

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Пермский государственный аграрно-технологический
университет имени академика Д.Н.Прянишникова»

Т.С. Тихонова, И.В. Ваганов

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ
КООРДИНАТ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ**

Лабораторный практикум

Пермь
ИТЦ «Прокрость»
2018

УДК 528
ББК 26.12
Т 464

Рецензенты:

Н.П. Шалдунова, кандидат экономических наук, доцент кафедры земельного кадастра ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет им. акад. Д.Н. Прянишникова»;

А.Г. Истратов, начальник отдела землеустроительных работ и инженерных изысканий ООО ЭК «ЭТА ТОК».

Т 464 Тихонова, Т.С.

Определение координат дополнительных пунктов : лабораторный практикум / Т.С. Тихонова, И.В. Ваганов, М-во с.-х. РФ, федеральное гос. бюджетное образов. учреждение высшего образов. «Пермский гос. аграрно-технологич. ун-т им. акад. Д.Н. Прянишникова». – Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2018. 53 с.

В лабораторном практикуме рассмотрены способы определения координат дополнительных пунктов засечками, а также передача координат с вершины знака на землю. Данные способы используются при привязке ходов и систем съемочных ходов к пунктам опорной геодезической сети.

Основными задачами практикума являются привитие студентам определенных умений по сгущению геодезических сетей и получение практических навыков по использованию различных способов определения координат дополнительных пунктов на практике.

Лабораторный практикум предназначен для выполнения контрольных и расчетно-графических работ по геодезии студентами 2 курса очного и заочного обучения, обучающихся по направлению подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры.

УДК 528.21.5
ББК 26.12

Утверждено в качестве лабораторного практикума для выполнения контрольных и расчетно-графических работ на заседании методической комиссии факультета землеустройства, кадастра и строительных технологий ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ (протокол № 10 от 17.05.2018).

© ИПЦ «Прокрость», 2018
© Тихонова Т.С., 2018
© Ваганов И.В., 2018

Содержание

Введение.....	4
Общие положения.....	4
<i>Лабораторная работа №1</i>	
Определение координат пункта прямой угловой засечкой.....	5
1.1. Определение плановых координат пункта по формулам Юнга.....	5
1.2. Оценка точности положения определяемого пункта Р прямой угловой засечкой.....	8
1.3. Определение плановых координат пункта по формулам Гаусса.....	9
1.4. Определение плановых координат пункта прямой угловой засечкой в программе GREDO DAT 4.....	11
<i>Лабораторная работа №2</i>	
Определение координат пунктов обратной угловой засечкой.....	18
2.1. Определение плановых координат пункта обратной угловой засечкой по формулам Деламбра.....	19
2.2. Оценка точности положения определяемого пункта Р обратной угловой засечкой.....	25
2.3. Определение координат пункта обратной угловой засечкой в программе GREDO DAT 4.....	27
<i>Лабораторная работа №3</i>	
Определение координат пунктов линейной засечкой.....	33
3.1. Определение плановых координат пунктов линейной засечкой.....	33
3.2. Оценка точности положения определяемого пункта линейной засечкой.....	35
<i>Лабораторная работа №4</i>	
Передача координат с вершины знака на землю.....	36
Список литературы.....	40
<i>Приложение 1</i>	
Ведомости для определения координат пункта прямой угловой засечкой.....	41
<i>Приложение 2.</i>	
Исходные данные для определения координат пункта прямой угловой засечкой.....	42
<i>Приложение 3</i>	
Определение координат пункта Р из решения обратной угловой засечки (с использованием формулы Деламбра).....	44
<i>Приложение 4</i>	
Исходные данные для определения координат пункта обратной угловой засечкой.....	46
<i>Приложение 5</i>	
Схемы засечек к вариантам для определения координат пункта обратной угловой засечкой.....	49

Введение

Для сгущения сети до необходимой плотности часто определяют координаты дополнительных пунктов. Эта задача возникает при привязке ходов и систем съёмочных ходов к пунктам опорной сети, при внецентренной установке спутниковых приемников. Определение положения таких пунктов может быть выполнено прямой и обратной угловыми и линейными засечками, либо их комбинациями, лучевыми и полярными системами. Иногда дополнительный пункт определяют путем передачи координат с вершины недоступного знака на землю.

Общие положения

Цель - привитие студентам умения определять координаты дополнительных пунктов засечками, передачей координат с вершины знака на землю (например, обратной угловой засечкой).

ФГОС ВО по направлению подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры и рабочей программой дисциплины «Геодезия» в рамках направленности «Кадастр недвижимости» и «Землеустройство» предусмотрено формирование следующих профессиональных компетенций:

ОПК-1 - Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.

ПК-10 - Способность использовать знания современных технологий при проведении землеустроительных и кадастровых работ.

В результате изучения раздела «Определение положения дополнительных опорных пунктов» дисциплины «Геодезия» студент должен:

знать:

- способы определения положения дополнительных опорных пунктов (ОПК1);

уметь:

- выполнять камеральную обработку результатов геодезических измерений (ОПК-1);

- применять программно-аппаратные средства обработки геодезической информации (ПК-10).

Лабораторная работа №1

Определение координат пункта прямой угловой засечкой

Определяемыми пунктами могут быть возвышающиеся над территорией предметы: трубы, антенны, громоотводы либо вновь закладываемые пункты на местности.

Для определения положения искомого пункта используются различные исходные данные. Это зависит от наличия видимости между исходными пунктами.

Если видимость есть, то координаты пункта (P) определяются по координатам двух исходных пунктов А, В и двум измеренным углам при исходных пунктах β_1 и β_2 (рис.1а). Для решения такого варианта используются формулы Юнга.

Если видимость отсутствует, то координаты пункта (P) определяются по координатам двух исходных пунктов Т1 и Т2, двум исходным дирекционным углам α_{M-T1} и α_{O-T2} и двум измеренным углам β_1 и β_2 при исходных пунктах (рис.1б). В этом случае для определения координат искомого пункта используют формулы Гаусса.

1.1. Определение плановых координат пункта по формулам Юнга

При определении необходимо соблюдать определенный порядок нумерации исходных пунктов. Если встать в середине линии между исходными пунктами, лицом к определяемому пункту P, то исходный пункт, находящийся слева будет первым, а справа - вторым.

При выполнении этой работы должно выполняться следующее условие:

- углы между исходным направлением и направлением от исходных пунктов на определяемый пункт должны быть не менее 30° .

Координаты искомого пункта P вычисляются по формулам:

$$X_P = \frac{X_A \operatorname{ctg} \beta_2 - Y_A + X_B \operatorname{ctg} \beta_1 + Y_B}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2} = \frac{K}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2}$$
$$Y_P = \frac{Y_A \operatorname{ctg} \beta_2 + X_A + Y_B \operatorname{ctg} \beta_1 - X_B}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2} = \frac{\theta}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2},$$

где X_A, Y_A, X_B, Y_B – координаты соответственно пунктов А и В;

β_1 – измеренный угол между исходным направлением АВ и определяемым AP;

β_2 – измеренный угол между исходным направлением АВ и определяемым BP.

Для контроля правильности определения координат пункта Р вводят третий пункт С и измеряют углы β_1' , β_2'

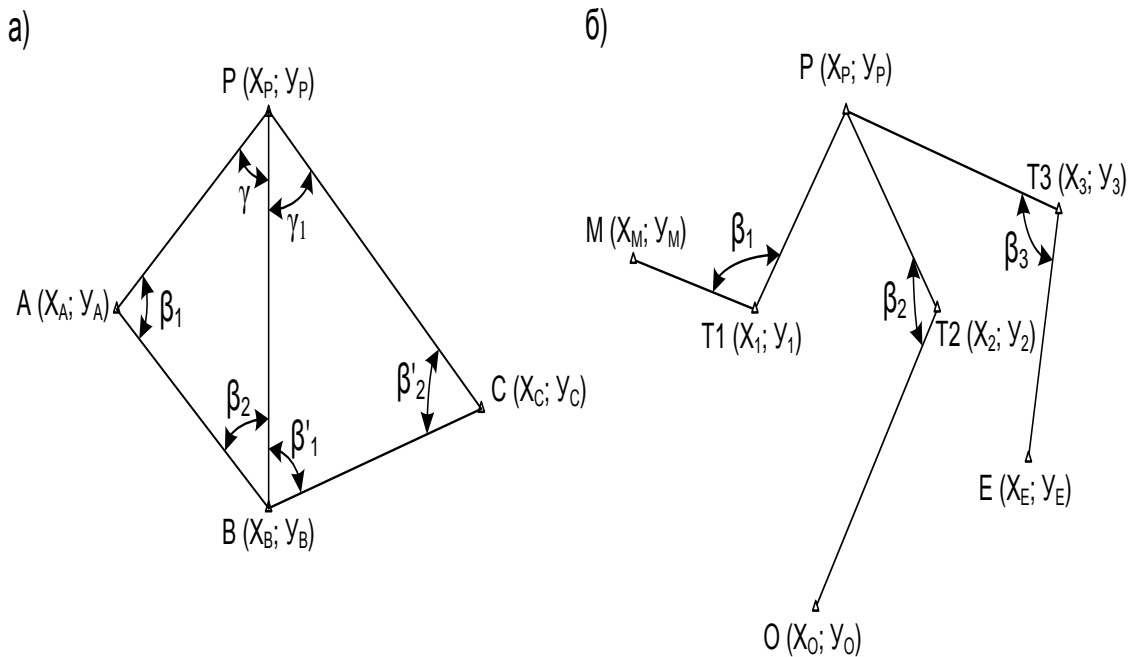


Рис. 1. Схемы прямой угловой засечки

Во втором решении используют формулы:

$$X_P'' = \frac{X_B \operatorname{ctg} \beta_2' - Y_B + X_C \operatorname{ctg} \beta_1' + Y_C}{\operatorname{ctg} \beta_1' + \operatorname{ctg} \beta_2'} = \frac{K}{\operatorname{ctg} \beta_1' + \operatorname{ctg} \beta_2'}$$

$$Y_P'' = \frac{Y_B \operatorname{ctg} \beta_2' + X_B + Y_C \operatorname{ctg} \beta_1' - X_C}{\operatorname{ctg} \beta_1' + \operatorname{ctg} \beta_2'} = \frac{\theta}{\operatorname{ctg} \beta_1' + \operatorname{ctg} \beta_2'}$$

где X_B, Y_B, X_C, Y_C – координаты соответственно пунктов В и С;

β_1' – измеренный угол между исходным направлением ВС и определяемым направлением ВР;

β_2' – измеренный угол между исходным направлением ВС и определяемым направлением СР.

Для вычислений предлагается использовать таблицы в приложении 1.

В приложении 2 даны варианты исходных данных для определения координат пункта Р прямой угловой засечкой по формулам Юнга. Пример вычисления для первого варианта приведен ниже (табл. 1, 2).

Таблица 1

1 решение

X_A	998,494	β_1	49° 02' 36"
Y_A	646,537	$ctg \beta_1$	0,867959
X_B	932,319	β_2	73° 47' 19"
Y_B	973,055	$ctg \beta_2$	0,290742
$X_A ctg \beta_2$	290,304	$ctg \beta_1 + ctg \beta_2$	1,158701
$X_B ctg \beta_1$	809,215	K	1426,037
$Y_A ctg \beta_2$	187,976	X'_P	1230,720
$Y_B ctg \beta_1$	844,572	θ	1098,723
		Y'_P	948,237

Таблица 2

2 решение

X_B	932,319	β'_1	59° 27' 32"
Y_B	973,055	$ctg \beta'_1$	0,590012
X_C	1130,844	β'_2	53° 24' 36"
Y_C	1253,511	$ctg \beta'_2$	0,742395
$X_B ctg \beta'_2$	692,149	$ctg \beta'_1 + ctg \beta'_2$	1,332407
$X_C ctg \beta'_1$	667,212	K	1639,817
$Y_B ctg \beta'_2$	722,391	X''_P	1230,718
$Y_C ctg \beta'_1$	739,586	θ	1263,452
		Y''_P	948,248

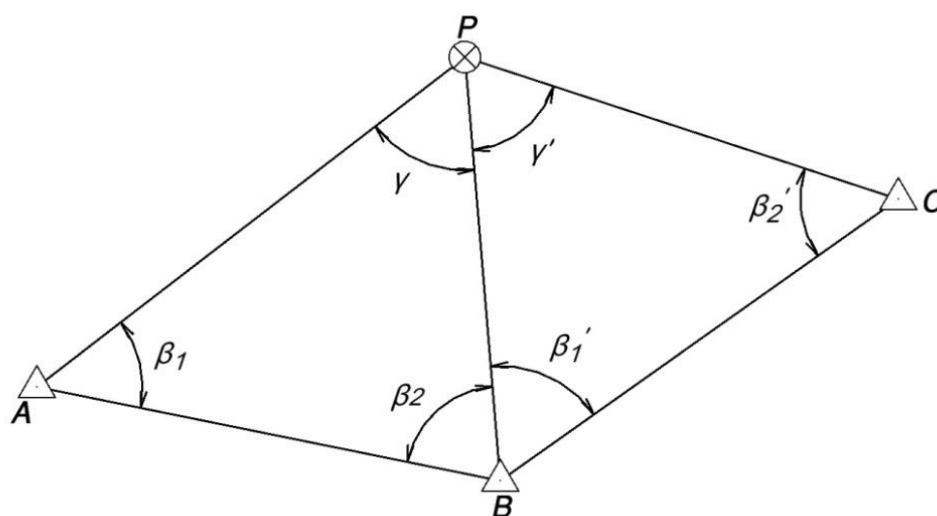


Рис. 2. Ориентированная схема прямой угловой засечки к 1 варианту

1.2. Оценка точности положения определяемого пункта Р прямой угловой засечкой

Расхождение, полученное между первым и вторым решением, должно удовлетворять неравенству:

$$r = \sqrt{(X'_P - X''_P)^2 + (Y'_P - Y''_P)^2} \leq 3M_r,$$

$$r = \sqrt{(1230,720 - 1230,718)^2 + (948,237 - 948,248)^2} = \pm 0,011 м,$$

где X'_P, Y'_P, X''_P, Y''_P – координаты пункта Р, соответственно полученные из первого и второго решений.

$$M_r = \sqrt{M_1^2 + M_2^2},$$

$$M_r = \sqrt{0,028^2 + 0,023^2} = \pm 0,033 м,$$

где M_1, M_2 – средние квадратические погрешности положения пункта Р, определенные из первого и второго решений.

Их расчет производится по формулам:

$$M_1 = \pm \frac{m_\beta}{\rho \sin \gamma} \sqrt{S_1^2 + S_2^2},$$

$$M_1 = \pm \frac{10''}{206265'' \sin 57^\circ 10' 05''} \sqrt{380,728^2 + 299,430^2} = \pm 0,028 м,$$

$$M_2 = \pm \frac{m_\beta}{\rho \sin \gamma_1} \sqrt{S_2^2 + S_3^2},$$

$$M_2 = \pm \frac{10''}{206265'' \sin 67^\circ 02' 52''} \sqrt{321,192^2 + 299,430^2} = \pm 0,023 м,$$

где m_β – средняя квадратическая погрешность измерения угла, ее величина принимается в зависимости от прибора, используемого для измерения углов, сек.; $m_\beta = 10''$ для рассматриваемого примера;

$$\rho = 206265'';$$

γ, γ_1 – значения углов при вершине угла Р соответственно в первом и втором решениях;

$$\gamma = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2);$$

$$\gamma = 180^\circ - (49^\circ 02' 36'' + 73^\circ 47' 19'') = 57^\circ 10' 05'',$$

$$\gamma_1 = 180^\circ - (\beta'_1 + \beta'_2),$$

$$\gamma_1 = 180^\circ - (59^\circ 27' 32'' + 53^\circ 24' 36'') = 67^\circ 07' 52'';$$

S_1, S_2, S_3 – расстояния от исходных пунктов, соответственно от А, В, С до определяемого Р, их значения вычисляются по приращениям координат между пунктами, м.

$$S_1 = \sqrt{\Delta X_{AP}^2 + \Delta Y_{AP}^2};$$

$$S_1 = \sqrt{(1230,719 - 998,494)^2 + (948,241 - 646,557)^2} = 380,728 м.$$

Для вычислений использованы средние значения координат из двух решений.

$$S_2 = \sqrt{\Delta X_{BP}^2 + \Delta Y_{BP}^2};$$

$$S_2 = \sqrt{(1230,719 - 932,319)^2 + (948,241 - 973,055)^2} = 299,430\text{м},$$

$$S_3 = \sqrt{\Delta X_{CP}^2 + \Delta Y_{CP}^2}.$$

$$S_3 = \sqrt{(1230,719 - 1130,844)^2 + (948,241 - 1253,511)^2} = 321,191\text{м}.$$

$r \leq 3M_r$, $0,011\text{м} < 3 \times 0,033\text{м}$, следовательно, определение координат пункта Р выполнено верно.

