычисления координат точек,
величины и направления');
  writeln(f,'                                отрезка между ними');

  writeln(f);

writeln(f,' _____
_____ ');
  writeln(f,' | N оси |                Исходные данные
| ');
  writeln(f,' |
| _____ | ');
  writeln(f,' | | XA,м | YA,м | XY,м | YУ,м | a1,° \
a3,° \ | b1,° \ | b3,° \ | ');
writeln(f,' _____
_____ ');
  for k:=1 to num_of_brigad do begin
    write(f,' | ',k,' | ',x1[k]:7:3,' | ',y1[k]:7:3,'
| ',y2[k]:7:3,' | ',a1_gr[k],'°');
    write(f,a1_min[k]:5:2,' | ',a2_gr[k],'°',a2_min[k]:5:2,' | ',b1_gr[k],'
°',b1_min[k]:5:2,' | ',b2_gr[k],'°');
    writeln(f,b2_min[k]:5:2,' | ');
  end;
  wri-
teln(f,' _____
_____ ');

  writeln(f);

  wri-
teln(f,' _____
_____ ');
  writeln(f,' | N |                Результаты вычислений
| ');
  writeln(f,' | оси
| _____ | ');
  writeln(f,' | | X1,м | Y1,м | X3,м | Y3,м | d,м |
Ad,° | m1,м | m2,м | ');
writeln(f,' _____
_____ ');
  for k:=1 to num_of_brigad do begin
    write(f,' | ',k,' | ',x_1[k]:7:3,' | ',y_1[k]:7:3,'
| ',x_2[k]:7:3,' | ',y_2[k]:7:3,' | ',kren[k]:7:3);

```



```

    if ak[k]>=360 then ak[k]:=ak[k]-360;
    writeln(f, ' |', ak[k]:7:3, ' |', m1[k]:7:3, ' |', m2[k]:7:3, ' |');
end;
wri-
teln(f, ' |', _____, ' |', _____, ' |', _____, ' |', _____, ' |');
);
close(f);
writeln;
gotoxy(20,20);
textcolor(15);write(' Результаты вычислений');textcolor(7);writeln('
смотри в файле');
gotoxy(20,21);
write(' _____ *');textcolor(14);write(fileres);textcolor(7);
writeln('*');
readln;
end.

```

Исходные данные filedat:='data_1.dat':

Введите количество четырехугольников

4

Исходные данные							
Xa, м	Ya, м	Xb, м	Yb, м	aN, ° \	aK, ° \	bN, ° \	bK, ° \
1000.00	1000.00	1020.00	1000.00	19 42.5	23 27.0	130 35.5	106 48.5
1000.00	1000.00	1020.00	1000.00	29 35.0	40 04.0	73 02.0	46 02.0
1000.00	1000.00	1020.00	1000.00	60 36.0	96 51.5	32 00.0	22 58.0
1000.00	1000.00	1020.00	1000.00	96 51.5	129 08.0	22 58.0	18 40.5

Результаты вычислений file='data_1.res':

Таблица результатов вычисления координат точек, величины и направления отрезка между ними

N четы- реу- гольн.	Исходные данные							
	XA, м	YA, м	XB, м	YB, м	aN, ° \	aK, ° \	bN, ° \	bK, ° \
1	1000.00	1000.00	1020.00	1000.00	19°42.5	23°27.0	130°35.5	106°48.5
2	1000.00	1000.00	1020.00	1000.00	29°35.0	40° 4.0	73° 2.0	46° 2.0
3	1000.00	1000.00	1020.00	1000.00	60°36.0	96°51.5	32° 0.0	22°58.0
4	1000.00	1000.00	1020.00	1000.00	96°51.5	129° 8.0	22°58.0	18°40.5

N четы- реу- гольн.	Результаты вычислений							
	XN, м	YN, м	XK, м	YK, м	d, м	Ad, °	mN, м	mK, м
1	1028.86	989.66	1023.02	990.02	5.85	176.54	0.002	0.003
2	1017.05	990.32	1011.04	990.71	6.02	176.28	0.005	0.010
3	1005.21	990.76	998.93	991.07	6.29	177.16	0.007	0.004
4	998.93	991.07	992.41	990.68	6.52	183.45	0.004	0.002

6. РЕШЕНИЕ ПРЯМОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ

Прямая геодезическая задача предусматривает определение координат пунктов X_i и Y_i (рис. 5), имея координаты одного исходного пункта (станции) X_N и Y_N , дирекционный угол направления (полярной оси) A_N от станции N до второго исходного пункта M , измеренные полярные углы B_i и горизонтальные проложения до определяемых пунктов d_i . В программе реализованы следующие известные формулы:

$$A_i = A_N + B_i,$$

$$X_i = X_N + d_i \cos \alpha_i,$$

$$Y_i = Y_N + d_i \sin \alpha_i.$$

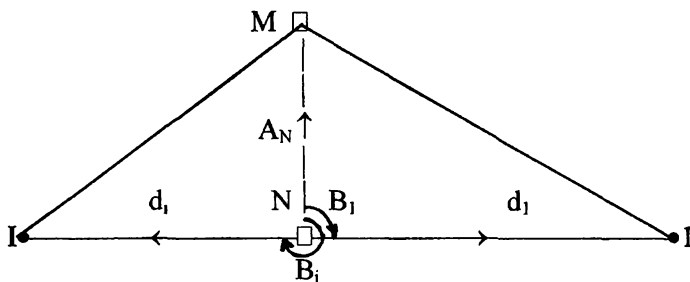


Рис. 5. Схема решения прямых геодезических задач

Перед вычислением по программе "koordus" в файл "ku.dat" заносят исходные данные в следующем порядке:

- наименование объекта с длиной записи менее 70 символов;
- количество определяемых точек;
- дирекционный угол начального направления от станции до пункта с известными координатами;
- координаты исходного пункта X_N , Y_N ;
- номер определяемой точки, полярные правый угол и расстояние.

Все перечисленные исходные данные вводят в строго определенной последовательности в виде бесформатной записи с разделением между собой одним или несколькими пробелами.

Для запуска программы "koordus" в командной строке набирают "koordus.exe" и (после работы программы) получают файл с результатами расчетов "ku.res", в котором в удобной таблице находятся исходные данные и окончательные результаты вычислений координат точек.

Текст программы "koordus" с некоторыми комментариями, исходные данные и результаты вычислений приведены ниже.

```

$DEBUG
C   ПРОГРАММА ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ "УСОВ"
      !implicit      NONE ! Описание переменных только явное
      character *63 FAM
      integer        N,NA,I
      integer        NT(75),NB(75)
      integer        LA(99)
      real            AN, AK, XN, YN, AA
      real            BM(75),D(75),B(75),A(75),AR(75),
>      X(99),Y(99),AM(99)
C   ВВОД НАЗВАНИЯ ОБЪЕКТА
      open(1, file='ku.dat')
      open(3, file='ku.res')
18  READ (1, '(A)',END=11) FAM
C   ВВОД ИСХОДНЫХ ДАННЫХ: КОЛИЧЕСТВО ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ ТОЧЕК, ГРАДУСЫ И МИ
C   НУТЫ НАЧАЛЬНОГО ДИРЕКЦИОННОГО УГЛА, КООРДИНАТЫ НАЧАЛЬНОЙ ТОЧКИ
      READ (1,*) N,NA,AN,XN,YN
      AA=AN+NA*60
C   ВВОД НОМЕРОВ ТОЧЕК, ЗНАЧЕНИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ И ДЛИН ЛИНИЙ
      DO I=1,N
          READ (1,*) NT(I), NB(I), BM(I), D(I)
      enddo
C   5  FORMAT (I4,I3,F4.1,F7.2)
      DO I=1,N
          B(I)=NB(I)*60+BM(I)
          A(I)=AA+10800-B(I)
          AR(I)=A(I)/3437.7468
          X(I)=XN+D(I)*COS(AR(I))
          Y(I)=YN+D(I)*SIN(AR(I))
          IF(AR(I).LT.0.) AR(I)=AR(I)+6.2832
          IF(AR(I).GE.6.2832) AR(I)=AR(I)-6.2832
          A(I)=AR(I)*3437.7468
          LA(I)=A(I)/60
          AM(I)=A(I)-LA(I)*60.
          IF(AM(I).LT.0) AM(I)=AM(I)+60.
      enddo
C   ВЫВОД НА ПРИНТЕР РЕЗУЛЬТАТОВ В ВИДЕ ТАБЛИЦЫ
      WRITE (3,20) FAM
20  FORMAT (/3X,A)
      WRITE (3,21)
21  FORMAT (1X,T9,'ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ "УСОВ"      ')
      WRITE (3,30) XN,YN,NA,AN

```

```

WRITE (3,23)
23 FORMAT (1X,54('-'))/' ИНОМЕРАI      УГЛЫ, гр.мин. I ГОРИЗ.I      КООРД
*ИНАТЫ,м I'/' IOПРЕД.I',19('-'),'I ПРОЛО-I',17('-'),/' ИТОЧЕК ИГОРИ
*ЗОНТ.I ДИРЕКЦ.I ЖЕНИЯ I      X      I      Y      I' /1X,54('-'))
C      WRITE (3,30) XN,YN,NA,AN
30 FORMAT (T6,'Xнач.=' ,F7.2,2X,'Yнач.=' ,F7.2,2X,'Анач.=' ,I4,F5.1)
DO I=1,N
WRITE (3,26) NT(I),NB(I),BM(I),LA(I),AM(I),D(I),X(I),Y(I)
enddo
26 FORMAT (/2X,I5,2(I5,F5.1),F8.2,2F9.2)
WRITE (3,40)
40 FORMAT (/1X,54('-'))/T21,'Исполнитель      '
GO TO 18
11 return
END

```

Исходные данные file='ku.dat':

Объект: Теплотрасса по ул. Восточной от д.52 до д.58

12 184 33.2 3544.97 7398.66

6737 299 47.0 60.20

150 78 12.5 82.03

203 166 22.0 61.21

931 198 49.5 80.57

753 131 43.5 76.10

812 185 55.5 38.62

767 110 25.0 103.50

0320 86 39.5 0.00

Результаты вычислений file='ku.res':

Объект: Теплотрасса по ул. Восточной от д.52 до д.58

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ "УСОВ"

Xнач.=3544.97 Yнач.=7398.66 Анач.= 184 33.2

ИНОМЕРАI	УГЛЫ, гр.мин. I	ГОРИЗ.I	КООРДИНАТЫ,м I
IOПРЕД.I	ПРОЛО-I		
ИТОЧЕК I	ГОРИЗОНТ.I	ДИРЕКЦ.I	ЖЕНИЯ I
X	I	Y	I
6737	299 47.0	64 46.2	60.20 3570.63 7453.12
150	78 12.5	286 20.7	82.03 3568.05 7319.95
203	166 22.0	198 11.2	61.21 3486.82 7379.56
931	198 49.5	165 43.7	80.57 3466.89 7418.52
753	131 43.5	232 49.7	76.10 3498.99 7338.02
812	185 55.5	178 37.7	38.62 3506.36 7399.58
767	110 25.0	254 8.2	103.50 3516.68 7299.10
320	86 39.5	277 53.7	.00 3544.97 7398.66

Исполнитель

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ И НАПРАВЛЕНИЯ КРЕНА ВЫСОТНОГО СООРУЖЕНИЯ

Одним из распространенных в геодезической практике способов определения кренов вентиляционных и дымовых труб является способ измерения горизонтальных углов на нижнее (Н) и верхнее (В) сечения трубы с изолированных опорных пунктов. В этом случае частные поперечные крены K_1 и K_2 , наблюдаемые с пунктов 1 и 2 (рис. 6), вычисляются по следующим формулам:

$$K_1 = D_1 \cdot \Delta\beta_1 / \rho,$$

$$K_2 = D_2 \cdot \Delta\beta_2 / \rho,$$

где $\Delta\beta_1, \Delta\beta_2$ – горизонтальные углы между направлениями на центры нижнего и верхнего сечения с пунктов 1 и 2;

D_1, D_2 – горизонтальные расстояния от пунктов наблюдений до центра нижнего сечения (отстояние теодолита).

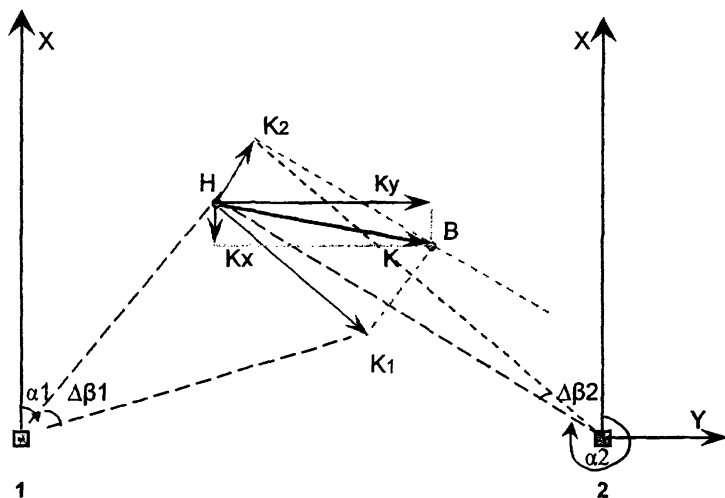


Рис. 6. Схема измерения крена высотного сооружения

Рассматривая частные крены K_1 и K_2 как проекции полного крена K на координатные оси X и Y и используя преобразование геоде-

зических координат, вызванное поворотом осей, получим систему линейных уравнений с двумя неизвестными:

$$K_1 = -K_x \sin \alpha_1 + K_y \cos \alpha_1,$$

$$K_2 = -K_x \sin \alpha_2 + K_y \cos \alpha_2,$$

в которых α_1 и α_2 – дирекционные углы направлений с пунктов наблюдений на нижний центр трубы. Путем решения системы уравнений получим проекции полного крена на оси прямоугольных геодезических координат:

$$K_x = (K_1 \cos \alpha_2 - K_2 \cos \alpha_1) / (-\sin \alpha_1 \cos \alpha_2 + \sin \alpha_2 \cos \alpha_1),$$

$$K_y = (K_1 \sin \alpha_2 - K_2 \sin \alpha_1) / (-\sin \alpha_1 \cos \alpha_2 + \sin \alpha_2 \cos \alpha_1).$$

Величина крена

$$K = \sqrt{K_x^2 + K_y^2},$$

а дирекционный угол его направления

$$\alpha_1 \rightarrow r_1 = \arctg(K_y / K_x).$$

Для автоматизации вычислений по приведенным формулам составлена программа «Крен», позволяющая быстро и оперативно получать необходимые результаты без графических построений и расчетов. Текст программы и контрольный пример приведены ниже.