Средние значения координат из двух решений:

$$X_p = 1230,719 \quad Y_p = 948,242$$

1.3. Определение плановых координат пункта по формулам Гаусса

При отсутствии видимости между исходными пунктами Т1, Т2, Т3 (рис. 1б) координаты пункта Р вычисляются по формулам Гаусса.

Для контроля правильности нахождения координат пункта Р используется дополнительный твердый пункт Т3 и измеряется β_3 от исходного направления α_{E-T3} . Измеренные углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ должны быть не менее 30° и не более 150° .

1 решение

$$X_p - X_1 = \frac{(Y_2 - Y_1) - (X_2 - X_1) \times \text{tg}\alpha_2}{\text{tg}\alpha_1 - \text{tg}\alpha_2} = \frac{A}{K};$$

$$X_p - X_2 = \frac{(Y_2 - Y_1) - (X_2 - X_1) \times \text{tg}\alpha_1}{\text{tg}\alpha_1 - \text{tg}\alpha_2} = \frac{B}{K};$$

$$Y_p - Y_1 = (X_p - X_1) \times \text{tg}\alpha_1;$$

$$Y_p - Y_2 = (X_p - X_2) \times \text{tg}\alpha_2;$$

$$X_p = X_1 + (X_p - X_1);$$

$$X_p = X_2 + (X_p - X_2);$$

$$Y_p = Y_1 + (Y_p - Y_1);$$

$$Y_p = Y_2 + (Y_p - Y_2).$$

2 решение

$$X_P - X_2 = \frac{(Y_3 - Y_2) - (X_3 - X_2) \times \operatorname{tg} \alpha_3}{\operatorname{tg} \alpha_2 - \operatorname{tg} \alpha_3} = \frac{A}{K};$$

$$X_P - X_3 = \frac{(Y_3 - Y_2) - (X_3 - X_2) \times \operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_2 - \operatorname{tg} \alpha_3} = \frac{B}{K};$$

$$Y_P - Y_2 = (X_P - X_2) \times \operatorname{tg} \alpha_2;$$

$$Y_P - Y_3 = (X_P - X_3) \times \operatorname{tg} \alpha_3;$$

$$X_P = X_2 + (X_P - X_2);$$

$$X_P = X_3 + (X_P - X_3);$$

$$Y_P = Y_2 + (Y_P - Y_2);$$

$$Y_P = Y_3 + (Y_P - Y_3);$$

где $X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_3, Y_3$ – координаты твердых пунктов соответственно Т1, Т2, Т3.

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – дирекционные направлений соответственно Т1Р, Т2Р, Т3Р, которые вычисляются по формулам:

$$\alpha_1 = \alpha_{M-T1} + \beta_1 \pm 180^0;$$

$$\alpha_2 = \alpha_{O-T2} + \beta_2 \pm 180^0;$$

$$\alpha_3 = \alpha_{F-T3} + \beta_3 \pm 180^0;$$

где $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – измеренные левые углы соответственно на пунктах Т1, Т2, Т3.

Оценка точности выполняется по формулам, приведенным выше. Следует обратить внимание на то, что углы γ и γ_1 (рис. 1б) при определяемом пункте Р неизвестны, их необходимо вычислить по формулам:

$$\gamma = (\alpha_1 \pm 180^0) - (\alpha_2 \pm 180^0),$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – дирекционные углы направлений соответственно Т1Р, Т2Р, Т3Р.

1.4. Определение плановых координат пункта прямой угловой засечкой в программе Credo Dat 4

Вариант 1

1. Запускаем ярлык программы Credo Dat 4 LITE, который расположен на рабочем столе компьютера. Выбираем необходимую рабочую область. Для этого в главном меню открываем **Вид/Рабочая область/CREDO DAT 3.X**. Для дополнения интерфейса в правой половине экрана программы открываем дополнительные вкладки: **Вид/История, Вид/Свойства**.

Для корректного решения в процессе обработки данных устанавливаем необходимые настройки свойств проекта программы. Для этого в строке главного меню открываем вкладку **Файл/Свойства проекта** и устанавливаем необходимые настройки.

В параметрах карточки проекта устанавливаем **Масштаб съемки – 1:2000** (рис. 3).

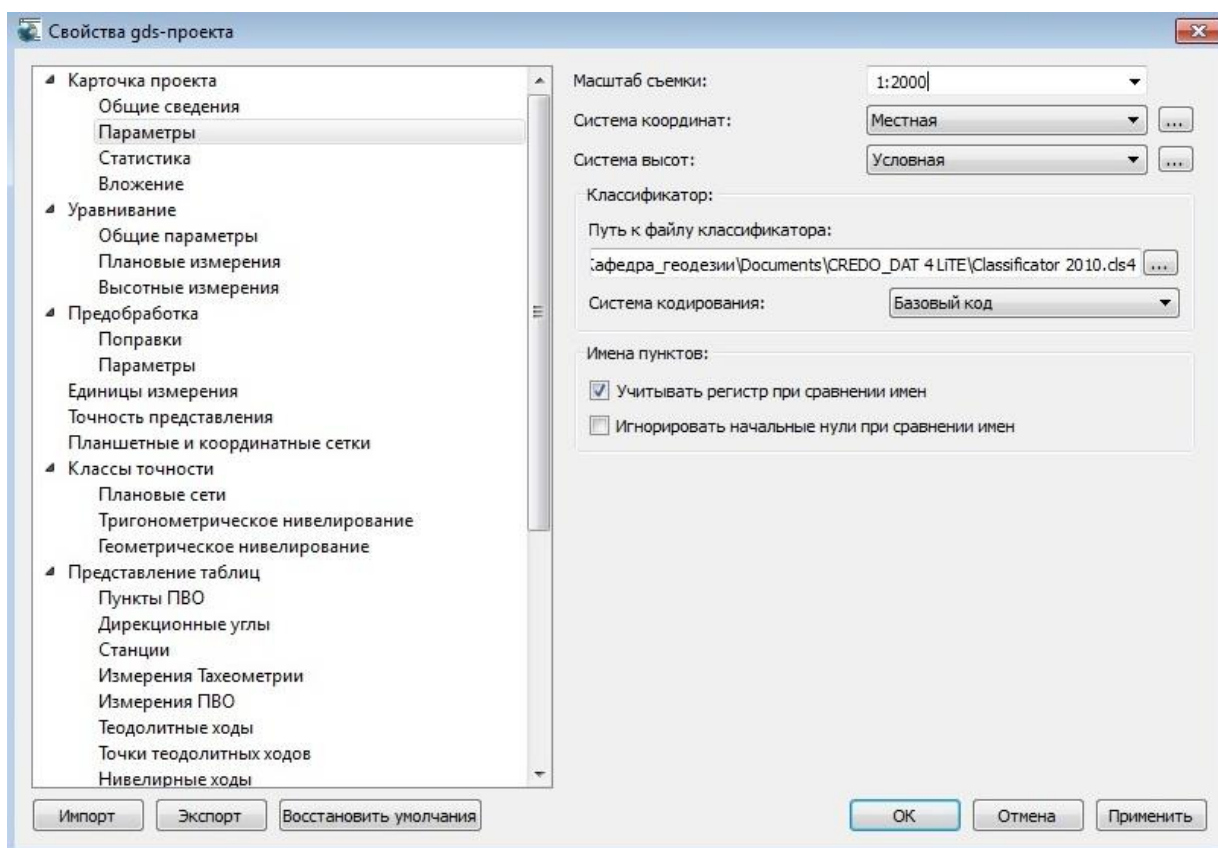


Рис. 3. Настройка масштаба съемки

В общих параметрах настройки уравнивания оставляем только **Уравнивать наземные плановые измерения** (рис.4).

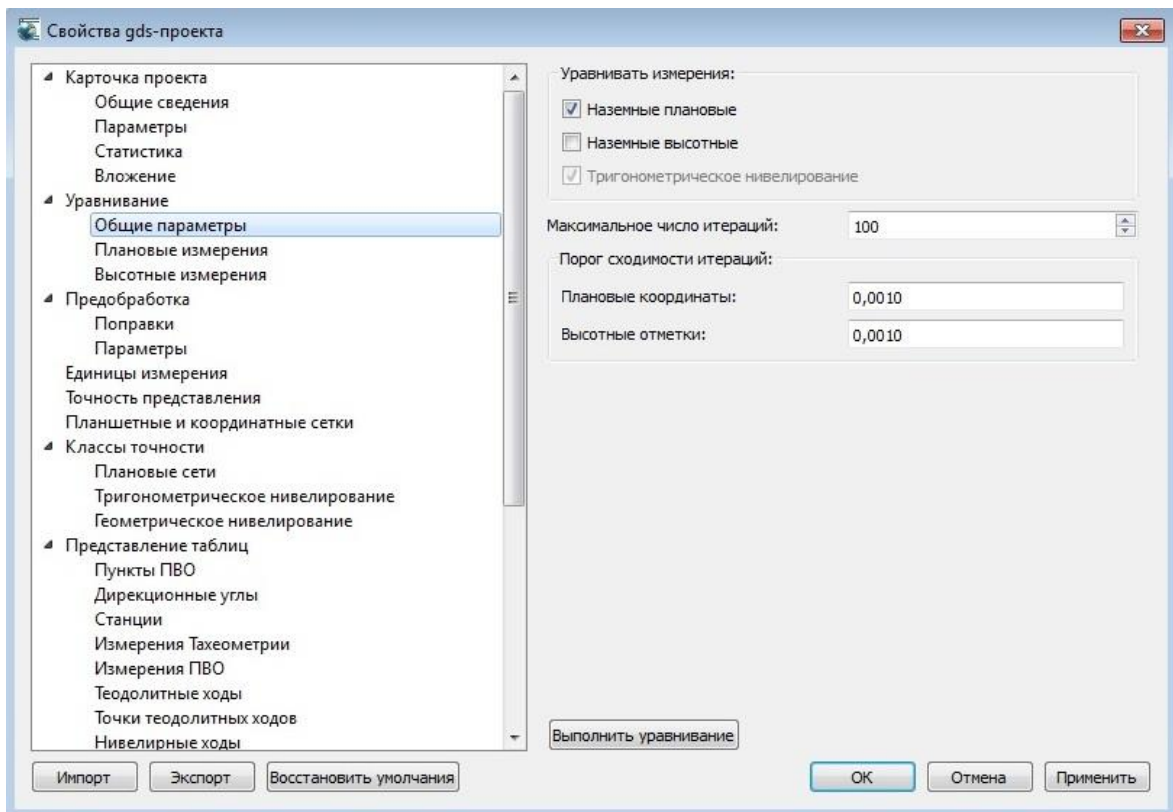


Рис. 4. Настройка уравнивания

Единицы измерения и точность представления данных устанавливается в соответствии с исходными данными (рис.5,6).

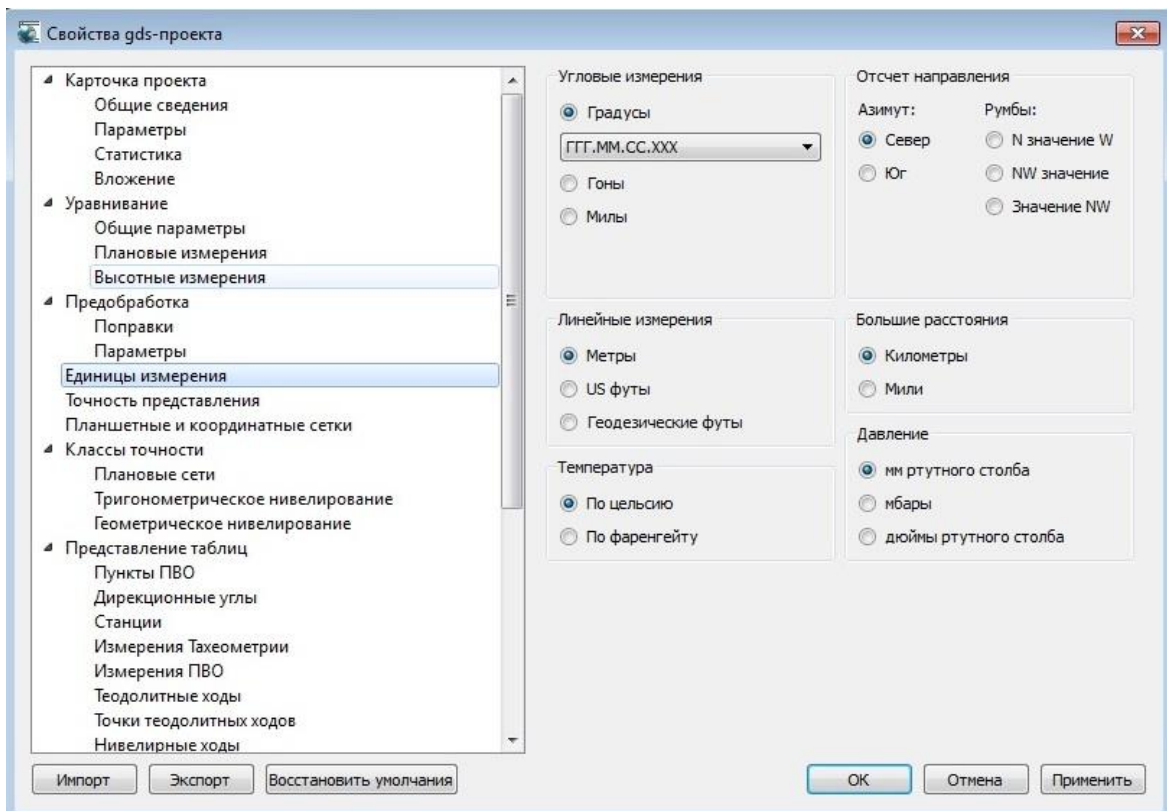


Рис. 5. Настройка единиц измерения

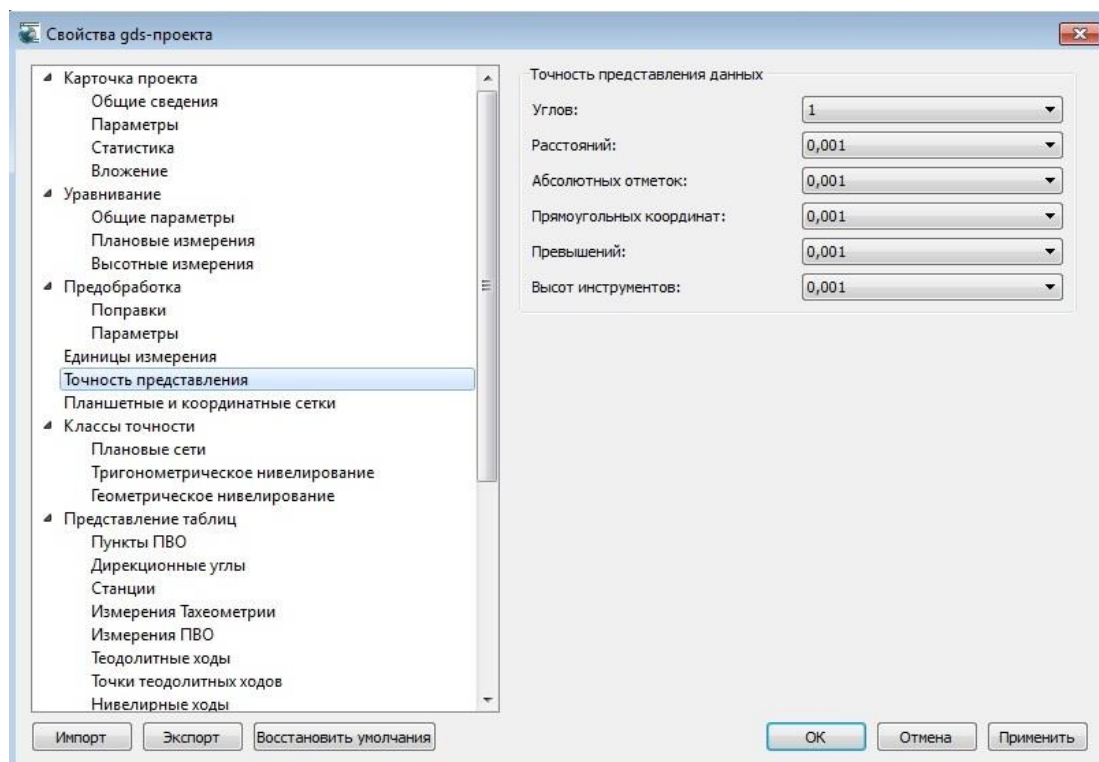


Рис. 6. Настройка представления данных

Класс точности плановых измерений - устанавливаем соответствующий полигонометрическому ходу 2 разряда (рис. 7).

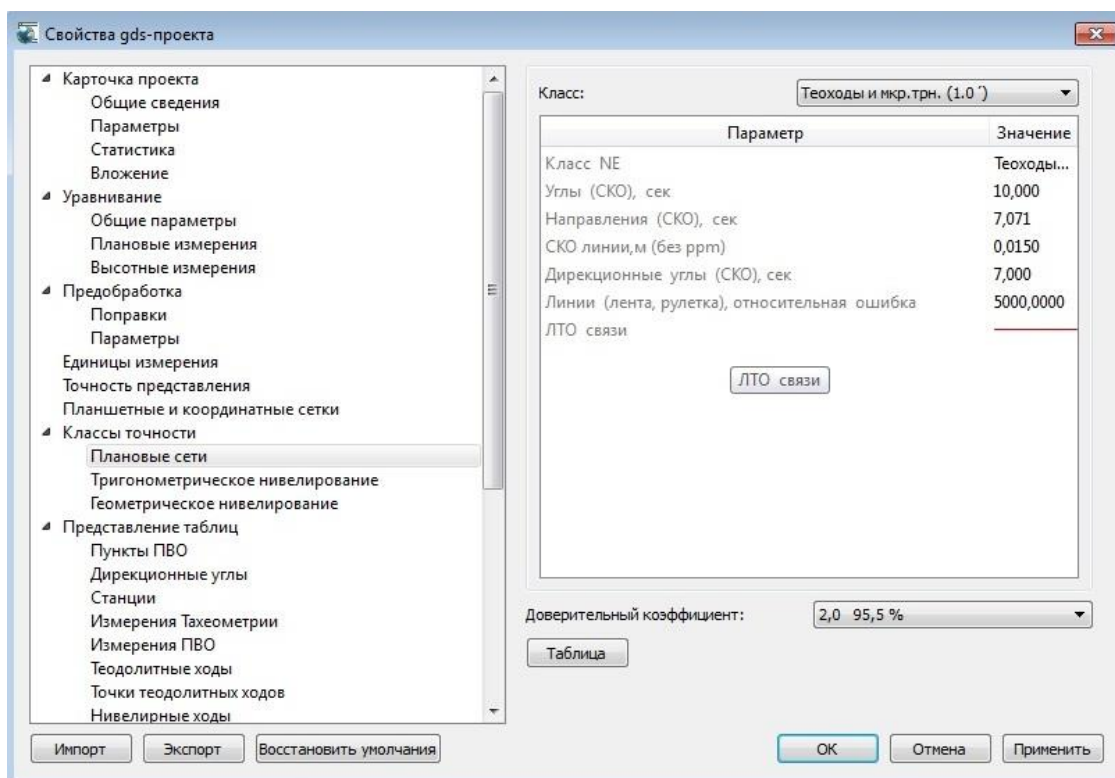


Рис. 7. Настройка класса точности плановых сетей

После настроек свойств проекта переходим к вводу координат исходных пунктов в таблице **Пункты ПВО**. Имена пунктов и значения координат вводятся клавиатуры вручную, с подтверждением клавишей **Enter**. Для исключения разногласия имен пунктов в программе, вводим их на английской раскладке клавиатуры компьютера. После ввода данных устанавливаем для всех пунктов тип координат (тип NE) – **Исходный**. (рис. 8).

Далее открываем таблицы **Станции и Измерения ПВО** для создания определяемого пункта **Р** и пунктов **А, В, С**, как станций, с которых производились измерения. В таблице **Измерения ПВО** вручную с клавиатуры вводим измеренные горизонтальные углы на каждой станции $\beta_1, \beta_2, \beta_1', \beta_2'$, устанавливая отчет на заднюю точку по горизонтальному лимбу $0^{\circ}00'00''$, а на переднюю точку отчет равный измеренному углу. На станции **В** указывается два измеренных угла, причем отчет по горизонтальному кругу на цель **С** необходимо установить как сумму углов β_2 и β_1' , т.к. для отчета за начальное направление задается пункт **А**. Для отображения градусов, минут и секунд в таблице отделяем значения друг от друга пробелом или запятой. Пример заполнения таблиц представлен на рисунках 9,10,11.

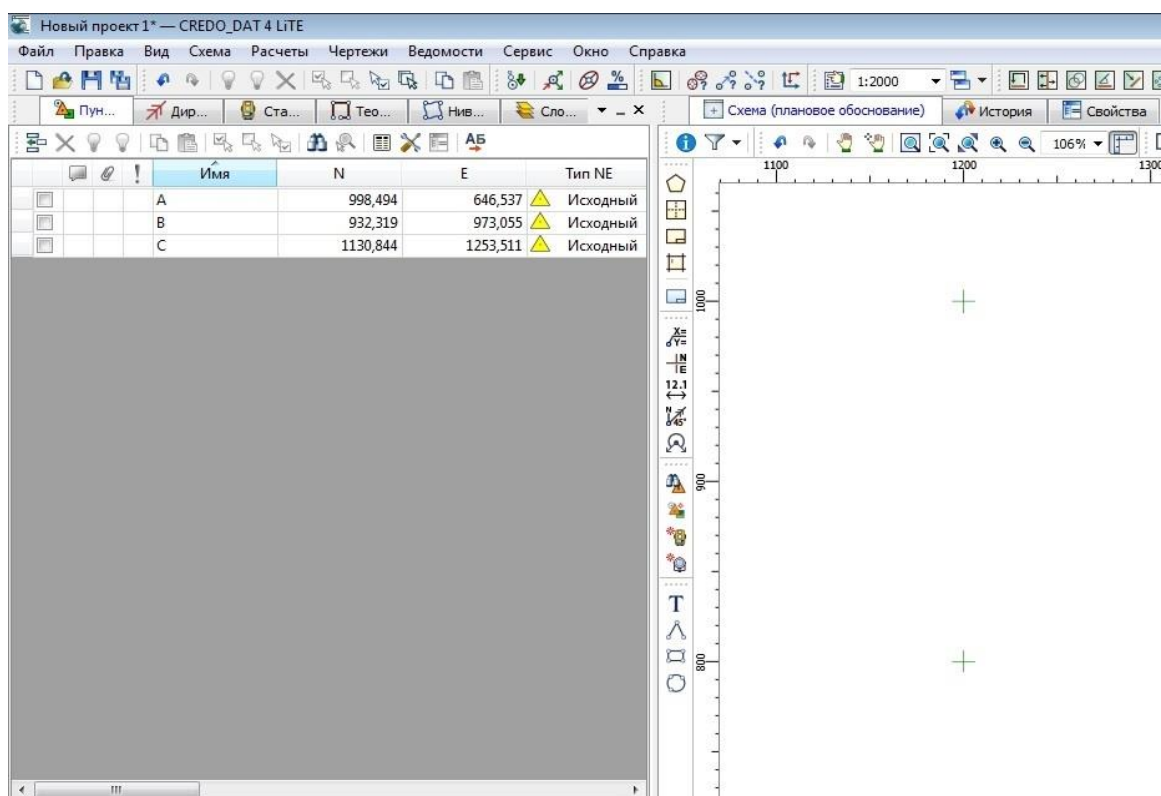


Рис. 8. Ввод координат исходных пунктов

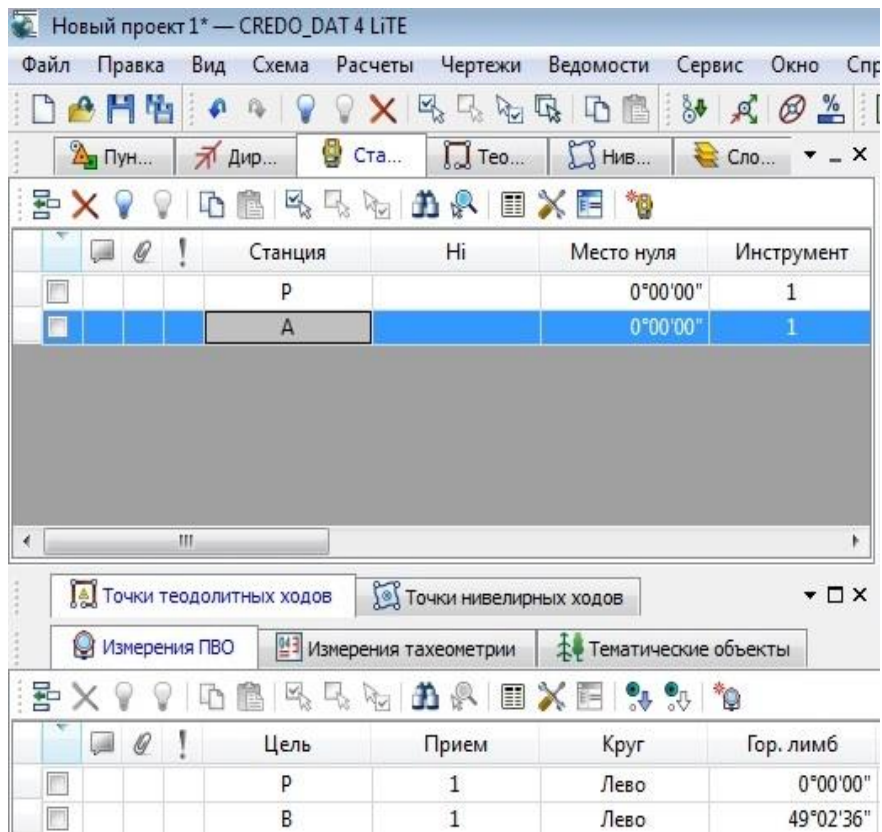


Рис. 9. Ввод измерений с пункта А

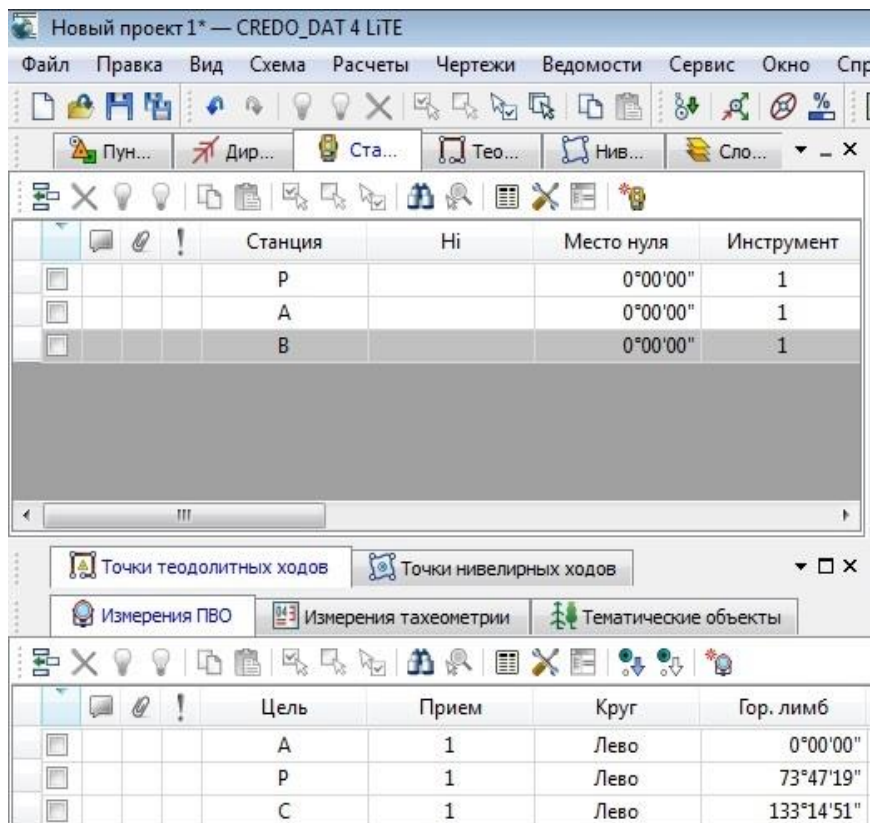


Рис. 10. Ввод измерений с пункта В

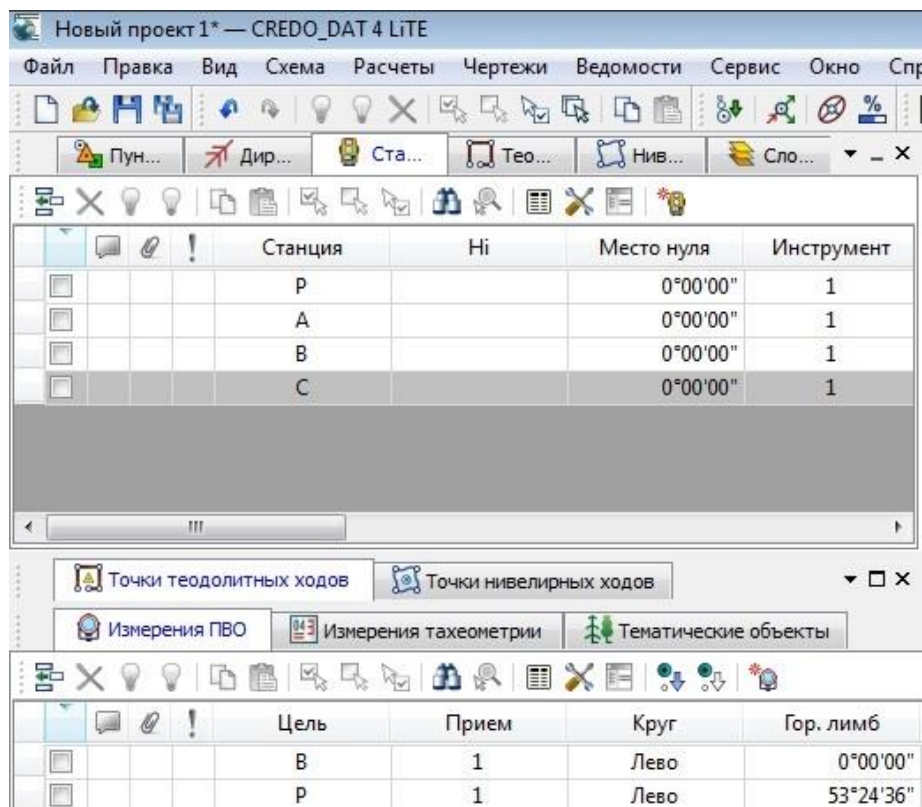


Рис. 11. Ввод измерений с пункта С

После ввода данных приступаем к обработке. Для этого в строке главного меню открываем **Расчет/Предобработка/Расчет**. После выполнения предобработки программа произведет предварительный расчет координат определяемого пункта Р в таблице **Пункты ПВО** и построит схему в окне **Схема (плановое обоснование)**.

Далее в строке главного меню запускаем **Расчет/Уравнивание/Расчет**. В процессе уравнивания программа произведет расчет невязок и внесет поправки в измерения, в результате чего в таблице **Пункты ПВО** появятся уравненные значения координат пункта Р, а на схеме отобразится эллипс ошибок.

В качестве результата обработки необходимо просмотреть ведомости. Для открытия ведомости по оценке точности положения пункта Р в строке главного меню запускаем **Ведомости/Уравнивание/Ведомости оценки точности положения пунктов**.

Для вывода конечных значений координат искомого пункта Р запускаем **Ведомости/Уравнивание/Ведомость координат**. Результаты обработки представлены на рис. 12 и в таблицах 3,4.

После обработки и просмотра ведомостей сохраняем проект в своей папке **Файл/Сохранить как.../Засечка**.

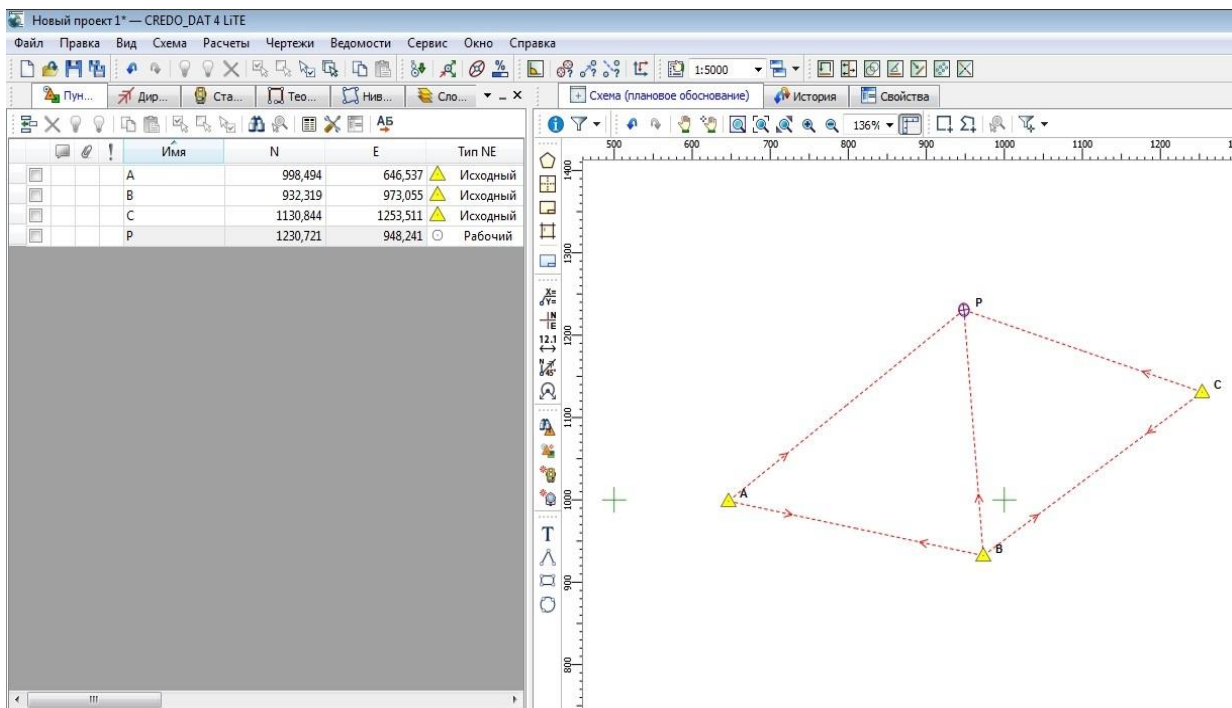


Рис. 12. Результаты обработки после уравнивания

Таблица 3

Ведомости оценки точности положения пунктов по результатам уравнивания

M min	Пункт	M max	Пункт	M
0,010	P	0,010	P	0,010

Пункт	M	Mx	My	a	b	a	Mh
1	2	3	4	5	6	7	8
P	0,010	0,008	0,007	0,008	0,007	171°41'32"	

Таблица 4

Ведомость координат

N	Имя пункта	X	Y	H
1	2	3	4	5
Планово-высотное обоснование				
1	A	998,494	646,537	
2	B	932,319	973,055	
3	C	1130,844	1253,511	
4	P	1230,721	948,241	

Лабораторная работа №2

Определение координат пунктов обратной угловой засечкой

В обратной засечке измеряются углы только на определяемой точке, поэтому обратная угловая засечка является наиболее выгодным вариантом из засечек.