```
uses crt;
var
  f, o: text;
  A: real;
  alfa, betan, betav: array [1..4] of real;
  alfa_m, betan_m, betav_m, nu, num, h, d, alfa_rad, k: array [1..4]
of real;
  kx, ky, kr: real;
  betav_rad, betan_rad, dbetarad, nurad: array [1..4] of real;
  i, q, s11, s12, y, n: integer;
  r: string;
```

```

label 0, 1, 2, 99;
begin
0:
clrscr;
writeln('Введите кол-во горизонтов (2 или 4)');
read(n);
if n = 2 then goto 1;
if n = 4 then goto 2
else goto 0;
1:
assign (f, 'kren.dat');
reset(f);
readln(f, alfa[1], alfa[2], d[1], alfa[2], alfa[2], d[2]);
for i := 1 to 2 do readln(f, betan[i], betanm[i], betav[i], betavm[i],
nu[i], num[i]);
close (f);
for i := 1 to 2 do
begin
alfarad[i] := (alfa[i]*3600 + alfa[i]*60) / 206265;
betavrad[i] := (betav[i]*3600 + betavm[i]*60) / 206265;
betanrad[i] := (betan[i]*3600 + betanm[i]*60) / 206265;
dbetarad[i] := betavrad[i] - betanrad[i];
nurad[i] := ( nu[i]*3600 + num[i]*60) / 206265;
k[i] := dbetarad[i]*d[i]*1000;
end;
kx := (k[1]*cos(alfarad[2]) - k[2]*cos(alfarad[1])) / (-
sin(alfarad[1])*cos(alfarad[2]) + sin(alfarad[2])*cos(alfarad[1]));
ky := (k[1]*sin(alfarad[2]) - k[2]*sin(alfarad[1])) / (-
sin(alfarad[1])*cos(alfarad[2]) + sin(alfarad[2])*cos(alfarad[1]));
h[1] := (d[1] * sin(nurad[1])/cos(nurad[1]) + d[2] *
sin(nurad[2])/cos(nurad[2])) / 2;
if (k[1]>0) and (k[2]>0) then
begin
kx := (k[1]*cos(alfarad[2]) - k[2]*cos(alfarad[1])) / (-
sin(alfarad[1])*cos(alfarad[2]) + sin(alfarad[2])*cos(alfarad[1]));
ky := (k[1]*sin(alfarad[2]) - k[2]*sin(alfarad[1])) / (-
sin(alfarad[1])*cos(alfarad[2]) + sin(alfarad[2])*cos(alfarad[1]));
end;
else
if (k1<0) and (k2<0) then
begin
kx := (k1*cos(alfa2rad) - k2*cos(alfalrad)) /
(sin(alfalrad)*cos(alfa2rad) - sin(alfa2rad)*cos(alfalrad));
ky := (k1*sin(alfa2rad) - k2*sin(alfalrad)) /
(sin(alfalrad)*cos(alfa2rad) - sin(alfa2rad)*cos(alfalrad));
end
else
if (k1>0) and (k2<0) then
begin
kx := (k1*cos(alfa2rad) + k2*cos(alfalrad)) / (-
sin(alfalrad)*cos(alfa2rad) + sin(alfa2rad)*cos(alfalrad));
ky := (k1*sin(alfa2rad) + k2*sin(alfalrad)) / (-
sin(alfalrad)*cos(alfa2rad) + sin(alfa2rad)*cos(alfalrad));

```

```

end
else
  if (k1<0) and (k2>0) then
    begin
      kx := (k1*cos(alfa2rad) + k2*cos(alfalrad)) /
(sin(alfalrad)*cos(alfa2rad) - sin(alfa2rad)*cos(alfalrad));
      ky := (k1*sin(alfa2rad) + k2*sin(alfalrad)) /
(sin(alfalrad)*cos(alfa2rad) - sin(alfa2rad)*cos(alfalrad));
      end;
    }
  if (kx>0) and (ky>0) then
    begin
      A := arctan (ky/kx) * 57.2957 ;
    end
  else
    if (kx<0) and (ky>0) then
      begin
        A := (PI+arctan (ky/kx))*57.2957;
      end
    else
      if (kx<0) and (ky<0) then
        begin
          A := (arctan (ky/kx)+PI)*57.2957;
        end
      else
        if (kx>0) and (ky<0) then
          begin
            A := (2*PI+arctan (ky/kx))*57.2957;
          end;
        }
      kr := sqrt(kx*kx + ky*ky);
      assign (o, 'kren.res');
      rewrite(o);
      clrscr;
      writeln(o, '      Исходные данные:');
      writeln(o, '
      ');
      writeln(o, '
      | Номер | Дирекц. | Расстояние | Гор. углы ° " |
      |-----|-----|-----|-----|
      | Беpr. |
      |-----|-----|-----|-----|
      |
      | станции | угол |
      |-----|-----|-----|-----|
      |
      | ° " | м | Нижняя точка | Верхняя точка |
      |-----|-----|-----|-----|
      |
      |
      |-----|-----|-----|-----|
      |
      | 1 | ',alfa[1]:3:0,' ',alfam[1]:2:0,' |
      | ',d[1]:7:2,' | ',betan[1]:3:0,' ',betanm[1]:2:0,
      | ',betav[1]:3:0,' ',betavm[1]:2:0,' | ', nu[1]:3:0,'
      | ',num[1]:2:0,' | ');
      |
      | 2 | ',alfa[2]:3:0,' ',alfam[2]:2:0,' |
      | ',d[2]:7:2,' | ',betan[2]:3:0,' ',betanm[2]:2:0,
      | ',betav[2]:3:0,' ',betavm[2]:2:0,' | ', nu[2]:3:0,'
      | ',num[2]:2:0,' | ');

```


Исходные данные 'kren.dat':

96 50.00 20.4 353 08.00 18.5
 96 50.50 95 21.00 17 13.00
 353 08.00 353 40.00 17 07.50

Результаты вычислений 'kren.res':

Исходные данные:

Номер станции	Дирекц. угол ° "	Расстояние м	Гор. углы ° "		Верт. угол ° "
			Нижняя точка	Верхняя точка	
1	96 50	20.40	96 51	95 21	17 13
2	353 8	18.50	353 8	353 40	17 8

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ						
Высота	Частные крены				Полный крен	
Н	К1	К2	КХ	КУ	К	А
6	-531	172	522	111	533	12

8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕПРИСТУПНОГО РАССТОЯНИЯ ПО ТЕОРЕМЕ СИНУСОВ

Неприступное расстояние d (рис. 7) вычисляют по измеренному на местности базису (горизонтальному проложению) b_1 и двум измеренным углам B_1 и B_2 . Для контроля измерений и вычислений дополнительно измеряют второй базис b_2 и два угла B_3 и B_4 .

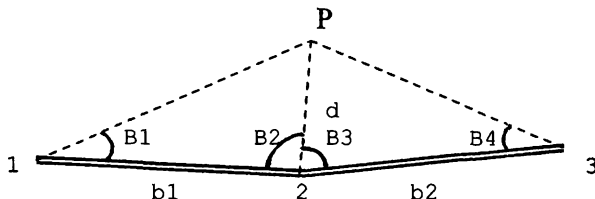


Рис. 7. Определение недоступного расстояния

При составлении программы использованы следующие известные формулы:

$$d_1 = b_1 \sin B_1 / \sin(180 - B_1 - B_2),$$

$$d_2 = b_2 \sin B_4 / \sin(180 - B_3 - B_4),$$

$$d = (d_1 + d_2) / 2,$$

$$m_d / d = [d_1 - d_2] / d,$$

где m_d/d – относительная погрешность определения расстояния.

Исходные данные для программы "nraston" записывают в файле "nrast.dat" в следующей последовательности:

- название объекта;
- количество определяемых расстояний;
- номер определяемого расстояния, измеренные горизонтальные углы B_1, B_2, B_3, B_4 (градусы, минуты) и базисы b_1, b_2 .

Все перечисленные исходные данные вводят в строго определенной последовательности в виде бесформатной записи с разделением между собой одним или несколькими пробелами.

После запуска и работы программы "nraston.exe" результаты расчетов помещаются в файл "nrast.res", в котором в удобной таблице находятся исходные данные и результаты вычислений неприступного расстояния и относительной погрешности его определения.

Текст программы "nraston" с некоторыми комментариями, исходные данные и результаты вычислений приведены ниже.

c ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕПРИСТУПНОГО РАССТОЯНИЯ ПО ТЕОРЕМЕ СИНУСОВ
\$DEBUG

```

!implicit      NONE ! Описание переменных только явное
character *63 FAM
integer        N,I
integer        NT(7),Na1(7),Na2(7),Na3(7),Na4(7),mD(7)
real           Ba1(7),Ba2(7),Ba3(7),Ba4(7),D1(7),D2(7),DS(7),
>             b1(9),b2(9),RB1(7),RB2(7),RB3(7),RB4(7)

c    ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:
c    N - количество определяемых расстояний
c    I - порядковый номер определений
c    NT - название определяемых расстояний
c    Na1, Na2, Na3, Na4 - градусы измеряемых углов
c    Ba1, Ba2, Ba3, Ba4 - минуты измеряемых углов
c    b1, b2 - измеренные базисы в треугольниках
c    D1, D2 - определяемые горизонтальные проложения соответственно
c             с первого и второго треугольников
c    DS - среднее значение горизонтального проложения

```