Для определения местоположения пункта необходимы координаты 3-х твердых пунктов. Исходные пункты не должны быть расположены вблизи определяемой точки.

Для контроля правильности определения координат вводят 4-й твердый пункт. При данном методе углы между направлениями на определяемой точке нужно измерить на четыре пункта. Все углы измеряют от начального направления (рис.13).

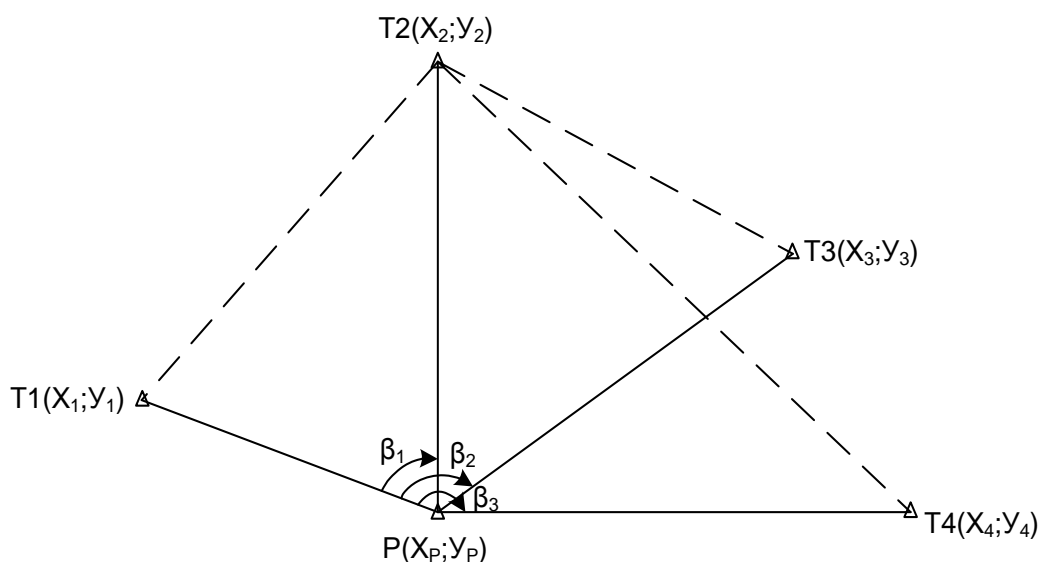


Рис.13. Схема обратной угловой засечки

Ошибка определения пункта обратной засечкой зависит от ее расположения относительно исходных пунктов. Для получения надежных координат необходимо, чтобы месторасположение четырех пунктов относительно определяемого, удовлетворяло определенным условиям.

Желательно, чтобы определяемая точка лежала внутри треугольника, образованного исходными пунктами T1, T2, T3 (рис.14) или вне треугольника, но против одной из его вершин (между продолжением его сторон).

При этом угол между смежными направлениями T2-T1 и T2-T3 должен быть не менее 30° и не более 150° .

Если определяемая точка будет лежать на окружности, проходящей через исходные пункты T1, T2, T3 (при соединении трех точек T1, T2, T3, получается треугольник, вокруг которого и проводится окружность), то решение становится неопределенным.

Если определяемая точка располагается на небольшом расстоянии от окружности, то точность ее определения снижается.

Четвертое, контрольное направление на пункт Т4, особыми угловыми допусками и расположением не обуславливаются, но оно должно, хотя бы с одним из трех основных направлений, образовывать угол засечки в пределах 30^0 - 150^0 .

При выполнении полевых работ необходимо соблюдать следующие требования:

- при выборе исходных пунктов для определения координат искомого пункта должны быть исключены случаи, когда задача не имеет решения или точность получаемых результатов низкая; для этого составляется схема расположения выбранных пунктов и выполняется проверка на правильность подбора пунктов;

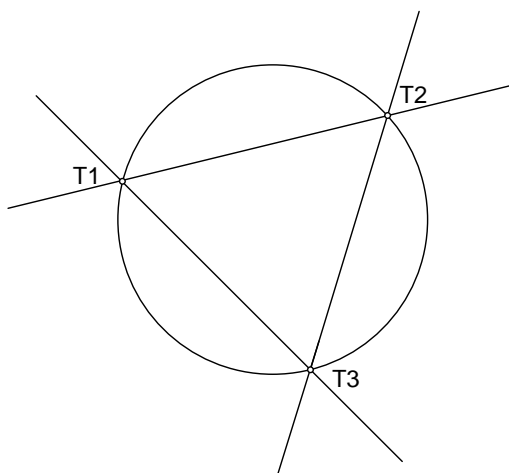


Рис. 14. Схема расположения определяемой точки относительно исходных пунктов

Для вычисления координат пункта обратной угловой засечкой можно использовать различные способы: по точке Коллинса, по схеме Колесникова, по формулам: Пранис-Праневича, Кнейсля Делаμβра. В геодезической практике применяется классический способ по таблицам логарифмов или тригонометрических функций. В данном пособии предлагается решение этой задачи с использованием формул Делаμβра.

2.1. Определение плановых координат пункта обратной угловой засечкой по формулам Делаμβра

Порядок решения

Решение задачи выполняется независимо дважды, так как производится контроль правильности определения координат пункта Р.

Первое решение

В первом решении используются координаты пунктов Т1, Т2, Т3 и горизонтальные углы β_1 и β_2 .

1. Вычисляется дирекционный угол начального направления (с твердого пункта Т1 на определяемый Р) по формуле Делаμβра:

$$\operatorname{tg} \alpha_{T1-P} = \frac{(Y_2 - Y_1) \times \operatorname{ctg} \beta_1 + (Y_1 - Y_3) \times \operatorname{ctg} \beta_2 + (X_3 - X_2)}{(X_2 - X_1) \times \operatorname{ctg} \beta_1 + (X_1 - X_3) \times \operatorname{ctg} \beta_2 - (Y_3 - Y_2)},$$

где $X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_3, Y_3$ - координаты соответственно пунктов Т1, Т2, Т3;

β_1, β_2 - углы, измеренные от начального направления соответственно до второго и третьего направлений.

Значение дирекционного угла определяется по знаку $\operatorname{tg} \alpha_{T1-P}$.

2. Выполняется контроль вычислений.

$$(X_3 - X_2) + (X_2 - X_1) + (X_1 - X_3) = 0,$$

$$(Y_3 - Y_2) + (Y_2 - Y_1) + (Y_1 - Y_3) = 0.$$

3. Вычисляются дирекционные углы от пункта Р на твердые Т1, Т2, Т3 (α_{P-T2} α_{P-T3}) по ниже приведенным формулам. Для этого сначала переходят от дирекционного угла α_{T1-P} к его обратному значению.

$$\alpha_{P-T1} = \alpha_{T1-P} \pm 180^0;$$

$$\alpha_{P-T2} = \alpha_{P-T1} + \beta_1;$$

$$\alpha_{P-T3} = \alpha_{P-T1} + \beta_2,$$

где α_{T1-P} - дирекционный угол начального направления;

β_1, β_2 - углы, измеренные от начального направления.

4. Вычисляются дважды координаты пункта Р по формулам Гаусса. По ним определяются координаты искомого пункта прямой угловой засечкой. В этих расчетных формулах используют дирекционные углы направлений с твердых пунктов на искомую точку, поэтому необходимо от ранее вычисленных направлений от искомого пункта на твердые пункты перейти к направлениям от твердых пунктов на определяемый пункт.

$$\alpha_{T1-P} = \alpha_{P-T1} \pm 180^0;$$

$$\alpha_{T2-P} = \alpha_{P-T2} \pm 180^0;$$

$$\alpha_{T3-P} = \alpha_{P-T3} \pm 180^0;$$

$$X_P = X_3 + \frac{(X_1 - X_3) \times \operatorname{tg} \alpha_{T1-P} - (Y_1 - Y_3)}{\operatorname{tg} \alpha_{T1-P} - \operatorname{tg} \alpha_{T3-P}} = X_3 + \frac{A}{K};$$

$$X_P = X_1 + \frac{(X_1 - X_3) \times \operatorname{tg} \alpha_{T3-P} - (Y_1 - Y_3)}{\operatorname{tg} \alpha_{T1-P} - \operatorname{tg} \alpha_{T3-P}} = X_1 + \frac{B}{K}.$$

$$Y_P = Y_3 + (X_P - X_3) \operatorname{tg} \alpha_{T3-P};$$

$$Y_P = Y_1 + (X_P - X_1) \operatorname{tg} \alpha_{T1-P}.$$

5. Для контроля правильности вычислений определяется дирекционный угол второго направления, для этого используются координаты исходного пункта Т2 и вычисленные координаты пункта Р.

$$\operatorname{tg}\alpha_{P-T2} = \frac{(Y_2 - Y_P)}{(X_2 - X_P)}.$$

Расхождение между вычисленными дирекционными углами в обоих решениях не должно превышать 1".

Второе решение

Используются координаты исходных пунктов Т1, Т2, Т4, измеренные углы β_1, β_3

1. Вычисляется дирекционный угол начального направления от твердого пункта на искомый пункт по формуле Делаμβра:

$$\operatorname{tg}\alpha_{T1-P} = \frac{(Y_2 - Y_1) \times \operatorname{ctg}\beta_1 + (Y_1 - Y_4) \times \operatorname{ctg}\beta_3 + (X_4 - X_2)}{(X_2 - X_1) \times \operatorname{ctg}\beta_1 + (X_1 - X_4) \times \operatorname{ctg}\beta_3 - (Y_4 - Y_2)},$$

где $X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_4, Y_4$ – соответственно координаты пунктов Т1, Т2, Т4;

β_1, β_3 – углы, измеренные от начального направления соответственно до второго и четвертого направлений.

Значение дирекционного угла определяется по знаку $\operatorname{tg}\alpha_{T1-P}$.

2. Выполняется контроль вычислений.

$$\begin{aligned} (X_4 - X_2) + (X_2 - X_1) + (X_1 - X_4) &= 0; \\ (Y_4 - Y_2) + (Y_2 - Y_1) + (Y_1 - Y_4) &= 0. \end{aligned}$$

3. Вычисляются дирекционные углы 2-го и 4-го направлений от определяемого пункта на твердые пункты по формулам:

$$\begin{aligned} \alpha_{P-T1} &= \alpha_{T1-P} \pm 180^\circ; \\ \alpha_{P-T2} &= \alpha_{P-T1} + \beta_1; \\ \alpha_{P-T4} &= \alpha_{P-T1} + \beta_3, \end{aligned}$$

где α_{T1-P} - дирекционный угол начального направления;

β_1, β_3 – углы, измеренные от начального направления Р-Т1.

4. Определяются дважды координаты пункта Р по формулам Гаусса:

$$X_P = X_4 + \frac{(X_1 - X_4) \times \operatorname{tg} \alpha_{T1-P} - (Y_1 - Y_4)}{\operatorname{tg} \alpha_{T1-P} - \operatorname{tg} \alpha_{T4-P}} = X_4 + \frac{A}{K};$$

$$X_P = X_1 + \frac{(X_1 - X_4) \times \operatorname{tg} \alpha_{T1-P} - (Y_1 - Y_4)}{\operatorname{tg} \alpha_{T1-P} - \operatorname{tg} \alpha_{T4-P}} = X_1 + \frac{B}{K};$$

$$Y_P = Y_4 + (X_P - X_4) \operatorname{tg} \alpha_{T4-P};$$

$$Y_P = Y_1 + (X_P - X_1) \operatorname{tg} \alpha_{T1-P}.$$

5. Для контроля правильности вычислений снова определяется дирекционный угол второго направления по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha_{T2-P} = \frac{(Y_2 - Y_P)}{(X_2 - X_P)}.$$

Для вычислений предлагается использовать таблицы в приложении 3.

В приложении 4 даны варианты исходных данных для определения координат пункта Р обратной угловой засечкой. В приложении 5 даны схемы засечек к вариантам. Пример расчета для первого варианта приводится ниже в таблицах 5,6.

На рис.15 дана схема засечки для 1 варианта, который дается в качестве примера определения координат пункта Р.

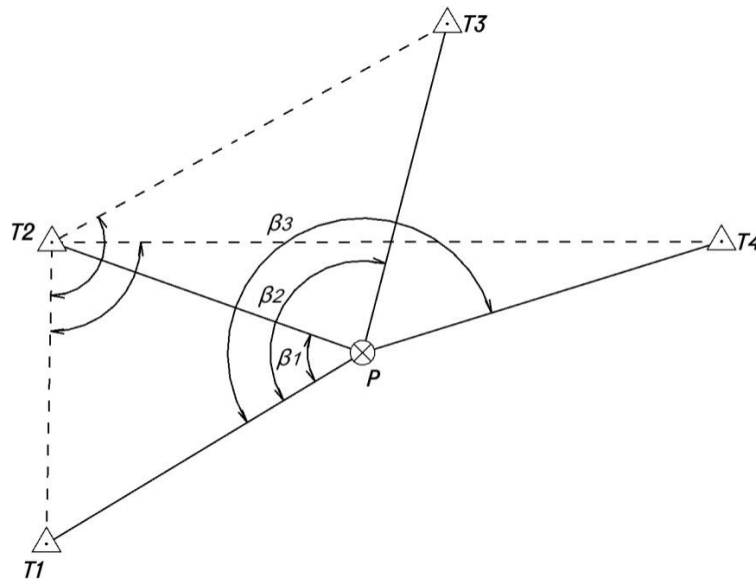


Рис. 15. Ориентированная схема засечки (1 вариант)

Таблица 5

**Определение координат пункта Р из решения обратной угловой засечки
(с использованием формулы Деламбра)**

Решение 1

Исходные данные:
координаты пунктов Т1, Т2, Т3;
измеренные углы β_1, β_2

Y_1	115,330	X_1	310,610	$(X_1-X_3) \times \text{tg } \alpha_{Т1-Р}$	-312,199	$(X_1-X_3) \times \text{tg } \alpha_{Т3-Р}$	-48,604
Y_2	117,310	X_2	420,110	(Y_1-Y_3)	-145,420	(Y_1-Y_3)	-145,420
Y_3	260,750	X_3	499,520				
$Y_2 - Y_1$	1,980	$X_2 - X_1$	109,500	A	-166,779	B	96,816
$Y_3 - Y_2$	143,440	$X_3 - X_2$	79,410	$X_P - X_3$	-119,525	$X_P - X_1$	69,384
$Y_1 - Y_3$	-145,420	$X_1 - X_3$	-188,910	X_3	499,520	X_1	310,610
контроль	0,000		0,000	X_P	379,995	X_P	379,994
β_1	50°46'23"	β_2	135°36'24"	$(X_P-X_3) \times \text{tg } \alpha_{Т3-Р}$	-30,752	$(X_P-X_3) \times \text{tg } \alpha_{Т1-Р}$	114,666
$\text{ctg } \beta_1$	0,816363	$\text{ctg } \beta_2$	-1,021404	Y_3	260,750	Y_1	115,330
$(Y_2 - Y_1) \times \text{ctg } \beta_1$	1,616	$(X_2-X_1) \times \text{ctg } \beta_1$	89,392	Y_P	229,998	Y_P	229,996
$(Y_1-Y_3) \times \text{ctg } \beta_2$	148,533	$(X_1-X_3) \times \text{ctg } \beta_2$	192,953	Контроль			
$(X_3 - X_2)$	79,410	(Y_3-Y_2)	143,440	$Y_2 - Y_P$	-112,687	Окончательные значения	
	229,559	$r = 58^\circ 49' 19''$	138,905	$X_2 - X_P$	40,115		
$\text{tg } \alpha_{Т1-Р}$	1,652633	$\alpha_{Р-Т1}$	238°49'19"	$\text{tg } \alpha_{Р-Т2}$	-2,809099	$\alpha_{Р-Т1}$	238°49'19"
$\text{tg } \alpha_{Т3-Р}$	0,257289	$\alpha_{Р-Т2}$	289°35'42"	$\Gamma_{Р-Т2}$	70°24'18"	$\alpha_{Р-Т2}$	289°35'42"
K	1,395344	$\alpha_{Р-Т3}$	14°25'43"	$\alpha_{Р-Т2}$	289°35'42"	$\alpha_{Р-Т3}$	14°25'43"