```

C      ВВОД НАЗВАНИЯ ОБЪЕКТА
      open(1, file='nrast.dat')
      open(3, file='nrast.res')
18 READ (1,'(A)',END=11) FAM
C      ВВОД КОЛИЧЕСТВА ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ РАССТОЯНИЙ
      READ (1,*) N
C      ВВОД ИЗМЕРЕННЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ И БАЗИСОВ В ДВУХ
C      ТРЕУГОЛЬНИКАХ СЛЕВА НАПРАВО ОТ ОПРЕДЕЛЯЕМОГО РАССТОЯНИЯ
C      (ГРАДУСЫ И МИНУТЫ ИЗМЕРЯЕМЫХ УГЛОВ, МЕТРЫ)
      DO I=1,N
      READ (1,*)
NT(I),Na1(I),Ba1(I),Na2(I),Ba2(I),Na3(I),Ba3(I),Na4(I),
>Ba4(I),b1(I),b2(I)
      enddo
C      ВЫЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ И УГЛОВ
      DO I=1,N
      RB1(I)=(Na1(I)*60+Ba1(I))/3437.7468
      RB2(I)=(Na2(I)*60+Ba2(I))/3437.7468
      RB3(I)=(Na3(I)*60+Ba3(I))/3437.7468
      RB4(I)=(Na4(I)*60+Ba4(I))/3437.7468
      D1(I)=b1(I)*SIN(RB1(I))/SIN(3.141597-RB1(I)-RB2(I))
      D2(I)=b2(I)*SIN(RB4(I))/SIN(3.141597-RB3(I)-RB4(I))
      DS(I)=(D1(I)+D2(I))/2
      mD(I)=DS(I)/ABS(D1(I)-D2(I))
      enddo
C      ВЫВОД НА ПРИНТЕР РЕЗУЛЬТАТОВ В ВИДЕ ТАБЛИЦЫ
      WRITE (3,20) FAM
20 FORMAT (/3X,A/)
      WRITE (3,21)
21 FORMAT (1X,T19,'ВЕДОМОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕПРИСТУПНЫХ РАССТОЯНИЙ ПО
*ТЕОРЕМЕ СИНУСОВ',/1X,89('-')/' ИНОМЕРАТ УГЛЫ,
*гр.мин. I БАЗИСЫ, м I РАССТОЯНИЯ, м I СКП I'
*/' ИОПРЕД. I',80('-')/' IPACCT.I B1 I B2 I B3 I B4
*I b1 I b2 I D1 I D2 I DS IDS/mDI'/1X,89('-'))
22 DO I=1,N
      WRITE (3,26) NT(I),Na1(I),Ba1(I),Na2(I),Ba2(I),Na3(I),Ba3(I),
      * Na4(I),Ba4(I),b1(I),b2(I),D1(I),D2(I),DS(I),mD(I)
      enddo
26 FORMAT (2X,I5,4(I4,F5.1),5F8.2,I6)
      WRITE (3,30)
30 FORMAT (1X,89('-')/T11,'Исполнитель'')
      GO TO 18
11 return
      END

```

Исходные данные file='nrast.dat':

ОБЪЕКТ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕПРИСТУПНЫХ РАССТОЯНИЙ

```

4
123 85 40.0 54 40.0 60 20.0 80 30.0 100.00 100.00
456 85 40.2 54 40.0 60 20.0 80 30.0 100.00 100.00
789 85 40.4 54 40.0 60 20.0 80 30.0 100.00 100.00
901 85 40.6 54 40.0 60 20.0 80 30.0 100.00 100.00

```

Результаты вычислений:

ОБЪЕКТ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕПРИСТУПНЫХ РАССТОЯНИЙ

ВЕДОМОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕПРИСТУПНЫХ РАССТОЯНИЙ ПО ТЕОРЕМЕ СИНУСОВ

I НОМЕРА I ОПРЕД. I I РАССТ. I	УГЛЫ,				гр. мин.				I БАЗИСЫ, м				I РАССТОЯНИЯ, м				I СКП I	
	B1	I	B2	I	B3	I	B4	I	b1	I	b2	I	D1	I	D2	I	DS	I DS/mDI
123	85	40.0	54	40.0	60	20.0	80	30.0	100.00		100.00		156.21		156.16		156.19	3042
456	85	40.2	54	40.0	60	20.0	80	30.0	100.00		100.00		156.22		156.16		156.19	2480
789	85	40.4	54	40.0	60	20.0	80	30.0	100.00		100.00		156.24		156.16		156.20	2092
901	85	40.6	54	40.0	60	20.0	80	30.0	100.00		100.00		156.25		156.16		156.20	1810

Исполнитель

9. ВЫЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ ТОЧЕК ЛИНЕЙНОЙ ЗАСЕЧКОЙ С КОНТРОЛЕМ ПО ИЗМЕРЕННОМУ УГЛУ И ОЦЕНКОЙ ТОЧНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ

Решение задачи линейной засечки состоит в определении координат третьего пункта Р по координатам двух исходных пунктов (X_1, Y_1, X_2, Y_2) и двум расстояниям от определяемого пункта до исходных (d_1, d_2). Для контроля определения координат пункта Р должны быть известны координаты третьего пункта и расстояние до него. В противном случае контроль может быть выполнен по измеренному углу В при определяемой точке Р.

Программа составлена в соответствии с расположением пунктов и линий, изображенных на рис. 8. В программе использованы следующие формулы, полученные из построений элементарной математики:

$$d = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2},$$

$$K_1 = 0.5(1 + (d_1/d)^2 - (d_2/d)^2),$$

$$K_2 = \sqrt{(d_1/d)^2 - K_1^2},$$

$$X_p = X_1 + K_1(X_2 - X_1) + K_2(Y_2 - Y_1),$$

$$Y_p = Y_1 + K_1(Y_2 - Y_1) - K_2(X_2 - X_1),$$

$$B = \arccos[(d_1^2 + d_2^2 - d^2)/(2d_1d_2)],$$

$$A_{1-P} = \arctg[(Y_P - Y_1)/(X_P - X_1)].$$

$$m_p = (m_d/d) \sqrt{d_1^2 + d_2^2 / \sin B},$$

где m_d/d – относительная СКП измерения расстояний, принятая в программе равной 1/3000;

B – угол при определяемом пункте.

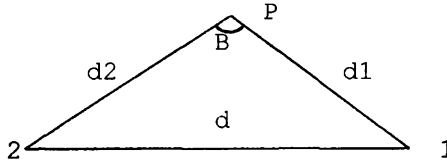


Рис. 8. Схема линейной засечки

Исходные данные для выполнения расчетов размещаются в файле "zlin.dat" в следующем порядке:

- название объекта, которое выражается символьной константой;
- количество пунктов, координаты которых необходимо определить;
- номер определяемого пункта;
- координаты первого и второго исходных пунктов (X_1, Y_1, X_2, Y_2);
- горизонтальные проложения от первого и второго исходных пунктов до определяемого пункта (d_1, d_2).
- значение измеренного горизонтального угла при определяемом пункте (B).

Все перечисленные исходные данные вводят в строго определенной последовательности в виде бесформатной записи с разделением между собой одним или несколькими пробелами.

После запуска программы "zlin.exe" получают файл с результатами расчетов "zlin.res", в котором в удобной таблице находятся исходные данные и окончательные результаты вычислений координат точек, горизонтальное проложение между ними и дирекционный угол его направления.

Текст программы "zlin" с некоторыми комментариями, исходные данные и результаты вычислений приведены ниже.

```

C      ПРОГРАММА ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК ЛИНЕЙНОЙ ЗАСЕЧКИ
$DEBUG
      implicit      NONE ! Описание переменных только явное
      character *63 FAM
      integer      N,I
      integer      NT(75),NB(75)
      integer      LA(75),LB(75)
      real         X1(75),Y1(75),X2(75),Y2(75),D1(75),D2(75),
>               BM(75),XP(75),YP(75),BR(75),AR(75),D(75),
>               AM(99),K1(75),K2(75),B(75),A(75),mP(75)

C      ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:
C      N - количество определяемых точек
C      I - порядковый номер точек
C      NT - название определяемой точки P
C      NB - градусы измеряемого угла
C      BM - минуты измеряемого угла
C      LB - градусы вычисляемого угла для контроля
C      BR - минуты вычисляемого угла для контроля
C      X1,Y1,X2,Y2 - известные координаты опорных точек
C      D1,D2 - горизонтальные проложения от определяемой точки до
C              опорных точек
C      BM - минуты измеряемого угла
C      XP,YP - определяемые координаты точки P
C      LA - градусы дирекционного угла
C      AM - минуты дирекционного угла
C      AR - дирекционный угол в радианах
C      B - вычисляемый угол в радианах
C      ВВОД НАЗВАНИЯ ОБЪЕКТА
      open(1, file='zlin.dat')
      open(3, file='zlin.res')
18 READ (1, '(A)',END=11) FAM
C      ВВОД КОЛИЧЕСТВА ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ ТОЧЕК
      READ (1,*) N
C      ВВОД НОМЕРОВ ТОЧЕК, КООРДИНАТ ПЕРВОЙ И ВТОРОЙ ТОЧЕК СПРАВА
C      НАЛЕВО ОТ ОПРЕДЕЛЯЕМОЙ ТОЧКИ (1-P-2), ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ПРОЛОЖЕНИЙ
C      ОТ ОПРЕДЕЛЯЕМОЙ ТОЧКИ (D1,D2), ГРАДУСОВ И МИНУТ ИЗМЕРЕННОГО УГЛА
      DO I=1,N
      READ (1,*) NT(I),X1(I),Y1(I),X2(I),Y2(I),D1(I),D2(I),NB(I),BM(I)
      enddo
C      ВЫЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ И УГЛОВ
      DO I=1,N
      D(I)=SQRT((X1(I)-X2(I))**2+(Y1(I)-Y2(I))**2)
      K1(I)=0.5*(1+(D1(I)/D(I))**2-(D2(I)/D(I))**2)
      K2(I)=SQRT((D1(I)/D(I))**2-K1(I)**2)
      XP(I)=X1(I)+K1(I)*(X2(I)-X1(I))+K2(I)*(Y2(I)-Y1(I))
      YP(I)=Y1(I)+K1(I)*(Y2(I)-Y1(I))-K2(I)*(X2(I)-X1(I))
      BR(I)=ACOS((D1(I)**2+D2(I)**2-D(I)**2)/(2*D1(I)*D2(I)))
      mP(I)=(SQRT(D1(I)**2+D2(I)**2)/3000)/SIN(BR(I))
      B(I)=BR(I)*3437.7468
      LB(I)=B(I)/60
      B(I)=B(I)-LB(I)*60
      AR(I)=ATAN((YP(I)-Y1(I))/(XP(I)-X1(I)))
      IF(AR(I).LT.0.) GO TO 14

```

```

      IF(AR(I).GE.0.) AR(I)=AR(I)
      IF((YP(I)-Y1(I)).LT.0.) AR(I)=AR(I)+3.1416
      GO TO 15
14  AR(I)=AR(I)+6.2832
      IF((YP(I)-Y1(I)).GT.0.) AR(I)=AR(I)-3.1416
15  IF(AR(I).GE.360.) AR(I)=AR(I)-6.2832
12  A(I)=AR(I)*3437.7468
      LA(I)=A(I)/60
      AM(I)=A(I)-LA(I)*60.
      IF(AM(I).LT.0) AM(I)=AM(I)+60.
      enddo
C   ВЫВОД НА ПРИНТЕР РЕЗУЛЬТАТОВ В ВИДЕ ТАБЛИЦЫ
      WRITE (3,20) FAM
20  FORMAT (/3X,A/)
      WRITE (3,21)
21  FORMAT (1X,T29,'ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК ЛИНЕЙНОЙ ЗАСЕ
      *ЧКИ' /1X,116('-')/' ИНОМЕРАИ' КООРДИНАТЫ
      *ОПОРНЫХ ТОЧЕК,м I РАССТОЯНИЯ,м I УГЛЫ, гр.мин. I
      * КООРДИНАТЫ,м I СКП,м I/' ИОПРЕД. I',107('-')/' ИТОЧЕК I X1
      * I Y1 I X2 I Y2 I D1 I D2 I Визм I Ввыч I
      *A(1-P) I XР I YР I mР I'/1X,116('-'))
22  DO I=1,N
      WRITE (3,26) NT(I),X1(I),Y1(I),X2(I),Y2(I),D1(I),D2(I),NB(I),
      * BM(I),LB(I),B(I),LA(I),AM(I),XP(I),YP(I),mP(I)
      enddo
26  FORMAT (2X,I5,F10.2,3F9.2,2F8.2,3(I5,F5.1),2F9.2,F7.2)
      WRITE (3,30)
30  FORMAT (1X,116('-')/T11,'Исполнитель' )
      GO TO 18
11  return
      END

```

Исходные данные file='zlin.dat':

ОБЪЕКТ: ТЕПЛОТРАССА ПО УЛИЦЕ ВОСТОЧНОЙ

4

```

123      545.63 131.06 430.86 424.71 149.60 300.68 81 26.5
678      11371.17 8552.42 9946.57 7696.97 2121.64 1793.76 49 21.5
8977     58012.67 13071.95 53709.77 19963.14 6198.44 7707.23 70 33.0
8978     53709.77 19963.14 55860.37 23384.44 7707.23 7367.81 30 59.5

```

Результаты вычислений file='zlin.res':

ОБЪЕКТ: ТЕПЛОТРАССА ПО УЛИЦЕ ВОСТОЧНОЙ

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК ЛИНЕЙНОЙ ЗАСЕЧКИ

ИНОМЕРАИ	КООРДИНАТЫ ОПОРНЫХ ТОЧЕК,м				РАССТОЯНИЯ,м				УГЛЫ, гр. мин.				КООРДИНАТЫ,м				СКП,м	I								
ИОПРЕД. I -	X1	Y1	X2	Y2	D1	D2	Визм	Ввыч	A(1-P)	XР	YР	mР	I	X1	Y1	X2	Y2	D1	D2	Визм	Ввыч	A(1-P)	XР	YР	mР	I
123	545.63	131.06	430.86	424.71	149.60	300.68	81 26.5	81 26.5	40 46.4	658.92	228.76	11														
678	11371.17	8552.42	9946.57	7696.97	2121.64	1793.76	49 21.5	49 21.4	155 59.5	9433.09	9415.46	1.22														
8977	58012.67	13071.95	53709.77	19963.14	6198.44	7707.23	70 33.0	70 32.9	58 32.1	61248.20	18358.92	3.50														
8978	53709.77	19963.14	55860.37	23384.44	7707.23	7367.81	30 59.5	30 59.6	347 59.2	61248.19	18358.90	6.90														

Исполнитель

10. ПРИВЯЗКА К СТЕННЫМ ЗНАКАМ С ИЗМЕРЕНИЕМ ОДНОГО РАССТОЯНИЯ (d_1) И УГЛА

Сущность такой привязки заключается в определении координат пункта Р (рис. 9) посредством измерения расстояния d_1 от пункта Р до исходного пункта 1 и горизонтального угла В при определяемом пункте Р.

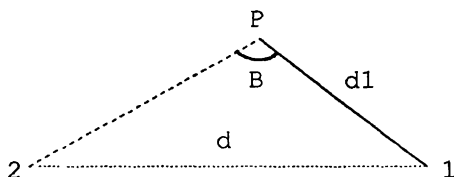


Рис. 9. Схема привязки

Используемые формулы

$$d = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2},$$

$$K_1 = 0.5(1 + (d_1/d)^2 - (d_2/d)^2),$$

$$B_2 = \arcsin(d_1 \sin B / d),$$

$$B_1 = 180 - B - B_2,$$

$$d_2 = d \sin B_1 / \sin B,$$

$$K_2 = \sqrt{(d_1/d)^2 - K_1^2},$$

$$X_p = X_1 + K_1(X_2 - X_1) + K_2(Y_2 - Y_1),$$

$$Y_p = Y_1 + K_1(Y_2 - Y_1) - K_2(X_2 - X_1),$$

$$B = \arccos[(d_1^2 + d_2^2 - d^2) / (2d_1d_2)],$$

$$A_{1-P} = \arctg[(Y_p - Y_1) / (X_p - X_1)],$$

$$m_p = (m_d/d) \sqrt{d_1^2 + d_2^2 / \sin B},$$

где m_d/d – относительная СКП измерения расстояний, принятая в программе равной 1/2000;

B – угол при определяемом пункте.

Исходные данные для выполнения расчетов размещаются в файле "zlind1.dat" в следующем порядке:

- название объекта, которое выражается символьной константой;
- количество пунктов, координаты которых необходимо определить;
- номер определяемого пункта;
- координаты первого и второго исходных пунктов (X_1, Y_1, X_2, Y_2);
- горизонтальное проложение от первого исходного пункта до определяемого пункта (d_1);
- значение измеренного угла при определяемом пункте (B).

Все перечисленные исходные данные вводят в строго определенной последовательности в виде бесформатной записи с разделением между собой одним или несколькими пробелами.

После запуска и работы программы "zlind1.exe" получают файл с результатами расчетов "zlind1.res", в котором находятся исходные данные и окончательные результаты вычислений координат точки P и дирекционный угол определяемого направления (A_{1-P}).

Текст программы "zlind1" с некоторыми комментариями, исходные данные и результаты вычислений приведены ниже.

с ПРИВЯЗКА К СТЕННЫМ ЗНАКАМ С ИЗМЕРЕНИЕМ ОДНОГО РАССТОЯНИЯ И УГЛА
\$DEBUG

```
!implicit      NONE ! Описание переменных только явное
character *63 FAM
integer        N,I
integer        NT(7),NBP(7),NB1(7),NB2(7)
integer        LA(7),LB(7)
real           X1(7),Y1(7),X2(7),Y2(7),D1(7),D2(7),
>             BP(7),B1(9),B2(9),XP(7),YP(7),BR(7),AR(7),D(7),
>             AM(9),K1(7),K2(7),B(7),A(7),mP(7),RB(9),RB1(9),RB2(9)
с ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:
с N - количество определяемых точек
с I - порядковый номер точек
с NT - название определяемой точки P
с NBP - градусы измеряемого угла
с BP - минуты измеряемого угла
с LB - градусы вычисляемого угла для контроля
с BR - минуты вычисляемого угла для контроля
с X1,Y1,X2,Y2 - известные координаты опорных точек
с D1 - горизонтальное проложение от определяемой точки до
с первой опорной точки
```

```

C      B1,B2 - минуты вычисляемых углов
C      XP,YP - определяемые координаты точки P
C      LA - градусы дирекционного угла направления 1-P
C      AM - минуты дирекционного угла
C      AR - дирекционный угол в радианах
C      ВВОД НАЗВАНИЯ ОБЪЕКТА
      open(1, file='zbind1.dat')
      open(3, file='zbind1.res')
18 READ (1,'(A)',END=11) FAM
C      ВВОД КОЛИЧЕСТВА ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ ТОЧЕК
      READ (1,*) N
C      ВВОД НОМЕРОВ ТОЧЕК, КООРДИНАТ ПЕРВОЙ И ВТОРОЙ ТОЧЕК СЛЕВА
C      НАПРАВО ОТ ОПРЕДЕЛЯЕМОЙ ТОЧКИ, ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ ПРОЛОЖЕНИЕ
C      ОТ ОПРЕДЕЛЯЕМОЙ ТОЧКИ, ГРАДУСЫ И МИНУТЫ ИЗМЕРЕННОГО УГЛА
      DO I=1,N
      READ (1,*) NT(I),X1(I),Y1(I),X2(I),Y2(I),D1(I),NBP(I),BP(I)
      enddo
C      ВЫЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ И УГЛОВ
      DO I=1,N
      RB(I)=(NBP(I)*60+BP(I))/3437.7468
      D(I)=SQRT((X1(I)-X2(I))**2+(Y1(I)-Y2(I))**2)
      RB2(I)=ASIN(D1(I)*SIN(RB(I))/D(I))
      RB1(I)=3.141597-RB(I)-RB2(I)
      D2(I)=D(I)*SIN(RB1(I))/SIN(RB(I))
      K1(I)=0.5*(1+(D1(I)/D(I))**2-(D2(I)/D(I))**2)
      K2(I)=SQRT((D1(I)/D(I))**2-K1(I)**2)
      XP(I)=X1(I)+K1(I)*(X2(I)-X1(I))+K2(I)*(Y2(I)-Y1(I))
      YP(I)=Y1(I)+K1(I)*(Y2(I)-Y1(I))-K2(I)*(X2(I)-X1(I))
      BR(I)=ACOS((D1(I)**2+D2(I)**2-D(I)**2)/(2*D1(I)*D2(I)))
      mP(I)=(SQRT(D1(I)**2+D2(I)**2)/2000)/SIN(BR(I))
C      mP(I)=SQRT((0.5/3438)**2*D1(I)**2+(1.0/3000)**2*D1(I)**2)
      B(I)=BR(I)*3437.7468
      LB(I)=B(I)/60
      B(I)=B(I)-LB(I)*60
      AR(I)=ATAN((YP(I)-Y1(I))/(XP(I)-X1(I)))
      IF(AR(I).LT.0.) GO TO 14
      IF(AR(I).GE.0.) AR(I)=AR(I)
      IF((YP(I)-Y1(I)).LT.0.) AR(I)=AR(I)+3.1416
      GO TO 15
14 AR(I)=AR(I)+6.2832
      IF((YP(I)-Y1(I)).GT.0.) AR(I)=AR(I)-3.1416
15 IF(AR(I).GE.360.) AR(I)=AR(I)-6.2832
12 A(I)=AR(I)*3437.7468
      LA(I)=A(I)/60
      AM(I)=A(I)-LA(I)*60.
      IF(AM(I).LT.0) AM(I)=AM(I)+60.
      enddo
C      ВЫВОД НА ПРИНТЕР РЕЗУЛЬТАТОВ В ВИДЕ ТАБЛИЦЫ
      WRITE (3,20) FAM
20 FORMAT (/3X,A/)
      WRITE (3,21)
21 FORMAT (1X,T29,'ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК ЛИНЕЙНОЙ ЗАСЕ
      *ЧКИ' '1X,116('-')/' IНОМЕРАI КООРДИНАТЫ

```

```

*ОПОРНЫХ ТОЧЕК,м I РАССТОЯНИЯ,м I УГЛЫ,гр.мин. I
* КООРДИНАТЫ,м I СКП,м I/' IОПРЕД. I',107('-'),/' IТОЧЕК I X1
* I Y1 I X2 I Y2 I D1 I D2 I Визм I Ввыч I
*A(1-P) I XP I YP I mP I'/1X,116('-')
22 DO I=1,N
WRITE (3,26) NT(I),X1(I),Y1(I),X2(I),Y2(I),D1(I),D2(I),NBP(I),
* BP(I),LB(I),B(I),LA(I),AM(I),XP(I),YP(I),mP(I)
enddo
26 FORMAT (2X,I5,F10.2,3F9.2,2F8.2,3(I5,F5.1),2F9.2,F7.2)
WRITE (3,30)
30 FORMAT (1X,116('-')/T11,'Исполнитель' ,
GO TO 18
11 return
END

```

Исходные данные (файл zbind1.dat):

ОБЪЕКТ: ТЕПЛОТРАССА ПО УЛИЦЕ ВОСТОЧНОЙ

4