Таблица 6

Решение 2

Исходные данные:
 координаты пунктов Т1, Т2, Т4;
 измеренные углы β_1, β_3

Y_1	115,330	X_1	310,610	$(X_1 - X_4) \times \text{tg } \alpha_{Т1-Р}$	-181,514	$(X_1 - X_4) \times \text{tg } \alpha_{Т4-Р}$	-353,682
Y_2	117,310	X_2	420,110	$(Y_1 - Y_4)$	-244,920	$(Y_1 - Y_4)$	-244,920
Y_4	360,250	X_4	420,450				
$Y_2 - Y_1$	1,980	$X_2 - X_1$	109,500	A	63,406	B	-108,762
$Y_4 - Y_2$	242,940	$X_4 - X_2$	0,340	$X_P - X_4$	-40,452	$X_P - X_1$	69,388
$Y_1 - Y_4$	-244,920	$X_1 - X_4$	-109,840	X_4	420,450	X_1	310,610
контроль	0,000		0,000	X_P	379,998	X_P	379,998
β_1	50°46'23"	β_3	193°55'36"	$(X_P - X_4) \times \text{tg } \alpha_{Т4-Р}$	-130,254	$(X_P - X_1) \times \text{tg } \alpha_{Т1-Р}$	114,666
$\text{ctg } \beta_1$	0,816363	$\text{ctg } \beta_3$	4,032763	Y_4	360,250	Y_1	115,330
$(Y_2 - Y_1) \times \text{ctg } \beta_1$	1,616	$(X_2 - X_1) \times \text{ctg } \beta_1$	89,392	Y_P	229,996	Y_P	229,996
$(Y_1 - Y_4) \times \text{ctg } \beta_3$	-987,704	$(X_1 - X_4) \times \text{ctg } \beta_3$	-442,959	Контроль			
$(X_4 - X_2)$	0,340	$(Y_4 - Y_2)$	242,940	$Y_2 - Y_P$	-112,686	Окончательные значения	
	-985,748	$r = 58^\circ 49' 14''$	-596,507	$X_2 - X_P$	40,112		
$\text{tg } \alpha_{Т1-Р}$	1,652534	$\alpha_{Р-Т1}$	238°49'14"	$\text{tg } \alpha_{Р-Т2}$	2,809284	$\alpha_{Р-Т1}$	238°49'14"
$\text{tg } \alpha_{Т4-Р}$	3,219975	$\alpha_{Р-Т2}$	289°35'37"	$r_{Р-Т2}$	70°24'22"	$\alpha_{Р-Т2}$	289°35'38"
K	-1,567441	$\alpha_{Р-Т4}$	72°44'50"	$\alpha_{Р-Т2}$	289°35'38"	$\alpha_{Р-Т4}$	72°44'50"
					"		

2.2. Оценка точности положения определяемого пункта Р обратной угловой засечкой

Расхождение в значениях координат, полученных из двух решений, не должно превышать предельной среднеквадратической погрешности положения ($3M_r$). Расхождение рассчитывается по формуле:

$$r = \sqrt{(X'_P - X''_P)^2 + (Y'_P - Y''_P)^2} \leq 3M_r$$

$$r = \sqrt{(379,994 - 379,998)^2 + (229,997 - 229,996)^2} = 0,004\text{м},$$

где X'_P, Y'_P, X''_P, Y''_P - координаты пункта Р, вычисленные соответственно из первого и второго решений.

Средняя квадратическая погрешность расхождения рассчитывается по формуле:

$$M_r = \sqrt{M_1^2 + M_2^2},$$

где M_1, M_2 – средние квадратические погрешности положения пункта, определенные соответственно из первого и второго решений. Они рассчитываются по формулам:

$$M_1 = m_\beta S_{P-T2} \frac{\sqrt{\left(\frac{S_{P-T1}}{S_{T1-T2}}\right)^2 + \left(\frac{S_{P-T3}}{S_{T2-T3}}\right)^2}}{\rho |\sin(\angle T1T2T3 + \beta_2)|};$$

$$M_2 = m_\beta S_{P-T2} \frac{\sqrt{\left(\frac{S_{P-T1}}{S_{T1-T2}}\right)^2 + \left(\frac{S_{P-T4}}{S_{T2-T4}}\right)^2}}{\rho |\sin(\angle T1T2T4 + \beta_3)|},$$

где $S_{P-T1}, S_{P-T2}, S_{P-T3}, S_{P-T4}, S_{T1-T2}, S_{T2-T3}, S_{T2-T4}$ – расстояния между соответствующими пунктами;

$\angle T1T2T3, \angle T1T2T4$ – углы при вершине пункта Т2, расположенные соответственно напротив измеренных углов β_2 и β_3 .

Указанные длины сторон и углы рассчитываются, для этого используются координаты исходных пунктов Т1, Т2, Т3, Т4 и вычисленные координаты пункта Р.

Дирекционные углы между исходными пунктами определяются из решения обратной геодезической задачи по формулам:

$$\text{tg}r_{T2T1} = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} = \frac{-1,980}{-109,500} = 0,018082;$$

$$r_{T2-T1} = 1^{\circ}02'09''; \quad \alpha_{T2-T1} = 181^{\circ}02'09'';$$

$$tgr_{T2T3} = \frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2} = \frac{143,440}{79,410} = 1,806322;$$

$$r_{T2-T3} = 61^{\circ}01'50''; \quad \alpha_{T2-T3} = 61^{\circ}01'50'';$$

$$tgr_{T2T4} = \frac{y_4 - y_2}{x_4 - x_2} = \frac{242,940}{0,340} = 714,729;$$

$$r_{T2-T4} = 89^{\circ}55'11''; \quad \alpha_{T2-T4} = 89^{\circ}55'11''.$$

Вычисление углов $\angle T1T2T3$, $\angle T1T2T4$

$$\angle T1T2T3 = \alpha_{T2T1} - \alpha_{T2T3},$$

$$\angle T1T2T4 = \alpha_{T2T1} - \alpha_{T2T4}.$$

$$\angle T1T2T3 = \alpha_{T2T1} - \alpha_{T2T3} = 181^{\circ}02'09'' - 61^{\circ}01'50'' = 120^{\circ}00'19'';$$

$$\angle T1T2T4 = \alpha_{T2T1} - \alpha_{T2T4} = 181^{\circ}02'09'' - 89^{\circ}55'11'' = 91^{\circ}06'58''.$$

Длины сторон вычисляются по формулам:

$$S = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \frac{\Delta X}{\cos \alpha} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha}$$

$$S_{T2-T1} = \sqrt{\Delta X_{T1-T2}^2 + \Delta Y_{T1-T2}^2};$$

$$S_{T2-T1} = \sqrt{(-109,500)^2 + (-1,980)^2} = 109,518м$$

$$S_{T2-T1} = \frac{\Delta Y_{T1-T2}}{\sin \alpha_{T2-T1}}; \quad S_{T2-T1} = \frac{-109,500}{\sin 181^{\circ}02'09''} = 109,527м$$

$$S_{T2-T1} = \frac{\Delta X_{T1-T2}}{\cos \alpha_{T2-T1}}.$$

$$S_{T2-T1} = \frac{-1,980}{\cos 181^{\circ}02'09''} = 109,518м$$

Аналогично вычисляются остальные длины.

$$\begin{aligned}
 S_{P-T1} &= 134,031\text{м} & S_{P-T2} &= 119,615\text{м} & S_{P-T3} &= 123,412\text{м} \\
 & & S_{P-T4} &= 136,386\text{м} & & \\
 S_{T2-T3} &= 163,954\text{м} & S_{T2-T4} &= 242,94\text{м} & &
 \end{aligned}$$

Средняя квадратическая погрешность измерения угла $m_\beta = 10''$,
 $\rho = 206265''$.

$$M_1 = 10 \times 119,615 \frac{\sqrt{\left(\frac{134,031}{109,518}\right)^2 + \left(\frac{123,412}{163,954}\right)^2}}{206265 |\sin(120^\circ 00' 19'' + 135^\circ 36' 27'')|} = 0,009\text{м}$$

$$M_2 = 10 \times 119,615 \frac{\sqrt{\left(\frac{134,031}{109,518}\right)^2 + \left(\frac{136,386}{242,940}\right)^2}}{206265 |\sin(91^\circ 06' 58'' + 193^\circ 55' 36'')|} = 0,008\text{м}$$

$$M_r = \sqrt{0,009^2 + 0,008^2} = 0,012\text{м}$$

$$r \leq 3M_r \quad 0,004\text{м} < 0,036\text{м},$$

Расхождение не превышает предельно допустимой погрешности.
 Следовательно координаты пункта Р определены верно.

Средние значения координат пункта Р из двух решений равны

$$X_P = 379,998\text{м}, \quad Y_P = 229,996\text{м}.$$

2.3. Определение координат пункта обратной угловой засечкой в программе Credo Dat 4

Вариант 1

1. Запускаем ярлык программы Credo Dat 4 LITE, который расположен на рабочем столе компьютера. Выбираем необходимую рабочую область. Для этого в главном меню открываем **Вид/Рабочая область/CREDO DAT 3.X**. Для дополнения интерфейса в правой половине экрана программы открываем дополнительные вкладки: **Вид/История, Вид/Свойства**.

Для корректного решения в процессе обработки данных устанавливаем необходимые настройки свойств проекта программы. Для этого в строке главного меню открываем вкладку **Файл/Свойства проекта** и устанавливаем необходимые настройки.

В параметрах карточки проекта устанавливаем **Масштаб съемки – 1:2000** (рис. 16).

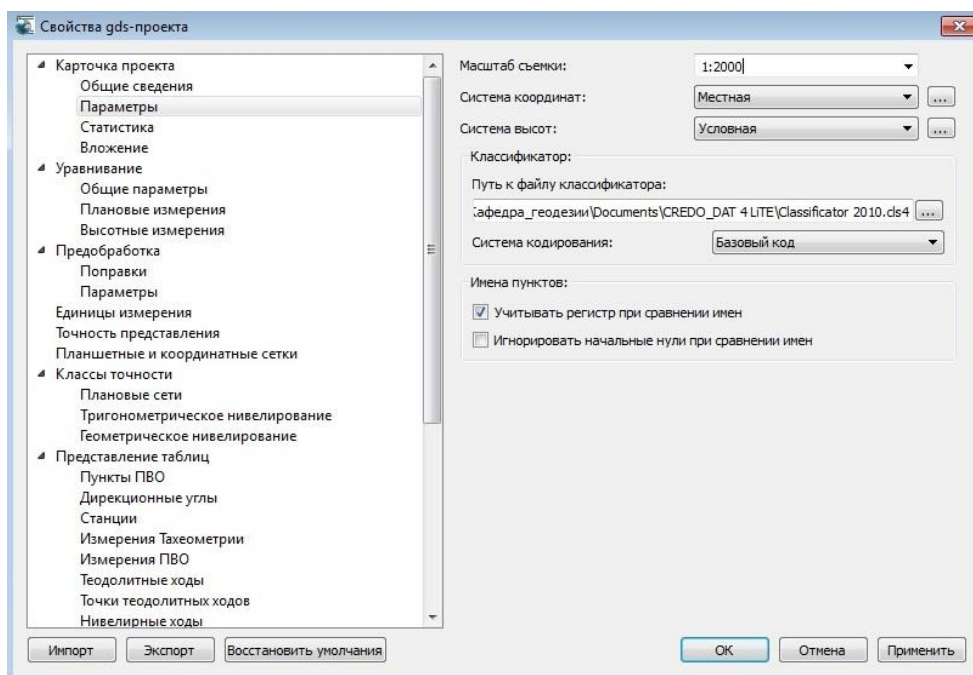


Рис. 16. Настройка масштаба съемки

В общих параметрах настройки уравнивания оставляем только **Уравнивать наземные плановые измерения** (рис. 17).

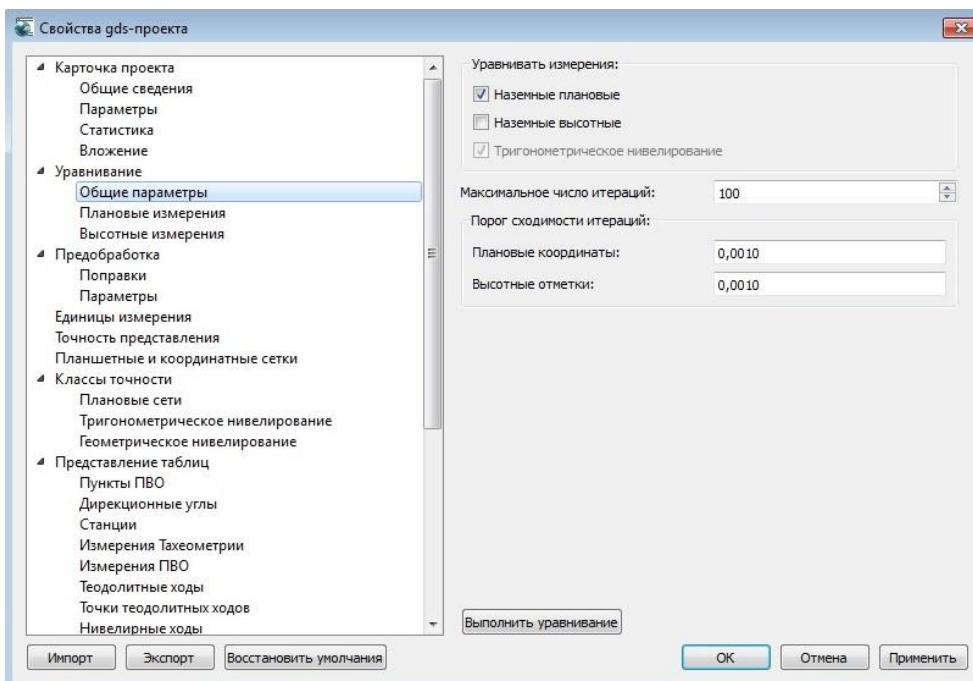


Рис. 17. Настройка уравнивания

Единицы измерения и точность представления данных устанавливается в соответствии с исходными данными (рис. 18,19).