```

123 545.63 131.06 430.86 424.71 149.60 81 26.5
678 11371.17 8552.42 9946.57 7696.97 2121.64 49 21.5
8977 58012.67 13071.95 53709.77 19963.14 6198.44 70 33.0
8978 53709.77 19963.14 55860.37 23384.44 7707.23 30 59.5

```

Результаты вычислений (файл zbind1.res):

ОБЪЕКТ: ТЕПЛОТРАССА ПО УЛИЦЕ ВОСТОЧНОЙ

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК ЛИНЕЙНОЙ ЗАСЕЧКИ

НОМЕРА I ОПРЕД. I	КООРДИНАТЫ		ОПОРНЫХ ТОЧЕК, м		I РАССТОЯНИЯ, м		I УГЛЫ, гр. мин.		I КООРДИНАТЫ, м		I СКП, м	
ТОЧЕК I	X1	Y1	X2	Y2	D1	D2	Визм	Ввыч	A(I-P)	XP	YP	mP
123	545.63	131.06	430.86	424.71	149.60	300.68	81 26.5	81 26.5	40 46.3	658.92	228.76	.17
678	11371.17	8552.42	9946.57	7696.97	2121.64	1793.61	49 21.5	49 21.5	155 59.8	9433.00	5415.48	1.83
8977	58012.67	13071.95	53709.77	19963.14	6198.44	7706.94	70 33.0	70 33.0	58 32.2	61247.94	18359.08	5.24
8978	53709.77	19963.14	55860.37	23384.44	7707.23	7369.17	30 59.5	30 59.5	347 58.0	61247.64	18356.33	10.35

Исполнитель

11. ПРИВЯЗКА К СТЕННЫМ ЗНАКАМ С ИЗМЕРЕНИЕМ РАССТОЯНИЯ (d_2) И УГЛА (B)

Сущность такой привязки заключается в определении координат пункта Р (рис. 10) посредством измерения расстояния d_2 от пункта Р до исходного пункта 2 и горизонтального угла B при определяемом пункте Р.

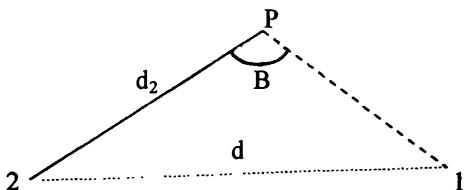


Рис. 10. Схема привязки

Используемые формулы

$$d = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2},$$

$$K_1 = 0.5(1 + (d_1/d)^2 - (d_2/d)^2),$$

$$B_2 = \arcsin(d_1 \sin B / d),$$

$$B_1 = 180 - B - B_2,$$

$$d_1 = d * \sin B_2 / \sin B,$$

$$K_2 = \sqrt{(d_1/d)^2 - K_1^2},$$

$$X_p = X_1 + K_1(X_2 - X_1) + K_2(Y_2 - Y_1),$$

$$Y_p = Y_1 + K_1(Y_2 - Y_1) - K_2(X_2 - X_1),$$

$$B = \arccos[(d_1^2 + d_2^2 - d^2) / (2d_1d_2)],$$

$$A_{1-p} = \arctg[(Y_p - Y_1) / (X_p - X_1)],$$

$$m_p = (m_d/d) \sqrt{d_1^2 + d_2^2 / \sin B},$$

где m_d/d – относительная СКП измерения расстояний, принятая в программе равной 1/3000;

B – угол при определяемом пункте.

Исходные данные для выполнения расчетов размещаются в файле "zlind2.dat" в следующем порядке:

- название объекта, которое выражается символьной константой;
- количество пунктов, координаты которых необходимо определить;
- номер определяемого пункта;
- координаты первого и второго исходных пунктов (X_1, Y_1, X_2, Y_2);
- горизонтальное проложение от первого исходного пункта до определяемого пункта (d_2);
- значение измеренного угла при определяемом пункте (B).

Все перечисленные исходные данные вводят в строго определенной последовательности в виде бесформатной записи с разделением между собой одним или несколькими пробелами.

После запуска и работы программы "zlind2.exe" получают файл с результатами расчетов "zlind2.res", в котором в удобной таблице находятся исходные данные и окончательные результаты вычислений координат точки Р и дирекционный угол направления A_{1-P} .

Текст программы, исходные данные (файл zlind2.dat) для работы программы и результаты вычислений (файл zlind2.res) приведены ниже.

с ПРИВЯЗКА К СТЕННЫМ ЗНАКАМ С ИЗМЕРЕНИЕМ РАССТОЯНИЯ (D2) И УГЛА (В)
с С СКП РАВНЫМИ 1/3000 И 0.5'

\$DEBUG

```

!implicit      NONE ! Описание переменных только явное
character *63 FAM
integer        N,I
integer        NT(7),NBP(7),NB1(7),NB2(7)
integer        LA(7),LB(7)
real           X1(7),Y1(7),X2(7),Y2(7),D1(7),D2(7),
>              BP(7),B1(9),B2(9),XP(7),YP(7),ZR(7),AR(7),D(7),
>              AM(9),K1(7),K2(7),B(7),A(7),mP(7),RB(9),RB1(9),RB2(9)
с ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:
с N - количество определяемых точек
с I - порядковый номер точек
с NT - название определяемой точки Р
с NBP - градусы измеряемого угла
с BP - минуты измеряемого угла
с LB - градусы вычисляемого угла для контроля
с BR - минуты вычисляемого угла для контроля
с X1,Y1,X2,Y2 - известные координаты опорных точек
с D1 - горизонтальное проложение от определяемой точки до
с первой опорной точки
с B1,B2 - минуты вычисляемых углов
с XP,YP - определяемые координаты точки Р
с LA - градусы дирекционного угла направления 1-Р
с AM - минуты дирекционного угла
с AR - дирекционный угол в радианах
с ВВОД НАЗВАНИЯ ОБЪЕКТА
open(1, file='zlind2.dat')
open(3, file='zlind2.res')
18 READ (1, '(A)',END=11) FAM
с ВВОД КОЛИЧЕСТВА ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ ТОЧЕК
READ (1,*) N
с ВВОД НОМЕРОВ ТОЧЕК, КООРДИНАТ ПЕРВОЙ И ВТОРОЙ ТОЧЕК СПРАВА
с НАЛЕВО ОТ ОПРЕДЕЛЯЕМОЙ ТОЧКИ, ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПРОЛОЖЕНИЯ D2
с ДО ВТОРОЙ ТОЧКИ, ГРАДУСЫ И МИНУТЫ ИЗМЕРЕННОГО УГЛА
DO I=1,N
READ (1,*) NT(I),X1(I),Y1(I),X2(I),Y2(I),D2(I),NBP(I),BP(I)

```

```

        enddo
C      ВЫЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ И УГЛОВ
        DO I=1,N
          RB(I)=(NBP(I)*60+BP(I))/3437.7468
          D(I)=SQRT((X1(I)-X2(I))**2+(Y1(I)-Y2(I))**2)
          RB1(I)=ASIN(D2(I)*SIN(RB(I))/D(I))
          RB2(I)=3.141597-RB(I)-RB1(I)
          D1(I)=D(I)*SIN(RB2(I))/SIN(RB(I))
          K1(I)=C.5*(1+(D1(I)/D(I))**2-(D2(I)/D(I))**2)
          K2(I)=SQRT((D1(I)/D(I))**2-K1(I)**2)
          XP(I)=X1(I)+K1(I)*(X2(I)-X1(I))+K2(I)*(Y2(I)-Y1(I))
          YP(I)=Y1(I)+K1(I)*(Y2(I)-Y1(I))-K2(I)*(X2(I)-X1(I))
          BR(I)=ACOS((D1(I)**2+D2(I)**2-D(I)**2)/(2*D1(I)*D2(I)))
          mP(I)=(SQRT(D1(I)**2+D2(I)**2)/2000)/SIN(BR(I))
C      mP(I)=SQRT((0.5/3438)**2*D2(I)**2+(1.0/3000)**2*D2(I)**2)
          B(I)=BR(I)*3437.7468
          LB(I)=B(I)/60
          B(I)=B(I)-LB(I)*60
          AR(I)=ATAN((YP(I)-Y1(I))/(XP(I)-X1(I)))
          IF(AR(I).LT.0.) GO TO 14
          IF(AR(I).GE.0.) AR(I)=AR(I)
          IF((YP(I)-Y1(I)).LT.0.) AR(I)=AR(I)+3.1416
          GO TO 15
14      AR(I)=AR(I)+6.2832
          IF((YP(I)-Y1(I)).GT.0.) AR(I)=AR(I)-3.1416
15      IF(AR(I).GE.360.) AR(I)=AR(I)-6.2832
12      A(I)=AR(I)*3437.7468
          LA(I)=A(I)/60
          AM(I)=A(I)-LA(I)*60.
          IF(AM(I).LT.0) AM(I)=AM(I)+60.
        enddo
C      ВЫВОД НА ПРИНТЕР РЕЗУЛЬТАТОВ В ВИДЕ ТАБЛИЦЫ
        WRITE (3,20) FAM
20      FORMAT (/3X,A/)
        WRITE (3,21)
21      FORMAT (1X,T29,'ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК ЛИНЕЙНОЙ ЗАСЕ
          *ЧКИ                               '/1X,116('-',')' ИНОМЕРАИ      КООРДИНАТЫ
          *ОПОРНЫХ ТОЧЕК,м I РАССТОЯНИЯ,м I                               УГЛЫ, гр.мин. I
          * КООРДИНАТЫ,м I СКП,м I/' ИОПРЕД. I',107('-',')',/' ИТОЧЕК I X1
          * I Y1 I X2 I Y2 I D1 I D2 I Визм I Ввыч I
          *A(1-P) I XP I YP I mP I'/1X,116('-',')')
22      DO I=1,N
          WRITE (3,26) NT(I),X1(I),Y1(I),X2(I),Y2(I),D1(I),D2(I),NBP(I),
          * BP(I),LB(I),B(I),LA(I),AM(I),XP(I),YP(I),mP(I)
        enddo
26      FORMAT (2X,I5,F10.2,3F9.2,2F8.2,3(I5,F5.1),2F9.2,F7.2)
        WRITE (3,30)
30      FORMAT (1X,116('-',')/T11,'Исполнитель ' )
        GO TO 18
11      return
        END

```

Исходные данные file='zlind2.dat':

ОБЪЕКТ: ТЕПЛОТРАССА ПО УЛИЦЕ ВОСТОЧНОЙ

4

```
123    545.63 131.06 430.86 424.71 300.68 81 26.5
678    11371.17 8552.42 9946.57 7696.97 1793.76 49 21.5
8977   58012.67 13071.95 53709.77 19963.14 7707.23 70 33.0
8978   53709.77 19963.14 55860.37 23384.44 7367.81 30 59.5
```

Результаты вычислений file='zlind2.res':

ОБЪЕКТ: ТЕПЛОТРАССА ПО УЛИЦЕ ВОСТОЧНОЙ

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК ЛИНЕЙНОЙ ЗАСЕЧКИ

НОМЕР РАТ ОПРЕД. Т	КООРДИНАТЫ			ОПОРНЫХ ТОЧЕК, м			РАССТОЯНИЯ, м			УГЛЫ, гр. мин.			КООРДИНАТЫ, м			СКП, м
ТОЧЕК I	X1	Y1	X2	Y2	D1	D2	Выск	Выск	A(1-P)	XP	YP	mP	X	Y	Z	R
123	545.63	131.06	430.86	424.71	149.61	300.68	81	26.5	81	26.5	40	46.5	658.93	228.77	0.17	
678	11371.17	8552.42	9946.57	7696.97	2121.57	1793.76	49	21.5	49	21.5	155	59.4	9433.17	9415.69	1.83	
8977	58012.67	13071.95	53709.77	19963.14	6198.00	7707.23	70	33.0	70	33.0	58	32.0	61248.10	18358.46	5.24	
8978	53709.77	19963.14	55860.37	23384.44	7707.97	7367.81	30	59.5	30	59.5	347	59.8	61249.18	18359.96	10.35	

Исполнитель

12. ВЫЧИСЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ МНОГОУГОЛЬНИКА ПО КООРДИНАТАМ ЕГО ВЕРШИН

Аналитический способ определения периметра Р и площади S замкнутого полигона по координатам вершин углов поворота его границ выполнен по следующим формулам:

$$D_i = \sqrt{(X_{i+1} - X_i)^2 + (Y_{i+1} - Y_i)^2},$$

$$P = \sum_{i=1}^n D_i,$$

$$S = \sum_{i=1}^n [(X_i + X_{i+1})(Y_i - Y_{i+1})/2].$$

Исходные данные для выполнения расчетов размещаются в файле "plozad.dat" в следующем порядке:

- название объекта, которое выражается символьной константой;
- количество вершин многоугольника;
- номер вершины;
- координаты (X, Y) вершины многоугольника.

Все перечисленные исходные данные вводят в строго определенной последовательности в виде бесформатной записи с разделением между собой одним или несколькими пробелами.

После запуска программы "plozad.exe" получают файл с результатами расчетов "plozad.res", в котором в удобной стандартной ве-

домости находятся номера вершин многоугольника, их координаты, расстояние между смежными точками и окончательные результаты вычислений площади и периметра полигона.

Текст программы "Plozad" с некоторыми комментариями, исходные данные для программы и результаты вычислений приведены ниже.

```

C      Вычисление площади многоугольника по координатам его вершин
$DEBUG
      !implicit      NONE ! Описание переменных только явное
      character *63 FAM
      integer        N,I
      integer        NT(99)
      real            X(99),Y(99),D(99),P,S
C      ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:
C      N - количество вершин многоугольника
C      I - порядковый номер вершины
C      NT(9) - номера вершин
C      X(I),Y(I) - координаты вершин многоугольника
C      D(I) - длина сторон многоугольника
C      P-периметр многоугольника
C      S - определяемая площадь многоугольника
C      ВВОД НАЗВАНИЯ ОБЪЕКТА
      open(1, file='plozad.dat')
      open(3, file='plozad.res')
18 READ (1,'(A)',END=11) FAM
C      ВВОД КОЛИЧЕСТВА ВЕРШИН МНОГОУГОЛЬНИКА
      READ (1,*) N
C      ВВОД КООРДИНАТ (X, Y) ВЕРШИН МНОГОУГОЛЬНИКА,
C      НУМЕРОВАННЫХ ПО ХОДУ ЧАСОВОЙ СРЕЛКИ
      DO I=1,N
      READ (1,*) NT(I),X(I),Y(I)
      enddo
C      ВЫЧИСЛЕНИЕ ДЛИН СТОРОН И ПЛОЩАДИ МНОГОУГОЛЬНИКА
      DO I=1,N-1
      D(I)=SQRT((X(I+1)-X(I))**2+(Y(I+1)-Y(I))**2)
      enddo
      D(N)=SQRT((X(N)-X(1))**2+(Y(N)-Y(1))**2)
      DO I=1,N
      P=P+D(I)
      enddo
      X(N+1)=X(1)
      Y(N+1)=Y(1)
      DO I=1,N
      S=S+(X(I)+X(I+1))*(Y(I)-Y(I+1))
      enddo
      S=ABS(S)/20000
C      ВЫВОД НА ПРИНТЕР РЕЗУЛЬТАТОВ В ВИДЕ ТАБЛИЦЫ
      WRITE (3,20) FAM
20 FORMAT (/3X,A/)
      WRITE (3,21)

```

```

21 FORMAT (1X,T2,'ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ ВЕРШИН И ВЫЧИСЛЕНИЯ'
*/1X,T10,'ПЛОЩАДИ МНОГОУГОЛЬНИКА'/1X,39('-')/' IНОМЕРАI КООРДИНА
*ТY,м IРАССТОЯНИЕI/' IТОЧЕК I',20('-'),'I МЕЖДУ I',
*/' I I X I Y I ТОЧКАМИ I'/1X,39('-'))
22 DO I=1,N
WRITE (3,26) NT(I),X(I),Y(I),D(I)
enddo
26 FORMAT (2X,I5,F11.2,2F10.2)
WRITE (3,30) S,P
30 FORMAT (1X,39('-')/T14,'S=',F8.4,'га',T29,'P=',F8.2,'м',
*/T3'Исполнитель
GO TO 18
11 return
END

```

Исходные данные file='plozad.dat':

Объект: Месторождение "Микосевичи"

4

```

111 1000.00 1000.00
112 1000.00 2000.00
113 2000.00 2000.00
114 2000.00 1000.00

```

Результаты вычислений file='plozad.res':

Объект: Месторождение "Микосевичи"

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ ВЕРШИН И ВЫЧИСЛЕНИЯ
ПЛОЩАДИ МНОГОУГОЛЬНИКА

IНОМЕРАI		КООРДИНАТЫ,м		IРАССТОЯНИЕI	
IТОЧЕК I	I-----	I	МЕЖДУ I	I	
I	I	X	I	Y	I ТОЧКАМИ I

111		1000.00		1000.00	1000.00
112		1000.00		2000.00	1000.00
113		2000.00		2000.00	1000.00
114		2000.00		1000.00	1000.00

S=100.0000га P= 4000.00м

Исполнитель

13. ПОДГОТОВКА РАЗБИВОЧНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПЕРЕНЕСЕНИЯ ОСИ СООРУЖЕНИЯ НА МЕСТНОСТЬ СПОСОБАМИ ПОЛЯРНЫХ КООРДИНАТ И УГЛОВОЙ ЗАСЕЧКИ

Предположим, что для запроектированного с учетом архитектурно-планировочных требований на генплане здания, например размером 12х72 м (рис. 11), необходимо определить величины плановых раз-

бивочных элементов (углы и расстояния), с помощью которых на местности находят и закрепляют основные оси здания.

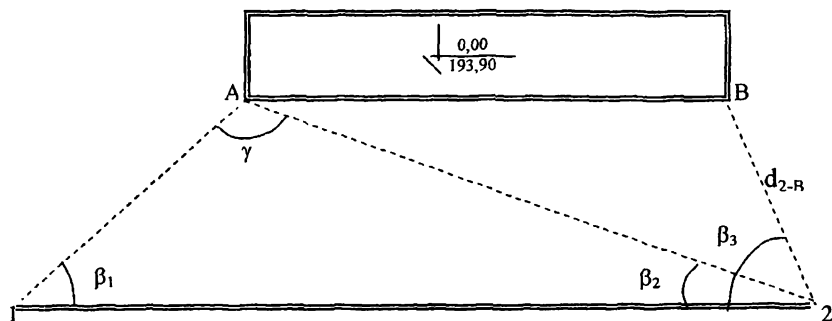


Рис. 11. Разбивочный чертеж для выноса оси АВ в натуру способами угловой засечки (точка А) и полярных координат (точка В)

Из рис. 11 видно, что решение поставленной задачи от пунктов строительной сетки или точек теодолитного хода 1 и 2 заключается в определении графоаналитическим методом горизонтальных углов $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ и расстояния d_{2-B} . Для контроля построения на местности основной оси здания ее измеряют и сравнивают с проектной длиной d_{AB} , учитывая при этом погрешности геодезических построений точек А (m_A), В (m_B) и расстояния между ними d (m_d).

Процесс графоаналитического метода подготовки разбивочных элементов для выноса проекта в натуру можно представить в виде следующего алгоритма:

1. Из ведомости координат точек теодолитного хода выписывают координаты точек 1 и 2, горизонтальное расстояние между ними и дирекционный угол линии 1-2. Таким образом, для расчетов известны: $X_1, Y_1, X_2, Y_2, d_{1-2}, \alpha_{1-2}, d_{AB}$.

Следует найти: β_1 и β_2 – для выноса в натуру точки А способом угловой засечки;

β_3 и d_{2-B} – точки В способом полярных координат;

m_A, m_B, m_d – для оценки точности геодезических построений.

2. Определяют графические координаты точек А, В на топоплане x_A, x_B, y_A, y_B .

3. Уточняют координаты точки В с учетом d_{AB} и приняв графические координаты точки А за аналитические ($x_A = X_A$, $y_A = Y_A$):

$$X_B = X_A + d_{AB} \cos \alpha_{AB},$$

$$Y_B = Y_A + d_{AB} \sin \alpha_{AB},$$

$$\alpha_{AB} \rightarrow r_{AB} = \arctg \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}.$$

4. Вычисляют горизонтальные углы β_1 , β_2 , β_3 и d_{2-B} :

$$\beta_1 = \alpha_{1-2} - \alpha_{1-A}, \quad \alpha_{1-A} \rightarrow r_{1-A} = \arctg \frac{y_A - y_1}{x_A - x_1};$$

$$\beta_2 = \alpha_{2-A} - \alpha_{2-1}, \quad \alpha_{2-A} \rightarrow r_{2-A} = \arctg \frac{y_A - y_2}{x_A - x_2};$$

$$\beta_3 = \alpha_{2-B} - \alpha_{2-1}, \quad \alpha_{2-B} \rightarrow r_{2-B} = \arctg \frac{y_B - y_2}{x_B - x_2};$$

$$d_{2-B} = \sqrt{(x_B - x_2)^2 + (y_B - y_2)^2} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \frac{\Delta x_{2-B}}{\cos \alpha_{2-B}} = \frac{\Delta y_{2-B}}{\sin \alpha_{2-B}}.$$

Дополнительно выполняют расчет предполагаемых погрешностей m_A и m_B выноса в натуру точек А и В и погрешности длины оси АВ m_d .

$$m_A = \frac{m_\beta d_{1-2}}{\rho} \sqrt{\frac{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}{\sin^4 \gamma}};$$

$$m_B = \sqrt{\left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 (d_{1-2})^2 + \left(\frac{m_d}{d}\right)^2 (d_{2-B})^2 + m_\phi^2};$$

$$m_d = \sqrt{m_A^2 + m_B^2},$$

где m_β – средняя квадратическая погрешность построения горизонтального угла теодолитом, принимаемая равной для нашего случая $0,5''$;

ρ – количество минут в одном радиане – $3438''$;

γ – угол засечки, вычисляемый из треугольника $(180 - \beta_1 - \beta_2)$;

m_d/d – относительная погрешность построения на местности проектного отрезка с помощью мерной ленты или рулетки, равная $1/2000$;

m_ϕ – погрешность фиксации (закрепления) на местности проектной точки, равная 5 мм.

Контролем выноса оси сооружения на местность является измеренная длина оси, которая должна быть равной $72,000 \pm 2m_d$ с вероятностью $P = 95 \%$.

Алгоритмы разработанной программы являются в некотором смысле имитацией действий, составляющих технологию ручных вычислений с использованием калькулятора. Программа составлена на алгоритмическом языке Турбо Паскаль. Она предусматривает файловый ввод исходных данных (ugol.data) и файловый вывод результатов расчета (ugol.res). Текст программы, исходные данные для конкретного участка, результаты вычислений приведены ниже.

```
uses crt,dos;
var
  f,o:text;
  fl:text;
  filedat,fileres:string;
  dat:char;
  x2,lor,rmb, alfa_1_2, alfa_1_a, alfa_2_1, alfa_2_b, alfa_a_b,
  alfa_2_a, x_1, x_2, y_1, y_2, xa, xb, ya, yb:real;
  delta_x, delta_y, d_1_2, r_1, d_a_b, y2, y1, x1, d_2_b, m_a,
  m_b, m_d_a_b:real;
  beta1, beta2, beta3:real;
  gamma, beta_min1, beta_min2, beta_min3 :real;
  dat1,beta_grad1, beta_grad2, beta_grad3 :integer;
const
  ro=3437.7468;
  pi=3.1416;
procedure rumb(y_1, y_2, x_1, x_2:real; var alfa, r_1, delta_x,
delta_y:real );
begin
  delta_y:=y_2-y_1;
  delta_x:=x_2-x_1;
  r_1:=arctan(delta_y/(delta_x+0.000000001));
  if delta_x<0 then
```