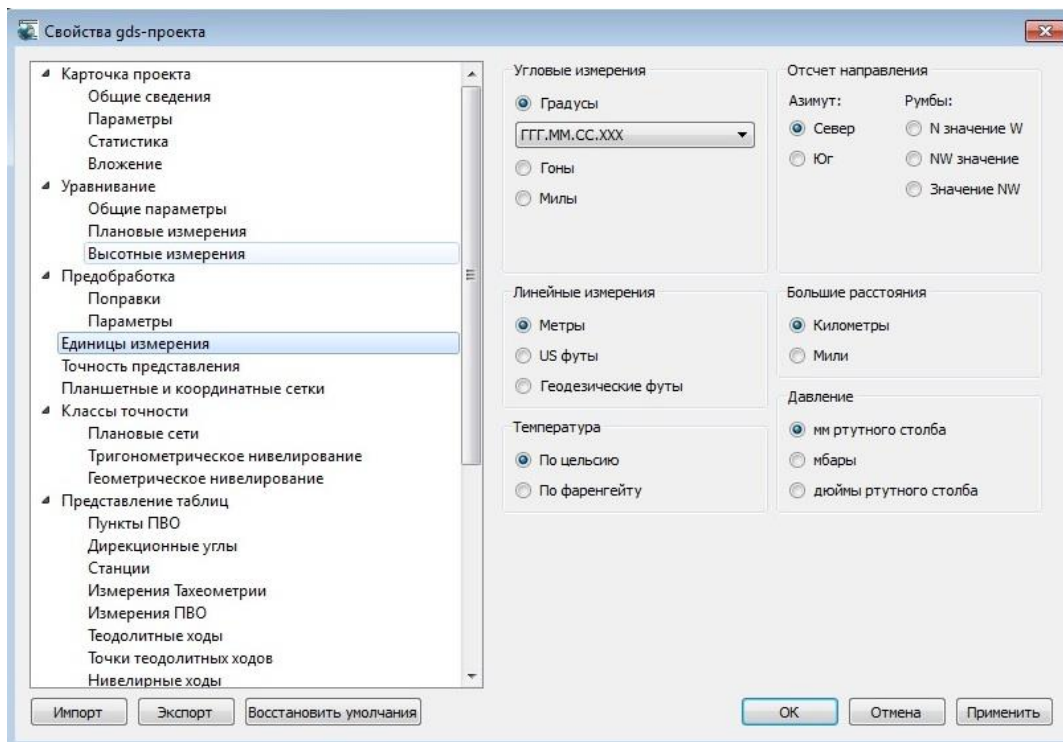


Рис. 18. Настройка единиц измерения

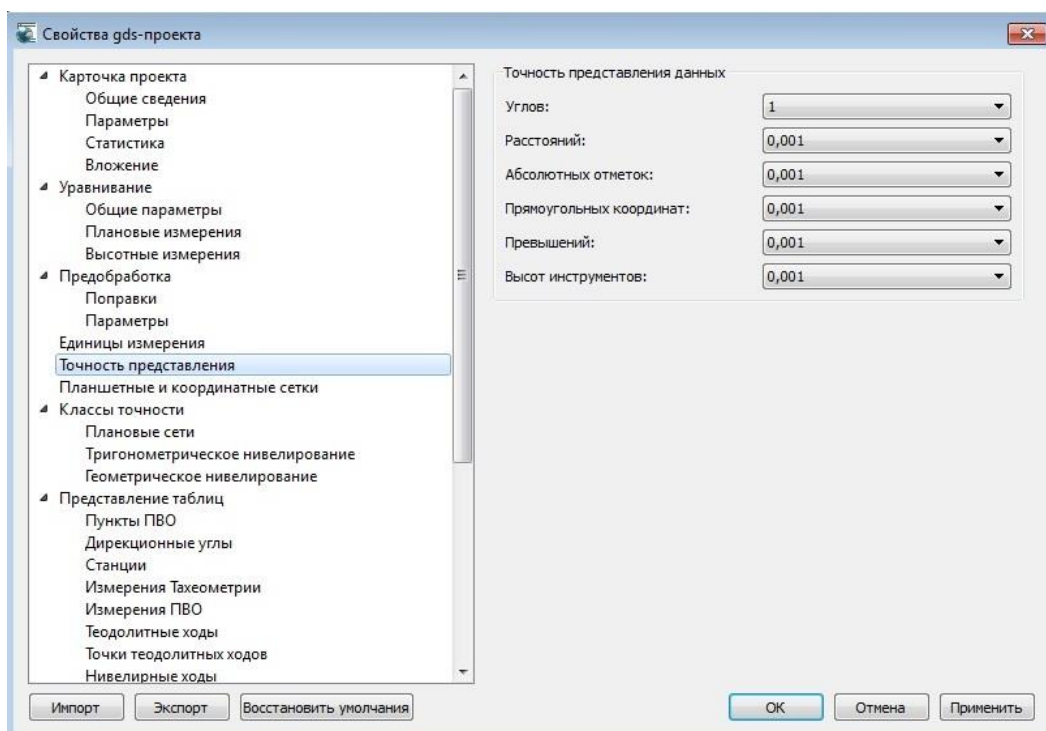


Рис. 19. Настройка представления данных

Класс точности плановых измерений – устанавливаем соответствующий полигонометрическому ходу 2 разряда (рис. 20).

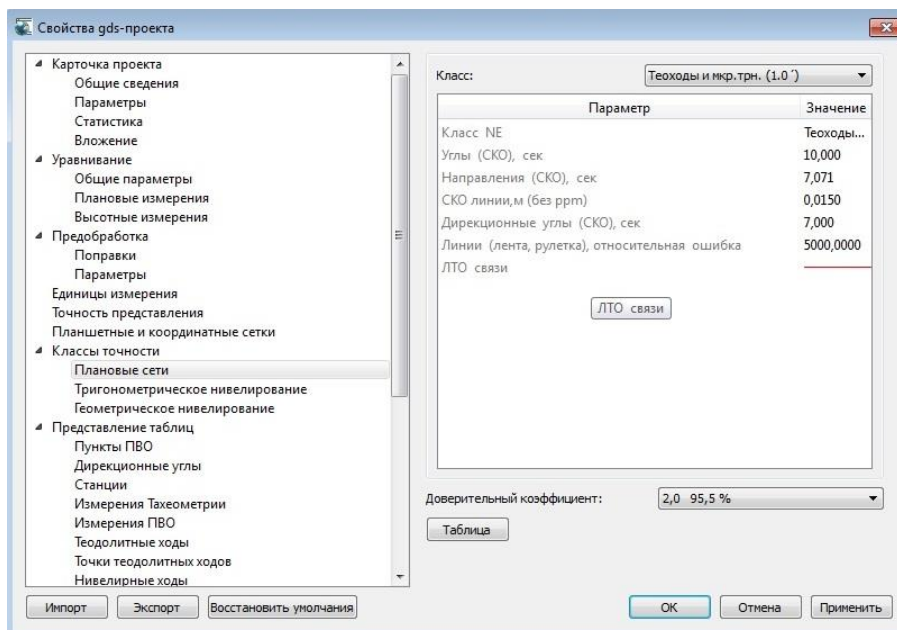


Рис. 20. Настройка класса точности плановых сетей

После настроек свойств проекта переходим к вводу координат исходных пунктов в таблице **Пункты ПВО**. Имена пунктов и значения координат вводятся клавиатурой вручную, с подтверждением клавишей **Enter**. Для исключения разногласия имен пунктов в программе, вводим их на английской раскладке клавиатуры компьютера. После ввода данных устанавливаем для всех пунктов тип координат (тип NE) – **Исходный** (рис. 21).

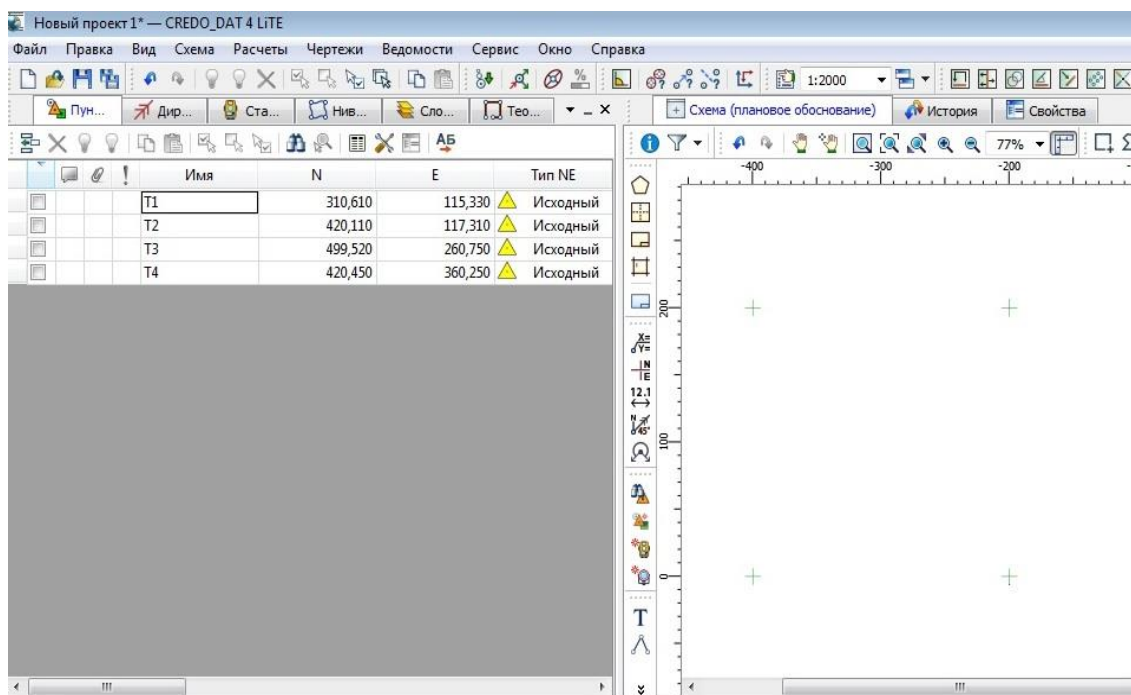


Рис. 21. Ввод координат исходных пунктов

Далее открываем таблицы **Станции** и **Измерения ПВО** для создания определяемого пункта **Р** как станции, и ввода измерений выполненных с этого пункта. В таблице **Измерения ПВО** вручную с клавиатуры вводим измеренные круговым приемом горизонтальные углы на соответствующие направления Т1, Т2, Т3 и Т4 (рис. 22). При этом значение по горизонтальному лимбу на направление Т1 будет соответствовать $0^{\circ}00'00''$, а значения на Т2, Т3, Т4 соответственно измеренным углам $\beta_1, \beta_2, \beta_3$. Для отображения градусов, минут и секунд в таблице отделяем значения друг от друга пробелом или запятой.

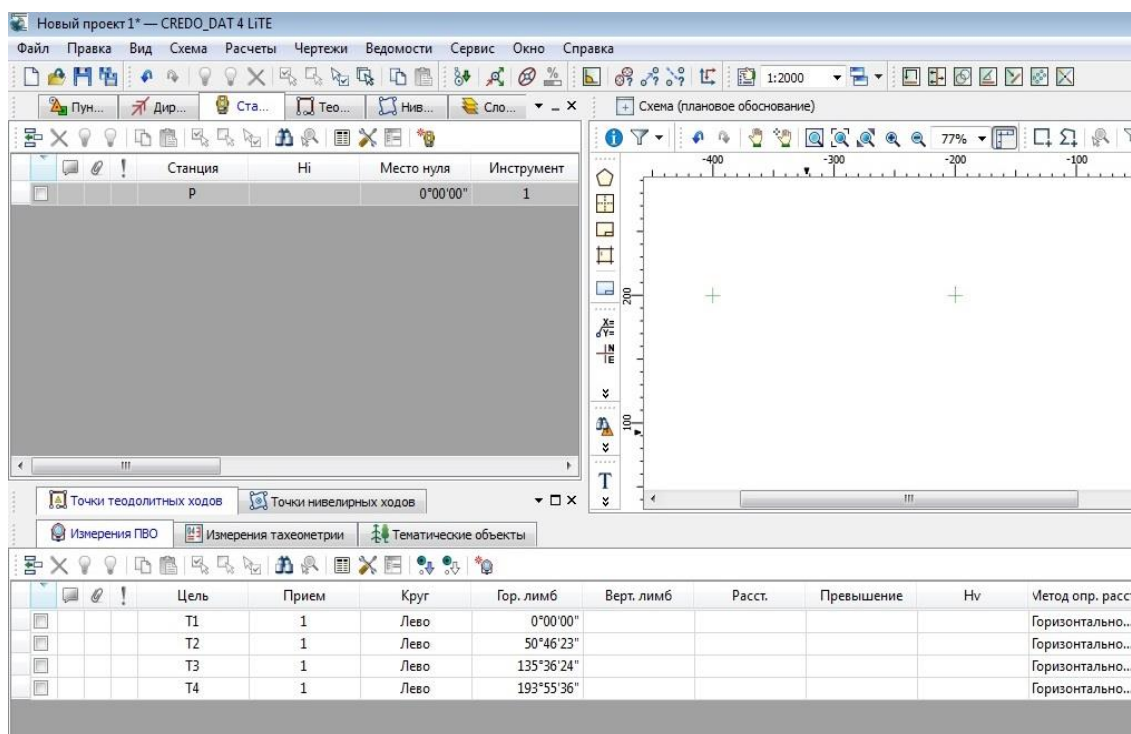


Рис. 22. Ввод измерений с определяемого пункта Р

После ввода данных приступаем к обработке. Для этого в строке главного меню открываем **Расчет/Предобработка/Расчет**. После выполнения предобработки программа произведет предварительный расчет координат определяемого пункта **Р** в таблице **Пункты ПВО** и построит схему в окне **Схема (плановое обоснование)**.

Далее в строке главного меню запускаем **Расчет/Уравнивание/Расчет**. В процессе уравнивания программа произведет расчет невязок и внесет поправки в измерения, в результате чего в таблице **Пункты ПВО** появятся уравненные значения координат пункта **Р**, а на схеме отобразится эллипс ошибок.

В качестве результата обработки необходимо просмотреть ведомости. Для открытия ведомости по оценке точности положения пункта **Р** в строке главного меню запускаем **Ведомости/Уравнивание/Ведомости оценки точности положения пунктов**.

Для вывода конечных значений координат искомого пункта Р запускаем **Ведомости/Уравнение/Ведомость координат**. Результаты обработки представлены на рис. 23 и в таблицах 7,8. После обработки и просмотра ведомостей сохраняем проект в своей папке **Файл/Сохранить как.../Засечка**.

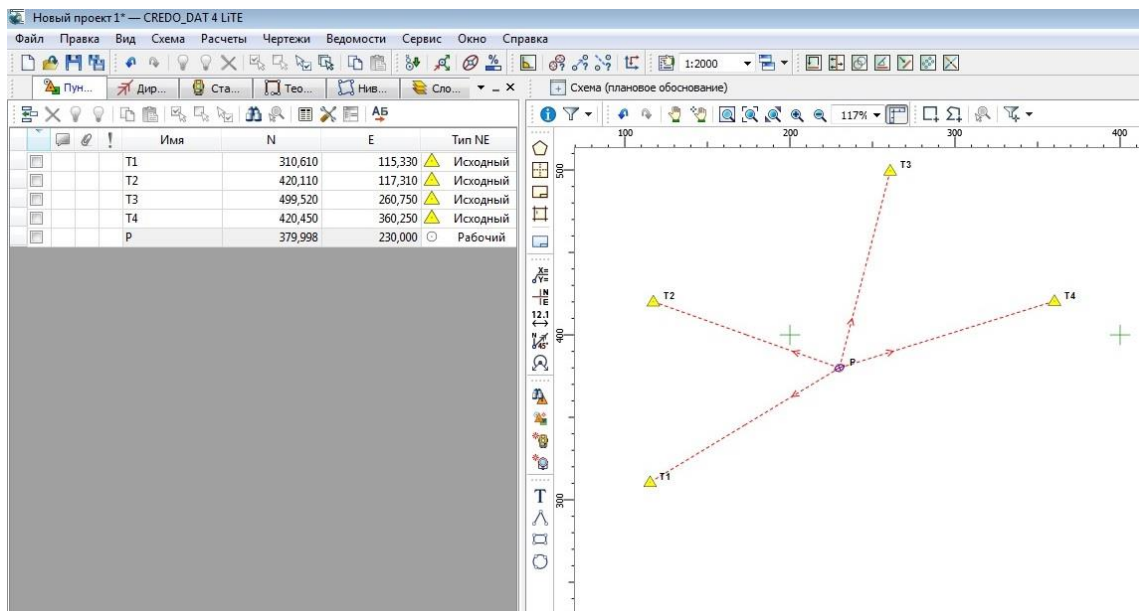


Рис. 23. Результаты обработки после уравнивания

Таблица 7

Ведомости оценки точности положения пунктов по результатам уравнивания

M min	Пункт	M max	Пункт	M
0,003	P	0,003	P	0,003

Пункт	M	Mx	My	a	b	a	Mh
1	2	3	4	5	6	7	8
P	0,003	0,002	0,003	0,003	0,002	65°41'58"	

Таблица 8

Ведомость координат

N	Имя пункта	X	Y	H
1	2	3	4	5
Планово-высотное обоснование				
1	P	379,998	230,000	
2	T1	310,610	115,330	
3	T2	420,110	117,310	
4	T3	499,520	260,750	
5	T4	420,450	360,250	

Лабораторная работа №3
Определение координат пунктов линейной засечкой

3.1. Определение плановых координат пунктов линейной засечкой

Сущность линейной засечки состоит в определении координат пункта Р по координатам двух исходных пунктов А и В по двум измеренным расстояниям S_1, S_2 от определяемого пункта до исходных (рис. 24).

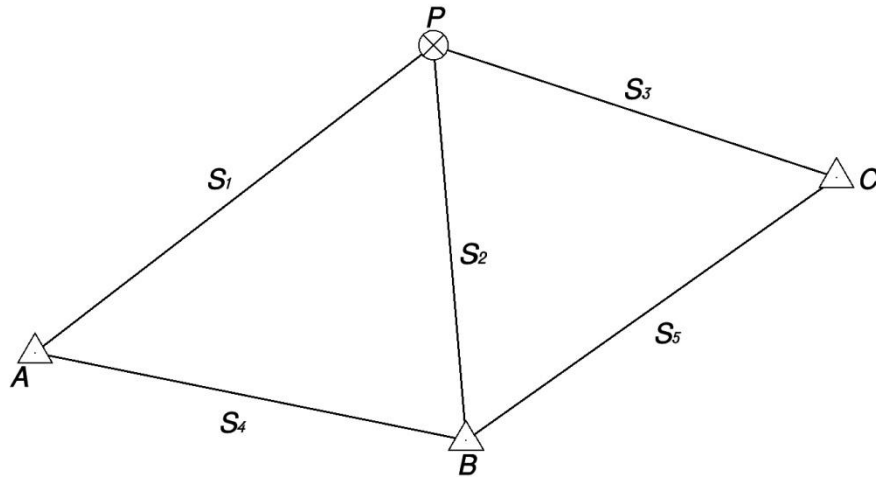


Рис. 24. Схема линейной засечки

Для контроля правильности решения используется третий исходный пункт С и измеряется расстояние S_3 от исходного пункта С до определяемого Р.