```

        if delta_y<=0 then alfa:=pi+abs(r_1) else alfa:=pi-abs(r_1);
    if delta_x>=0 then
        if delta_y<=0 then alfa:=2*pi-abs(r_1) else alfa:=r_1;
    end;
begin
    rumb(ya, yb, xa, xb, alfa_a_b, r_1, delta_x, delta_y);
    assign (o,'ugol.dat');
    reset(o);
    readln(o, y1, x1, y2, x2, ya, xa, yb, xb, d_a_b);
    close (o);
    (Уточнение координат т. А и В используя
     d_ab и приняв графич. координаты т. А за аналитич.)
    rumb(ya, yb, xa, xb, alfa_a_b, r_1, delta_x, delta_y);
    xb:=d_a_b*cos(alfa_a_b)+xa;
    yb:=d_a_b*sin(alfa_a_b)+ya;
    rumb(y1, ya, x1, xa, alfa_1_a, r_1, delta_x, delta_y);
    rumb(y1, y2, x1, x2, alfa_1_2, r_1, delta_x, delta_y);
    rumb(y2, ya, x2, xa, alfa_2_a, r_1, delta_x, delta_y);
    alfa_2_1:=alfa_1_2+pi;
    rumb(y2, yb, x2, xb, alfa_2_b, r_1, delta_x, delta_y);
    beta1:=(alfa_1_2-alfa_1_a);
    beta2:=(alfa_2_a-alfa_2_1);
    beta3:=(alfa_2_b-alfa_2_1);
    if (beta1<0) then beta1:=2*pi+beta1;
    if (beta2<0) then beta2:=2*pi+beta2;
    if (beta3<0) then beta3:=2*pi+beta3;
    gamma:=pi-beta1-beta2;
    beta_grad1:=trunc((beta1*ro)/60);
    beta_min1:=(beta1*ro)-(beta_grad1*60);
    beta_grad2:=trunc((beta2*ro)/60);
    beta_min2:=(beta2*ro)-(beta_grad2*60);
    beta_grad3:=trunc((beta3*ro)/60);
    beta_min3:=(beta3*ro)-(beta_grad3*60);
    if (beta_grad1<360) and (beta_grad1>270) then beta_grad1:=360-beta_grad1;
    if (beta_grad1<180) and (beta_grad1>90) then beta_grad1:=180-beta_grad1;
    if (beta_grad2<180) and (beta_grad2>90) then beta_grad2:=180-beta_grad2;
    if (beta_grad2<360) and (beta_grad2>270) then beta_grad2:=360-beta_grad2;
    if (beta_grad3<180) and (beta_grad3>90) then beta_grad3:=180-beta_grad3;
    if (beta_grad3<360) and (beta_grad3>270) then beta_grad3:=360-beta_grad3;
    d_2_b:=sqrt(sqr(xb-x2)+sqr(yb-y2));
    (Оценка точности)
    d_1_2:=y2-y1;
    m_b:=sqrt(sqr(d_2_b/2000)+sqr(d_2_b*0.5/ro)+sqr(0.005));
    m_a:=(0.5*d_1_2)/ro*sqrt((sqr(sin(beta1))+sqr(sin(beta2)))/(0.000000
    001+sqr(sqr(sin(gamma)))));
    m_d_a_b:=sqrt(m_a*m_a+m_b*m_b);
    writeln;
    assign (f, 'ugol.res');
    rewrite(f);
    clrscr;
    textcolor(2);

```

```

        writeln(f, '                Вынос оси сооружения в натуру                ');
        writeln(f, ' способами угловой засечки и полярных координат ');
        writeln(f);
        textcolor(15);{textcolor(8);}
writeln(f, ' _____ '
);
writeln(f, '                Исходные данные
');
writeln(f, ' _____ '
);
writeln(f, ' | Y1,м| X1,м| Y2,м| X2,м| Ya,м| Ха,м| Yв,м| Хв,м| да-
в,м| ');
writeln(f, ' _____ '
);
        textcolor(7);
writeln(f, ' |',y1:8:2,' |',x1:7:2,' |',y2:8:2,' |',x2:7:2,' |',ya:8:2,'
|',xa:7:2,' |',yb:8:2,' |',
xb:7:2,' |', d_a_b:4:2,' | ');
writeln(f, ' _____ '
);

        writeln(f);

writeln(f, ' _____ ');
writeln(f, '                Результаты вычислений                ');
writeln(f, ' _____ ');
writeln(f, ' | бетта 1 | бетта 2 | бетта 3 | d 2-В | м а м в | ');
writeln(f, ' | град. | мин. | град. | мин. | град. | мин. | ');
writeln(f, ' _____ ');
        writeln(f, ' |',beta_grad1:3,' |',beta_min1:7:1,' |',beta_grad2:3,'
|',beta_min2:7:1,' |',beta_grad3:3,' |',
beta_min3:7:1,' |',d_2_b:6:2,' |',m_a:6:3,' |',m_b:6:3,' | ');
writeln(f, ' _____ ');
writeln(f);
writeln(f);
        writeln(f, ' Контроль на местности: да-в = ',d_a_b:7:3,'
(+-' , 2*m_d_a_b:6:3,' м');
        close(f);
        writeln;
        gotoxy(15,15);
        textcolor(7);
        write('                Расчет углов закончен');
        gotoxy(15,16);
        textcolor(7);write(' Результаты вычислений смотрите в
файле');textcolor(5);writeln(' ugol.res');
        gotoxy(20,19);
        assign (f,'ugol.dat');

reset(f);
textcolor(7);
writeln(' Для выхода нажмите любую клавишу... ');
repeat until keypressed;
halt;
end.

```

Исходные данные и результаты расчетов:

Пример 1

Исходные данные:

1300 1200 1400 1200 1310 1260 1360 1260 50

Y_1 X_1 Y_2 X_2 Y_A X_A Y_B X_B d_{a-b}

Результаты вычислений:

Вынос оси сооружения в натуру
способами угловой засечки и полярных координат

Исходные данные								
$Y_1, м$	$X_1, м$	$Y_2, м$	$X_2, м$	$Y_A, м$	$X_A, м$	$Y_B, м$	$X_B, м$	$d_{a-b}, м$
1300.00	1200.00	1400.00	1200.00	1310.00	1260.00	1360.00	1260.00	50.00

Результаты вычислений								
бетта 1		бетта 2		бетта3		d 2-b	m a	m b
град.	мин.	град.	мин.	град.	мин.			
80	32.3	33	41.4	56	18.6	72.11	0.017	0.038

Контроль на местности: $d_{a-b} = 50.000 (+-) 0.083 м$

Пример 2

Исходные данные								
$Y_1, м$	$X_1, м$	$Y_2, м$	$X_2, м$	$Y_A, м$	$X_A, м$	$Y_B, м$	$X_B, м$	$d_{a-b}, м$
-2710.23	4796.56	-2694.07	4901.11	-2719.50	4840.50	-2710.12	4899.76	60.00

Результаты вычислений								
бетта 1		бетта 2		бетта3		d 2-b	m a	m b
град.	мин.	град.	мин.	град.	мин.			
20	42.0	13	58.5	76	24.9	16.11	0.002	0.010

Контроль на местности: $d_{a-b} = 60.000 (+-) 0.020 м$

Пример 3

Исходные данные								
$Y_1, м$	$X_1, м$	$Y_2, м$	$X_2, м$	$Y_A, м$	$X_A, м$	$Y_B, м$	$X_B, м$	$d_{a-b}, м$
-2685.12	4797.96	-2642.54	4894.81	-2704.60	4818.60	-2676.95	4885.08	72.00

Результаты вычислений								
бетта 1		бетта 2		бетта 3		d 2-b	m a	m b
град.	мин.	град.	мин.	град.	мин.			
67	4.6	15	25.5	50	28.6	35.76	0.006	0.019

Контроль на местности: da-b = 72.000 (+-) 0.040 м

14. РАСЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООРДИНАТ КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧЕК ПРИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ СЪЕМКАХ И НАБЛЮДЕНИЯХ ДЕФОРМАЦИЙ СООРУЖЕНИЙ

Определение горизонтальных и вертикальных смещений строительных конструкций обычно выполняют по контрольным точкам, замаркированным или однозначно опознаваемым. Для уменьшения и упрощения в последующем вычислительных работ контрольные точки необходимо по возможности совмещать со строительными осями или точками, проектные расстояния между которыми известны. Начальные плановые координаты этих точек могут быть получены посредством решения прямой угловой засечки по формулам Юнга [5, с. 202], а их высоты – из тригонометрического нивелирования. Используемые при этом формулы имеют следующий вид:

$$X_I = X_A + [(X_B - X_A) \operatorname{ctg} \alpha_I + (Y_B - Y_A)] / (\operatorname{ctg} \alpha_I + \operatorname{ctg} \beta_I),$$

$$Y_I = Y_A + [(Y_B - Y_A) \operatorname{ctg} \alpha_I - (X_B - X_A)] / (\operatorname{ctg} \alpha_I + \operatorname{ctg} \beta_I),$$

$$D_{AI} = \sqrt{(X_I - X_A)^2 + (Y_I - Y_A)^2},$$

$$D_{BI} = \sqrt{(X_I - X_B)^2 + (Y_I - Y_B)^2},$$

$$H_{AI} = H_A + D_{AI} \operatorname{tg} V_{AI} + I_A,$$

$$H_{BI} = H_B + D_{BI} \operatorname{tg} V_{BI} + I_B,$$

$$H_I = (H_{AI} + H_{BI}) / 2,$$

где $X_A, Y_A, X_B, Y_B, H_A, H_B$ – координаты и высоты исходных пунктов;
 X_I, Y_I, H_I – координаты и высоты определяемых пунктов;
 $\alpha_i, \beta_i, V_{AI}, V_{BI}$ – горизонтальные и вертикальные углы на определяемые пункты;

D_{AI}, D_{BI} – горизонтальные проложения от исходных до определяемого пункта;

H_{AI}, H_{BI} – высоты определяемого пункта, полученные с двух исходных пунктов.

Необходимым условием надежного определения координат по приведенным формулам являются величины горизонтальных углов при засекаемых точках в пределах от 60 до 120°. Контролем координат, полученных прямой угловой засечкой, обычно служит повторное их определение с использованием третьей точки с известными координатами. В случае отсутствия третьей точки контролем может быть близость значений длины линии d_i , определенной из проекта между контрольными точками и вычисленной по формуле

$$d_I = \sqrt{(X_I - X_{I-1})^2 + (Y_I - Y_{I-1})^2}.$$

Средняя квадратическая погрешность (СКП) планового m_P и высотного m_H положений определяемого пункта, например точки N:

$$m_P = (m_\beta / \rho) d_{AB} \sqrt{(\sin^2 \alpha_N + \sin^2 \beta_N) / \sin^4 \gamma},$$

$$m_H = \sqrt{(\operatorname{tg}^2 V_N m_d^2 + d_N^2 m_V^2) / \cos^4 V_N \rho^2},$$

где m_β – СКП измерения горизонтального угла;

γ – угол засечки;

V_N – угол наклона линии визирования к горизонту;

d_N – горизонтальное проложение от станции до пункта N;

m_d – СКП определения горизонтального проложения от станции до пункта N;

m_V – СКП измерения угла наклона линии визирования к горизонту.

Исходные данные для выполнения расчетов размещаются в файле "data.dat" в следующем порядке:

- количество определяемых контрольных точек (циклов вычислений) с двух исходных пунктов;
- координаты исходных пунктов X_A , Y_A , X_B , Y_B , их высоты и высоты приборов, установленных на них;
- горизонтальные углы α , β , измеренные на исходных пунктах А и В;
- углы наклона V_A , V_B .

Все перечисленные исходные данные вводят в строго определенной последовательности в виде бесформатной записи с разделением между собой одним или несколькими пробелами.

После запуска программы "koordin.exe" получают файл с результатами расчетов "data.res", в котором в удобной таблице находятся исходные данные и окончательные результаты вычислений координат точек, горизонтальное проложение между ними и дирекционный угол его направления. Текст программы "koordin" с некоторыми комментариями и контрольный пример приведены ниже.

```
program koordin;
uses crt,dos;
var
  f,fl:text;
  filedat,fileres,fd:string;
  dat:char;
  X_a,Y_a,X_b,Y_b,H_a,H_b,I_a,I_b:real; a,b,m_H,m_P,s:array [1..38] of real;
  X,Y,Hb,Ha,m,Da,Db:array [1..38] of real; n,l,i,k:integer; ctga,ctgb:array [1..38] of real;
  a_min,b_min,a_sec,b_sec,Va_min,Vb_min,Va_sec,Vb_sec:array [1..38] of integer;
  a_gr,b_gr,Va_grad,Vb_grad:array [1..38] of integer; Va,Vb,V:array[1..38] of real;
  gor,ver:array[1..38] of real;
begin
  clrscr;
  write('Введите файл исходных данных (по умолчанию
  ');textcolor(4);write('osnov.pas ');textcolor(7);
  write(')'); writeln;
  readln(filedat);
  if filedat="" then filedat:='osnov.pas';
  assign(f,filedat);
  reset(f);
  readln(f);
  readln(f,n);
  readln(f);
```

```

    readln(f,X_a,Y_a,X_b,Y_b,H_a,H_b,l_a,l_b);
    readln(f);readln(f); readln(f)-- чтение пустой строки
for i:=1 to n do
    readln(f,a_gr[i],a_min[i],a_sec[i],b_gr[i],b_min[i],b_sec[i]);
    readln(f); readln(f);
for i:=1 to n do
    readln(f,Va_grad[i],Va_min[i],Va_sec[i],Vb_grad[i],Vb_min[i],Vb_sec[i]);
close(f);
Основной блок
перевод горизонтальных углов в радианы
for i:=1 to n do begin
    s[i]:=sqrt(sqr(X_b-X_a)+sqr(Y_b-Y_a));
a[i]:=(a_gr[i]+a_min[i]/60+a_sec[i]/3600)*Pi/180;
b[i]:=(b_gr[i]+b_min[i]/60+b_sec[i]/3600)*Pi/180;
m_P[i]:=0.2*s[i]/3438*sqrt((sqr(sin(a[i]))+sqr(sin(b[i])))/sqr(sqr(sin((3.1416-a[i]-b[i])))))));
ctga[i]:=cos(a[i])/sin(a[i]);
ctgb[i]:=cos(b[i])/sin(b[i]);
X[i]:=X_a+((X_b-X_a)*ctga[i]+(Y_b-Y_a))/(ctga[i]+ctgb[i]);
Y[i]:=Y_a+((Y_b-Y_a)*ctga[i]-(X_b-X_a))/(ctga[i]+ctgb[i]);
end;
for i:=1 to n do begin
    Перевод (градусов,минут и секунд) вертикальных углов в радианы
    Va[i]:=(Va_grad[i]+Va_min[i]/60+Va_sec[i]/3600)*Pi/180;
    Vb[i]:=(Vb_grad[i]+Vb_min[i]/60+Vb_sec[i]/3600)*Pi/180;
    расчет горизонтальных проложений от станции А до колонн
    Da[i]:=sqrt(sqr(X[i]-X_a)+sqr(Y[i]-Y_a));
    Ha[i]:=H_a+Da[i]*sin(Va[i])/cos(Va[i])+l_a;
    расчет горизонтальных проложений и высот от станции В до колонн
    Db[i]:=sqrt(sqr(X[i]-X_b)+sqr(Y[i]-Y_b));
    Hb[i]:=H_b+Db[i]*sin(Vb[i])/cos(Vb[i])+l_b; end;
for i:=1 to n do
begin
    V[i]:=(Va[i]
    +Vb[i])/2;
    m_H[i]:=sqrt(sqr(sin(V[i])/cos(V[i]))*sqr(0.01)+
sqr(s[i])/sqr(sqr(cos(V[i])))*sqr(0.2/3438))); end;
clrscr;
Конец основного блока
gotoxy(20,20);
write(' Введите имя файла для');textcolor(4);write(' записи');textcolor(7);writeln('
результатов');
gotoxy(20,21);
write('          (по умолчанию *');textcolor(14);write('res.res');textcolor(7);writeln('*'));
write('          ');
textcolor(4);
readln(fileres);

```

```

textcolor(7);
if fileres="" then fileres:='res.res';
clrscr;
assign(f,fileres);
rewrite(f);
writeln(f,'
                                Исходные данные
                                ');
writeln(f,'Координаты исходных точек А и В,высоты станций наблюдения и приборов
на них');
writeln(f,X_a:7:3,' ',Y_a:7:3,' ',X_b:7:3,' ',Y_b:7:3,' ',H_a:8:3,' ',H_b:8:3,' ',I_a:5:3,' ',I_b:5:3);
writeln(f);
writeln(f,'Количество наблюдаемых точек ',n);
writeln(f);
writeln(f,'-----');
writeln(f,' N |
                                Исходные данные углов
                                ');
writeln(f,'точки -----');
writeln(f,'
                                | a, ° ` ` " | b, ° ` ` " | Va, ° ` ` " | Vb, ° ` ` " | ');
writeln(f,'-----');
for i:=1 to n do begin
  writeln(f,' ',i:2,' ',a_gr[i]:3,' ',a_min[i]:2,' ',a_sec[i]:2,' ',
b_gr[i]:3,' ',b_min[i]:2,' ',b_sec[i]:2,' ',
Va_grad[i]:3,' ',Va_min[i]:2,' ',Va_sec[i]:2,' ',
Vb_grad[i]:3,'
',Vb_min[i]:2,'
',Vb_sec[i]:2,' '); end;
  writeln(f,'-----');
  writeln(f);
  writeln(f);
  writeln(f,' Результаты вычисления координат и высот точек,');
  writeln(f,' средних квадратических погрешностей их определения');
  writeln(f,'-----');
  writeln(f,' N |
                                Результаты вычислений
                                ');
  writeln(f,'точки -----');
  writeln(f,'
                                | X,м | Y,м | Ha,м | Hb,м | m(P),м | m(H),м| ');
  writeln(f,'-----');
for i:=1 to n do begin
  writeln(f,' ',i:2,' ',X[i]:9:3,' ',Y[i]:9:3,' ',
Ha[i]:7:3,' ',Hb[i]:7:3,' ',m_P[i]:7:3,'
',m_H[i]:6:3,' '); end;
  writeln(f,'-----');
  writeln(f);
  close(f);
  writeln;
  gotoxy(20,20);
  textcolor(15);write(' Результаты вычислений');textcolor(7);writeln(' смотри в
файле');
  gotoxy(20,21);

```

```

write('          *');
textcolor(14);
write(fileres);
textcolor(7);
writeln('*');
readln;
end.

```

Исходные данные (файл data.dat):

Количество наблюдаемых контрольных точек:

12

Координаты исходных пунктов X_A , Y_A , X_B , Y_B , высоты станций наблюдения и приборов на них: 53.480 99.500 53.480 0.190 0.000 0.000 1.506 1.344

$\alpha, '' ''$	$\beta, '' ''$
8 38 05	25 41 51
13 02 20	12 57 37
25 57 41	8 35 10
17 16 26	44 32 16
25 21 54	25 13 31
44 54 05	17 11 59
25 09 36	56 06 42
35 35 42	35 28 09
56 23 18	25 04 55
32 09 01	63 20 28
43 45 53	43 37 26
63 35 43	32 03 22
$V_A, '' ''$	$V_B, '' ''$
10 26 57	28 17 40
19 51 33	19 55 50
28 14 40	10 31 47
10 06 24	23 04 00
18 31 37	18 35 35
22 46 26	10 10 14
9 34 39	18 25 25
16 45 47	16 50 47
18 16 23	09 38 48
8 58 35	15 00 26
14 59 25	15 03 55
14 52 09	09 02 36

Результаты вычислений (файл data.res):

Исходные данные

Координаты исходных точек А и В, высоты станций наблюдения и приборов на них: 53.480 99.500 53.480 0.190 0.000 0.000 1.506 1.344

Количество наблюдаемых точек 12

№ точки	Исходные данные углов			
	$\alpha, ^\circ ' ''$	$\beta, ^\circ ' ''$	$V_A, ^\circ ' ''$	$V_B, ^\circ ' ''$
1	8 38 5	25 41 51	10 26 57	28 17 40
2	13 2 20	12 57 37	19 51 33	19 55 50
3	25 57 41	8 35 10	28 14 40	10 31 47
4	17 16 26	44 32 16	10 6 24	23 4 0
5	25 21 54	25 13 31	18 31 37	18 35 35
6	44 54 5	17 11 59	22 46 26	10 10 14
7	25 9 36	56 6 42	9 34 39	18 25 25
8	35 35 42	35 28 9	16 45 47	16 50 47
9	56 23 18	25 4 55	18 16 23	9 38 48
10	32 9 1	63 20 28	8 58 35	15 0 26
11	43 45 53	43 37 26	14 59 25	15 3 55
12	63 35 43	32 3 22	14 52 9	9 2 36

Результаты вычисления координат и высот точек, средних квадратических погрешностей их определения

№ точки	Результаты вычислений					
	X, м	Y, м	H _A , м	H _B , м	m _(P) , м	m _(H) , м
1	42.017	24.012	15.587	15.575	0.008	0.007
2	42.017	50.000	19.858	19.877	0.010	0.007
3	42.035	75.993	15.551	15.594	0.008	0.007
4	30.014	24.038	15.592	15.592	0.006	0.007
5	30.014	50.002	19.863	19.867	0.006	0.007
6	30.025	75.964	15.456	15.574	0.006	0.007
7	18.020	24.007	15.579	15.573	0.006	0.007
8	18.020	49.960	19.857	19.848	0.005	0.007
9	18.028	75.935	15.562	15.559	0.006	0.007
10	6.033	24.011	15.590	15.577	0.006	0.006
11	6.038	49.967	19.871	19.853	0.006	0.007
12	6.040	75.945	15.569	15.570	0.006	0.006

В заключение следует отметить, что на сайте «ГЕОДЕЗИСТ.RU» в файловом архиве Александром Шаламовым размещен 02.12.2007 «Геодезический калькулятор» (размер архива 342 kb), позволяющий пользователям, имеющим элементарные познания в Excel, решать 27 геодезических задач, в том числе:

- уравнивание всевозможных теодолитных ходов;
- уравнивание многократных прямых, обратных и линейных засечек;
- уравнивание одиночного нивелирного хода;
- определение параметров пересчета координат в другую прямоугольную систему и пересчет координат;
- определение площади участка по координатам углов;
- определение крена высотных сооружений из многократной засечки;
- и многое другое.

Все исходные данные в удобной форме вносятся в соответствующие ячейки таблиц, там же представлены результаты вычислений и необходимые схемы геодезических построений.

Литература

1. Позняк, А.С. Методические указания по компьютерной обработке теодолитных ходов / А.С. Позняк. – Минск: БНТУ, 2005. – 22 с.
2. Позняк, А.С. Алгоритмы и программы автоматизированного проектирования вертикальной планировки незастроенных участков / А.С. Позняк. – Минск: БНТУ, 2005. – 58 с.
3. Курс инженерной геодезии: учебник для вузов / под ред. В.Е. Новака. – М.: Недра, 1989. – 430 с.
4. Лабораторный практикум по инженерной геодезии / В.Ф. Лукьянов [и др.]. – М.: Недра, 1990. – 334 с.
5. Нестеренок, М.С. Геодезия / М.С. Нестеренок, В.Ф. Нестеренок, А.С. Позняк. – Минск: Университетское, 1993. – 220 с.

Содержание

В в е д е н и е	3
1. Вычисление координат точек решением прямой угловой засечки с оценкой точности результатов.	4
2. Решение обратной засечки (задачи Потенота) по формулам Кнейссля.	8
3. Решение обратной геодезической задачи (определение дирекционного угла и горизонтального проложения).	11
4. Решение задачи Ганзена.	14
5. Вычисление координат точек по формулам Юнга, расстояний и направлений между ними с оценкой точности результатов.	18
6. Решение прямой геодезической задачи.	25
7. Определение величины и направления крена высотного сооружения.	28
8. Определение неприступного расстояния по теореме синусов.	33
9. Вычисление координат точек линейной засечкой с контролем по измеренному углу и оценкой точности результатов.	36
10. Привязка к стенным знакам с измерением одного расстояния (d_1) и угла.	40
11. Привязка к стенным знакам с измерением расстояния (d_2) и угла (B)	43
12. Вычисление площади многоугольника по координатам его вершин.	47
13. Подготовка разбивочных данных для перенесения оси сооружения на местность способами полярных координат и угловой засечки.	49
14. Расчет пространственных координат контрольных точек при исполнительных съемках и наблюдениях деформаций сооружений.	56
Литература.	64

Учебное издание

ПОЗНЯК Анатолий Савельевич

**АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ
ТИПОВЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

Методическое пособие
для студентов строительных специальностей

Редактор Н.В. Артюшевская
Компьютерная верстка Н.А. Школьниковой

Подписано в печать 02.09.2008.

Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 3,84. Уч.-изд. л. 3,00. Тираж 100. Заказ 515.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ 02330/0131627 от 01.04.2004.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.

ISBN 978-985-479-869-1



9 789854 798691