Решение 1

В треугольнике АВР известны все длины сторон: S_1, S_2 измерены, а длина стороны S_4 вычисляется из решения обратной геодезической задачи.

Для определения углов в треугольнике используется теорема косинусов.

$$\angle PAB = \arccos \frac{S_1^2 + S_4^2 - S_2^2}{2S_1 \times S_4},$$

$$\angle ABP = \arccos \frac{S_2^2 + S_4^2 - S_1^2}{2S_2 \times S_4},$$

$$\angle APB = \arccos \frac{S_1^2 + S_2^2 - S_4^2}{2S_1 \times S_2}.$$

Выполняется проверка правильности вычисления углов, их сумма должна быть равна 180° . При наличии невязки ее устраняют введением поправки на все углы.

Дирекционный угол между исходными пунктами определяется из решения обратной геодезической задачи.

Сначала вычисляется значения румба между исходными пунктами А и В:

$$r_{AB} = \operatorname{arctg} \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} ;$$

а затем выполняется переход к дирекционному углу α_{AB} .

Рассчитываются дирекционные углы направлений α_{AP}, α_{BP} .

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} - \angle PAB ,$$

$$\alpha_{BP} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ + \angle ABP .$$

Определяются дважды координаты пункта Р:

$$X_P = X_A + S_1 \times \cos \alpha_{AP} ,$$

$$Y_P = Y_A + S_1 \times \sin \alpha_{AP} ,$$

$$X_P = X_B + S_2 \times \cos \alpha_{BP} ,$$

$$Y_P = Y_B + S_2 \times \sin \alpha_{BP} .$$

Расхождение между двумя полученными значениями координат не должны превышать трех единиц последнего знака. Из первого решения определяются средние значения координат X_P'', Y_P'' .

Решение 2

В треугольнике ВРС известны все длины сторон: S_3, S_2 измерены, а длина стороны S_5 вычисляется из решения обратной геодезической задачи.

Для определения углов в треугольнике используется теорема косинусов.

$$\angle PBC = \ar \cos \frac{S_2^2 + S_5^2 - S_3^2}{2S_2 \times S_5} ,$$

$$\angle BCP = \ar \cos \frac{S_3^2 + S_5^2 - S_2^2}{2S_3 \times S_5} ,$$

$$\angle BPC = \ar \cos \frac{S_2^2 + S_3^2 - S_5^2}{2S_2 \times S_3} .$$

Выполняется проверка правильности вычисления углов, их сумма должна быть равна 180° . При наличии невязки ее устраняют введением поправки на все углы.

Дирекционный угол между исходными пунктами В и С также определяется из решения обратной геодезической задачи.

Вычисляется значение румба по формуле:

$$r_{BC} = \operatorname{arctg} \frac{y_C - y_B}{x_C - x_B} ,$$

а затем выполняется переход к дирекционному углу α_{BC} .

Рассчитываются дирекционные углы направлений α_{CP}, α_{BP} .

$$\alpha_{BP} = \alpha_{BC} - \angle PBC,$$

$$\alpha_{CP} = \alpha_{BC} \pm 180^0 + \angle BCP.$$

Определяются дважды координаты пункта P:

$$X_P = X_C + S_3 \times \cos \alpha_{CP},$$

$$Y_P = Y_C + S_3 \times \sin \alpha_{CP},$$

$$X_P = X_B + S_2 \times \cos \alpha_{BP},$$

$$Y_P = Y_B + S_2 \times \sin \alpha_{BP}.$$

Расхождение между двумя полученными значениями координат не должны превышать трех единиц последнего знака. Из второго решения определяются средние значения координат X_P'', Y_P'' .

Окончательное значение координат пункта P определяется как среднее из двух решений.

3.2. Оценка точности положения определяемого пункта линейной засечкой

Расхождение в значениях координат, полученных из двух решений, не должно превышать предельной среднеквадратической погрешности положения ($3M_r$).

$$r = \sqrt{(X_P' - X_P'')^2 + (Y_P' - Y_P'')^2} \leq 3M_r,$$

где X_P', Y_P', X_P'', Y_P'' - координаты пункта P, вычисленные соответственно из первого и второго решений.

$$M = \sqrt{M_1^2 + M_2^2},$$

где M_1, M_2 – средние квадратические погрешности положения пункта, рассчитанные в первом и втором решениях соответственно. Они определяются по формулам:

$$M_1 = \pm \frac{\sqrt{m_{S1}^2 + m_{S2}^2}}{\sin \angle APB};$$

$$M_2 = \pm \frac{\sqrt{m_{S2}^2 + m_{S3}^2}}{\sin \angle BPC},$$

где m_{S1}, m_{S2}, m_{S3} - средние квадратические погрешности измерения соответствующих длин линий. Величина этих погрешностей указана в паспорте прибора, которым производится измерение.

Контроль можно выполнить и следующим способом.

Вычисляется длина S_3 из решения обратной геодезической задачи по определенным координатам пункта Р из первого решения и исходного пункта С по формулам:

$$S_{CP} = \sqrt{\Delta X_{PC}^2 + \Delta Y_{PC}^2}; \quad S_{CP} = \frac{\Delta Y_{PC}}{\sin \alpha_{CP}}; \quad S_{CP} = \frac{\Delta X_{PC}}{\cos \alpha_{PC}}.$$

Расхождение не должно превышать

$$|S_{звыч} - S_{зизм}| \leq 2m_{S3}.$$

Лабораторная работа №4 Передача координат с вершины знака на землю

Данная задача возникает в случаях, когда необходимо привязать полигонометрический (теодолитный) ход к пункту существующей опорной сети, на котором нельзя встать с теодолитом (тахеометром). Это может быть шпиль здания, громоотвода, заводская труба или заложённая стенная марка.

Для этого вблизи пункта А (рис.25) (на расстоянии 100 – 200 м) закрепляется точка Р с расчетом, чтобы с нее были видны пункт А, два удаленных пункта В и С, и точка полигонометрического или теодолитного хода. Из точки Р разбивается два базиса для определения недоступного расстояния $AP = d$. Для этого закрепляются на местности вспомогательные точки 1 и 2. Далее измеряются базисы b, b' и шесть углов: $\beta_1, \beta_1', \beta_2, \beta_2''$ и δ, δ' .

Второй базис b' и углы при нем необходимы для контроля определения расстояния $AP = d$.

Порядок решения

1. Из решения обратной геодезической задачи по известным координатам пунктов А и В определяется дирекционный угол стороны АВ и длина S_{AB}

$$\alpha_{AB} = \arctg \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A};$$

$$S_{AB} = \frac{y_B - y_A}{\sin \alpha_{AB}} = \frac{x_B - x_A}{\cos \alpha_{AB}} = \sqrt{\Delta X_{AB}^2 + \Delta Y_{AB}^2}.$$

Также определяется дирекционный угол стороны АС и ее длина S_{AC}

$$\alpha_{AC} = \arctg \frac{y_C - y_A}{x_C - x_A};$$

$$S_{AC} = \frac{y_C - y_A}{\sin \alpha_{AC}} = \frac{x_C - x_A}{\cos \alpha_{AC}} = \sqrt{\Delta X_{AC}^2 + \Delta Y_{AC}^2}$$

2. В треугольниках A1P и A2P определяется недоступное расстояние AP = d, для решения используется теорема синусов.

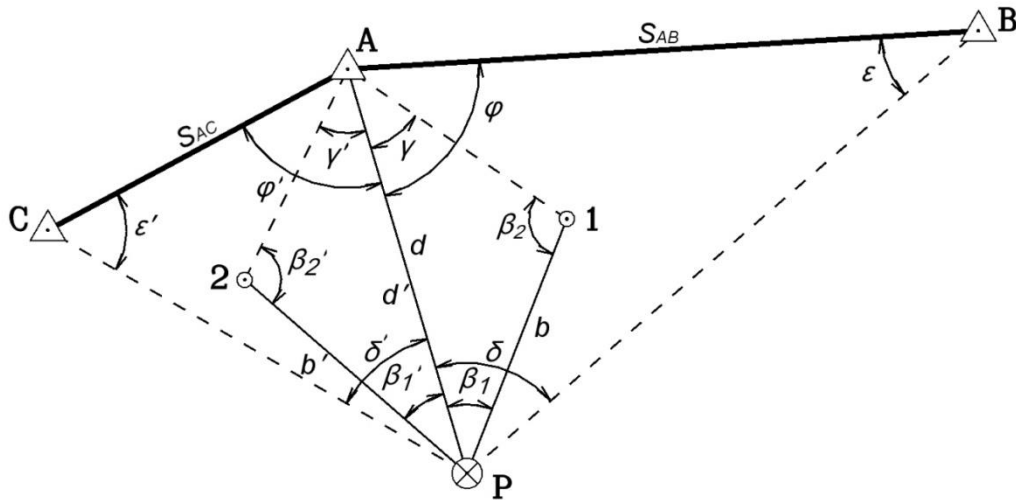


Рис. 25. Схема передачи координат с вершины знака на землю

Из треугольника A1P $\frac{d}{\sin \beta_2} = \frac{b}{\sin \gamma}$, $d = \frac{b \sin \beta_2}{\sin \gamma}$;

из треугольника A2P $\frac{d'}{\sin \beta_2'} = \frac{b'}{\sin \gamma'}$, $d' = \frac{b' \sin \beta_2'}{\sin \gamma'}$,

где $\gamma = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2)$,

$\gamma' = 180^\circ - (\beta_1' + \beta_2')$.

Расхождение в значениях недоступного расстояния $|d - d'|$ допускается в пределах точности измерения длин линий в полигонометрическом или теодолитном ходах. За окончательное значение расстояния AP принимается среднее арифметическое

$$\bar{d} = \frac{d + d'}{2}.$$

3. Вычисляется дирекционный угол стороны AP. Для этого из треугольника APB определяется угол ε , используется теорема синусов, а из треугольника APC – угол ε' .

$$\frac{S_{AB}}{\sin \delta} = \frac{\bar{d}}{\sin \varepsilon}, \quad \varepsilon = \arcsin \frac{\bar{d} \sin \delta}{S_{AB}};$$

$$\frac{S_{AC}}{\sin \delta'} = \frac{\bar{d}}{\sin \varepsilon'}, \quad \varepsilon' = \arcsin \frac{\bar{d} \sin \delta'}{S_{AC}}.$$

Вычисляется в треугольнике APB угол

$$\varphi = 180^\circ - (\varepsilon + \delta),$$

а в треугольнике APC угол

$$\varphi' = 180^\circ - (\varepsilon' + \delta').$$

Затем рассчитывается значение дирекционного угла α_{AP} , используются полученные значения в обоих треугольниках

$$\alpha'_{AP} = \alpha_{AB} + \varphi,$$

$$\alpha''_{AB} = \alpha_{AC} - \varphi'.$$

Расхождение в значениях дирекционного угла $|\alpha'_{AP} - \alpha''_{AP}|$ не должно превышать $2m_\beta$,

где m_β – средняя квадратическая погрешность измерения горизонтального угла.

За окончательное значение принимается среднее значение.

$$\alpha_{AP} = \frac{\alpha'_{AP} + \alpha''_{AP}}{2}.$$

4. Из решения прямой геодезической задачи определяются координаты пункта P.

$$x_P = x_A + \bar{d} \cos \alpha_{AP},$$

$$y_P = y_A + \bar{d} \sin \alpha_{AP}.$$

Расхождение не должно превышать

$$|S_{3выч} - S_{3изм}| \leq 2m_{S3}.$$

Исходные данные для примера к решению задачи снесения координат с вершины знака на землю в табл.9, а решение в в табл. 10.

Таблица 9

Исходные данные снесения координат с вершины знака на землю

b	201,374 м	b'	217,095 м
β_1	37°52'04"	β'_1	32°28'26"
β_2	102°56'54"	β'_2	105°05'09"
γ	39°11'05"	γ'	42°26'25"
δ	65°34'43"	δ'	43°27'22"
x_B	576,432	y_B	716,950
x_A	548,254	y_A	252,181
x_C	429,414	y_C	31,154

Таблица 10

Решение

Формулы	Значения	Формулы	Значения	Формулы	Значения
$\sin \beta_2$	0,974573	$\sin \beta_2'$	0,965537	Контроль	
$\sin \gamma$	0,631822	$\sin \gamma'$	0,674821	$y_B - y_P$	376,800
d	310,615 м	d'	310,621 м	$x_B - x_P$	326,079
$d - d'$	0,006 м	\bar{d}	310,618 м	r_{PB}	49°07'39"
$y_B - y_A$	464,769	$y_C - y_A$	- 221,027	α_{PB}	49°07'39"
$x_B - x_A$	28,178	$x_C - x_A$	- 118,840	α_{PA}	343°32'54"
r_{AB}	86°31'50"	r_{AC}	61°44'04"	$\delta_{выч}$	65°34'45"
α_{AB}	86°31'50"	α_{AC}	241°44'04"	$\delta_{изм}$	65°34'43"
S_{AB}	465,622	S_{AC}	250,951	$\Delta\delta$	2"
$\sin \delta$	0,910529	$\sin \delta'$	0,687799	m_β	5"
ε	37°24'11"	ε'	58°21'26"	Условие $\Delta\delta \leq 2m_\beta$ (2" < 10") выполняется $M_P = 0,043\text{м}$	
φ	77°01'06"	φ'	78°11'12"		
α_{AP}	163°32'56"	α_{AP}'	163°32'52"		
$\alpha_{AP}' - \alpha_{AP}''$	4"	α_{AP}''	163°32'54"		
Δx_{AP}	- 297,901	Δy_{AP}	+87,969		
x_P	250,353	y_P	340,150		

Средняя квадратическая погрешность определения недоступного расстояния определяется по формуле:

$$m_d = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{\bar{d}}{b} m_b\right)^2 + \left[(ctg \beta_2 + ctg \gamma)^2 + ctg^2 \gamma\right] \times \left(d \frac{m_\beta}{\rho}\right)^2};$$

$$\text{где } \frac{m_b}{b} = \frac{1}{5000}$$

$$m_d = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{310,618}{5000}\right)^2 + \left[(ctg 37^\circ 52' 04'' + ctg 39^\circ 11' 05'')^2 + ctg^2 39^\circ 11' 05''\right] \times \left(\frac{310,618 \times 5''}{206265''}\right)^2};$$

$$m_d = 0,033\text{м};$$

Средняя квадратическая погрешность определения положения точки P может быть определяется по формуле:

$$M_P = \sqrt{\left[\left(1 + \frac{\bar{d} \times \cos \delta}{S_{AB} \times \cos \varepsilon}\right) \times \frac{\bar{d} \times m_\beta}{\rho} \right]^2 + \left(\frac{m_d}{\cos \varepsilon}\right)^2};$$

$$M_P = \sqrt{\left[\left(1 + \frac{310,618 \times \cos 65^\circ 34' 43''}{465,622 \times \cos 37^\circ 24' 11''}\right) \times \frac{310,618 \times 5''}{206265''} \right]^2 + \left(\frac{0,033}{\cos 37^\circ 24' 11''}\right)^2} = 0,043\text{м}.$$

Список литературы

1. Геодезия [Электронный ресурс]: учебник для вузов/ А.Г. Юнусов [и др.]. – М.: Академический Проект, 2015. – 416 с.- Режим доступа <http://www.bibliocomplectator.ru>
2. Поклад, Г.Г. Геодезия: учебное пособие для вузов / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – М.: Академический Проект, 2013. – 538 с.
3. Практикум по геодезии: Учебное пособие для вузов / Под ред. Г.Г. Поклада. – М.: Академический Проект; Триста, 2012. – 470 с.
4. Практикум по геодезии [Электронный ресурс]: Учебное пособие для вузов / Г.Г. Поклад [и др.]. – М.: Академический Проект, 2015. – 488 с.- Режим доступа <http://www.bibliocomplectator.ru>
5. Руководство пользователя к программе GREDO-DAT 4/10 LITE. – Минск, 2011. - 84 с.

Приложение 1

Ведомости для определения координат пункта прямой угловой засечкой

1 решение

X_A		β_1	
Y_A		$ctg \beta_1$	
X_B		β_2	
Y_B		$ctg \beta_2$	
$X_A ctg \beta_2$		$ctg \beta_1 + ctg \beta_2$	
$X_B ctg \beta_1$		K	
$Y_A ctg \beta_2$		X'_P	
$Y_B ctg \beta_1$		θ	
		Y'_P	

2 решение

X_B		β'_1	
Y_B		$ctg \beta'_1$	
X_C		β'_2	
Y_C		$ctg \beta'_2$	
$X_B ctg \beta'_2$		$ctg \beta'_1 + ctg \beta'_2$	
$X_C ctg \beta'_1$		K	
$Y_B ctg \beta'_2$		X''_P	
$Y_C ctg \beta'_1$		θ	
		Y''_P	

Исходные данные для определения координат пункта прямой угловой засечкой

№ вари анта	Координаты пунктов						Измеренные углы			
	А		В		С		β_1	β_2	β_1'	β_2'
	Х	У	Х	У	Х	У	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "
1	998,494	646,537	932,319	973,055	1130,844	1253,511	49 02 28	73 47 26	59 27 31	53 24 29
2	926,123	323,963	623,993	481,654	673,931	881,174	54 44 46	58 23 05	52 03 16	49 53 43
3	524,132	683,855	413,061	820,317	470,422	976,754	44 47 16	60 22 25	60 20 56	47 16 24
4	1062,736	625,785	1020,004	770,388	1121,367	888,033	50 54 53	60 44 53	62 02 26	49 07 52
5	1053,317	514,526	859,547	593,256	884,416	830,584	43 51 27	56 01 36	50 06 24	38 01 56
6	768,341	1035,067	831,415	1170,861	970,065	1134,079	62 00 39	50 07 59	49 55 32	64 44 08
7	1541,710	821,319	1386,479	738,940	1194,429	849,950	64 54 39	62 41 08	59 19 52	55 21 22
8	1126,321	853,566	982,942	948,546	1036,512	1130,790	62 17 10	55 02 22	52 06 06	57 56 51
9	845,373	1101,946	785,095	1281,708	962,323	1421,087	64 46 16	58 24 17	51 14 26	58 41 39
10	622,690	775,897	618,104	1032,402	823,537	1119,785	61 14 39	46 12 47	65 48 22	59 30 39
11	505,545	555,818	453,648	692,514	526,695	810,592	56 20 19	64 38 46	62 49 27	59 37 37
12	1011,056	628,455	943,151	794,282	1055,819	909,852	59 54 32	56 25 36	57 01 51	65 08 21
13	309,692	114,944	384,411	281,389	536,116	369,918	59 25 32	67 30 02	76 56 28	55 33 59
14	451,295	230,791	417,212	570,574	662,184	666,433	41 18 02	46 09 28	59 29 16	52 37 02
15	651,433	554,051	523,043	683,393	584,650	896,167	54 46 22	64 32 17	54 31 32	48 38 08
16	864,599	315,644	665,758	400,582	687,471	677,248	58 50 46	64 55 19	43 43 12	52 49 32
17	815,498	428,691	577,576	539,933	616,099	757,863	45 14 32	54 59 49	50 02 14	55 34 01
18	984,319	523,198	829,841	555,112	742,366	731,055	52 27 37	78 48 11	49 18 29	55 06 07
19	562,752	476,471	453,906	631,517	544,860	798,514	43 58 46	62 01 32	54 19 46	45 12 31
20	1340,026	756,196	1133,073	766,152	1017,443	962,371	52 26 12	71 07 51	52 07 52	55 32 51
21	743,795	620,237	623,721	845,311	721,372	997,381	42 14 18	49 50 47	69 22 16	53 10 18
22	1063,341	635,793	898,790	587,033	743,917	816,021	66 44 48	64 30 56	43 03 13	49 17 59

Продолжение приложения 2

№ варианта	Координаты пунктов						Измеренные углы			
	А		В		С		β_1	β_2	β_1'	β_2'
	Х	У	Х	У	Х	У	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "
23	1070,926	831,239	1091,248	1050,706	1260,137	1103,264	52 01 12	55 40 07	56 54 37	63 09 29
24	785,827	478,166	652,408	487,692	554,446	711,959	61 28 52	74 49 48	42 51 02	43 57 41
25	825,578	740,171	836,812	930,432	1021,579	1033,405	51 34 59	64 03 12	58 27 14	48 30 18
26	876,413	634,206	849,603	823,169	966,617	923,117	51 25 32	53 08 02	69 17 36	55 25 41
27	585,604	440,517	500,375	641,366	607,926	789,284	42 27 56	47 43 59	73 15 18	45 07 22
28	879,528	503,808	703,808	602,511	688,524	820,321	48 07 28	66 34 42	56 45 21	47 13 24
29	496,250	486,373	363,877	635,678	440,218	871,898	52 40 47	64 17 07	56 14 42	44 44 43
30	758,627	662,506	778,825	859,190	945,067	895,961	53 51 09	50 04 12	58 15 46	59 05 49

Определение координат пункта Р из решения обратной угловой засечки
(с использованием формулы Делаμβра)

Решение 1

Исходные данные:
координаты пунктов Т1, Т2, Т3;
измеренные углы β_1, β_2

Y_1		X_1		$(X_1 - X_3) \times \text{tg } \alpha_{Т1-Р}$		$(X_1 - X_3) \times \text{tg } \alpha_{Т3-Р}$	
Y_2		X_2		$(Y_1 - Y_3)$		$(Y_1 - Y_3)$	
Y_3		X_3					
$Y_2 - Y_1$		$X_2 - X_1$		A		B	
$Y_3 - Y_2$		$X_3 - X_2$		$X_P - X_3$		$X_P - X_1$	
$Y_1 - Y_3$		$X_1 - X_3$		X_3		X_1	
контроль				X_P		X_P	
β_1		β_2		$(X_P - X_3) \times \text{tg } \alpha_{Т3-Р}$		$(X_P - X_3) \times \text{tg } \alpha_{Т1-Р}$	
$\text{ctg } \beta_1$		$\text{ctg } \beta_2$		Y_3		Y_1	
$(Y_2 - Y_1) \times \text{ctg } \beta_1$		$(X_2 - X_1) \times \text{ctg } \beta_1$		Y_P		Y_P	
$(Y_1 - Y_3) \times \text{ctg } \beta_2$		$(X_1 - X_3) \times \text{ctg } \beta_2$		Контроль			
$(X_3 - X_2)$		$(Y_3 - Y_2)$		$Y_2 - Y_P$		Окончательные значения	
				$X_2 - X_P$			
$\text{tg } \alpha_{Т1-Р}$		$\alpha_{Р-Т1}$		$\text{tg } \alpha_{Р-Т2}$		$\alpha_{Р-Т1}$	
$\text{tg } \alpha_{Т3-Р}$		$\alpha_{Р-Т2}$		$\Gamma_{Р-Т2}$		$\alpha_{Р-Т2}$	
K		$\alpha_{Р-Т3}$		$\alpha_{Р-Т2}$		$\alpha_{Р-Т3}$	

Решение 2

Исходные данные:
 координаты пунктов Т1, Т2, Т4;
 измеренные углы β_1, β_3

45

Y_1		X_1		$(X_1-X_4) \times \text{tg } \alpha_{Т1-Р}$		$(X_1-X_4) \times \text{tg } \alpha_{Т4-Р}$	
Y_2		X_2		(Y_1-Y_4)		(Y_1-Y_4)	
Y_4		X_4					
$Y_2 - Y_1$		$X_2 - X_1$		A		B	
$Y_4 - Y_2$		$X_4 - X_2$		$X_P - X_4$		$X_P - X_1$	
$Y_1 - Y_4$		$X_1 - X_4$		X_4		X_1	
контроль				X_P		X_P	
β_1		β_3		$(X_P-X_4) \times \text{tg } \alpha_{Т4-Р}$		$(X_P-X_1) \times \text{tg } \alpha_{Т1-Р}$	
$\text{ctg } \beta_1$		$\text{ctg } \beta_3$		Y_4		Y_1	
$(Y_2-Y_1) \times \text{ctg } \beta_1$		$(X_2-X_1) \times \text{ctg } \beta_1$		Y_P		Y_P	
$(Y_1-Y_4) \times \text{ctg } \beta_3$		$(X_1-X_4) \times \text{ctg } \beta_3$		Контроль			
$(X_4 - X_2)$		$(Y_4 - Y_2)$		$Y_2 - Y_P$		Окончательные значения	
				$X_2 - X_P$			
$\text{tg } \alpha_{Т1-Р}$		$\alpha_{Р-Т1}$		$\text{tg } \alpha_{Р-Т2}$		$\alpha_{Р-Т1}$	
$\text{tg } \alpha_{Т4-Р}$		$\alpha_{Р-Т2}$		$\alpha_{Р-Т2}$		$\alpha_{Р-Т2}$	
K		$\alpha_{Р-Т4}$		$\alpha_{Р-Т2}$		$\alpha_{Р-Т4}$	

Исходные данные для определения координат пункта обратной угловой засечкой

46

№ варианта	Координаты	Координаты пунктов				Измеренные углы			Примечание
		T1	T2	T3	T4	β_1	β_2	β_3	
1	X	310,610	420,110	499,520	420,450	50°46'23"	135°36'24"	193°55'36"	
	Y	115,330	117,310	260,750	360,250				
2	X	270,900	345,200	280,200	175,800	62°25'38"	130°24'41"	187°10'38"	
	Y	186,100	300,200	410,300	420,500				
3	X	445,800	530,150	480,200	375,400	70°08'18 "	135°36'29"	190°53'26"	
	Y	260,700	365,400	475,400	485,900				
4	X	350,400	375,800	353,500	300,400	47°12'04 "	96°57'33"	149°40'46"	
	Y	480,500	525,700	574,700	595,300				
5	X	1045,200	1060,700	975,300	865,300	56°36'01"	102°25'26"	148°12'45"	
	Y	675,700	807,200	885,700	860,500				
6	X	410,300	530,600	608,100	525,800	74°25'12"	156°49'07"	214°15'04"	
	Y	528,700	505,700	630,300	718,700				
7	X	285,500	367,500	360,200	317,000	52°30'01"	116°16'39"	155°17'18"	
	Y	325,500	356,000	460,500	508,400				
8	X	240,900	290,600	202,800	79,800	68°39'07"	135°44'06"	213°32'04"	
	Y	250,600	365,300	465,900	381,800				
9	X	185,200	292,800	310,700	185,400	71°46'06"	135°15'49"	212°08'45"	
	Y	60,300	80,500	190,200	252,500				
10	X	725,800	660,500	558,100	506,900	55°14'33"	108°41'42"	142°07'33"	
	Y	456,100	540,400	508,300	458,600				
11	X	118,300	178,800	310,200	330,100	63°19'44"	146°48'05"	205°51'58"	
	Y	120,500	35,100	80,600	200,500				

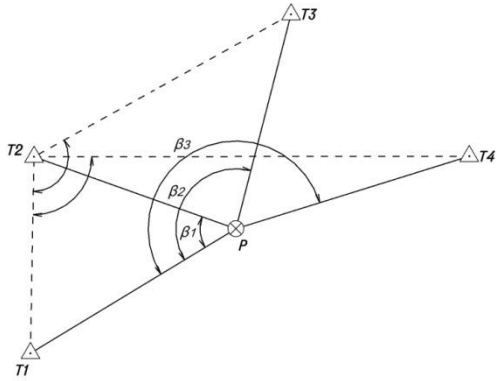
Продолжение приложения 4

№ варианта	Координаты	Координаты пунктов				Измеренные углы			Примечание
		T1	T2	T3	T4	β_1	β_2	β_3	
12	X	295,800	390,700	447,600	390,500	50°20'42"	106°46'35"	158°29'48"	
	Y	330,200	350,900	454,900	560,100				
13	X	145,100	215,300	240,200	223,900	61°10'31"	108°42'20"	137°22'13 "	
	Y	162,300	175,500	233,500	273,000				
14	X	200,200	300,500	405,600	425,900	56°59'14"	118°39'49"	156°05'34"	
	Y	125,500	80,100	115,500	185,600				
15	X	575,200	560,700	635,100	700,800	50°11'11"	101°32'23"	135°55'42"	
	Y	440,500	345,300	279,600	280,000				
16	X	225,700	185,100	210,200	292,600	52°36'03"	98°17'50"	144°28'04"	
	Y	380,400	305,300	225,400	220,800				
17	X	265,800	210,300	285,500	336,900	45°14'48"	111°23'56"	138°46'53"	
	Y	635,000	548,100	432,300	411,800				
18	X	355,900	325,200	385,900	472,200	48°58'05"	100°08'24"	154°23'13"	
	Y	415,600	330,500	265,100	251,300				
19	X	623,100	677,900	658,700	597,700	52°52'06"	116°30'50"	155°18'50"	
	Y	282,500	344,300	444,200	476,200				
20	X	127,100	135,800	203,800	265,100	50°40'12"	110°37'37"	150°02'43"	
	Y	359,500	264,800	226,500	229,900				
21	X	658,700	756,000	775,500	653,800	51°51'11"	103°53'14"	170°27'19"	
	Y	400,800	464,100	580,800	661,800				
22	X	150,700	230,200	356,900	398,100	60°21'42"	105°43'59"	143°04'49"	
	Y	313,600	176,300	198,200	285,500				
23	X	445,300	527,800	520,700	466,200	44°47'06"	105°54'47"	138°31'11 "	
	Y	276,800	320,900	444,200	472,500				
24	X	72,500	40,200	153,400	255,600	54°03'42"	110°54'35"	147°33'39"	
	Y	263,900	139,300	41,200	53,000				

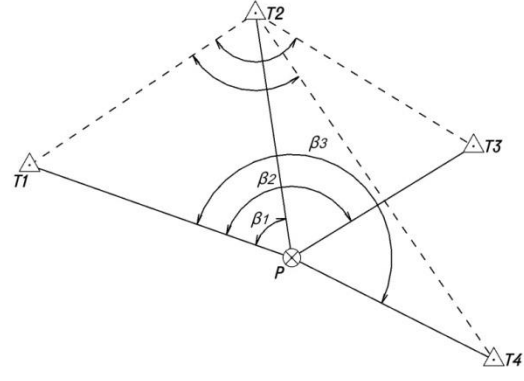
Продолжение приложения 4

№ варианта	Координаты	Координаты пунктов				Измеренные углы			Примечание
		T1	T2	T3	T4	β_1	β_2	β_3	
25	X	559,100	637,200	639,300	604,300	38°35'16"	80°42'30"	128°43'40"	
	У	159,400	202,100	291,400	360,500				
26	X	324,090	526,660	612,720	549,170	50°18'53"	102°47'17"	150°46'02"	
	У	317,380	337,950	525,720	692,160				
27	X	618,660	778,540	897,290	943,290	55°48'58"	109°15'56"	152°04'16"	
	У	496,530	423,340	538,960	670,850				
28	X	622,420	732,920	951,110	1066,530	46°30'23"	100°28'58"	152°19'38"	
	У	711,610	577,820	561,350	746,340				
29	X	138,880	373,390	481,340	493,150	51°16'52 "	107°44'05"	138°46'30"	
	У	237,470	150,350	385,920	494,350				
30	X	647,660	784,310	730,470	624,620	77°19'13"	127°30'08"	154°22'30"	
	У	516,960	702,620	884,610	927,770				

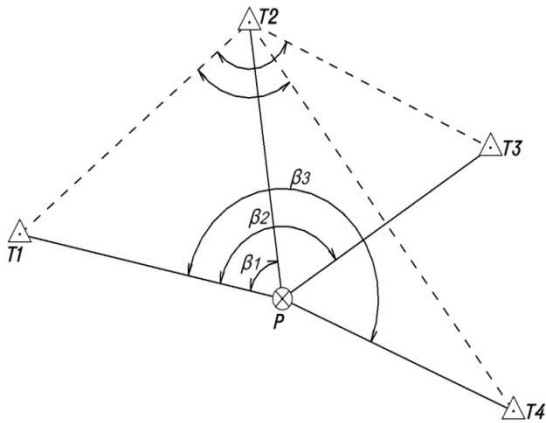
Схемы засечек к вариантам
для определения координат пункта обратной угловой засечкой



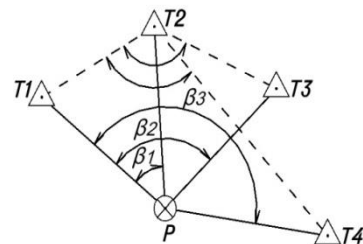
Вариант 1



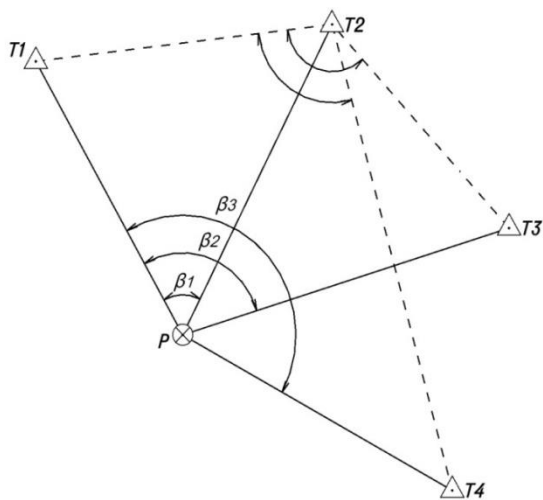
Вариант 2



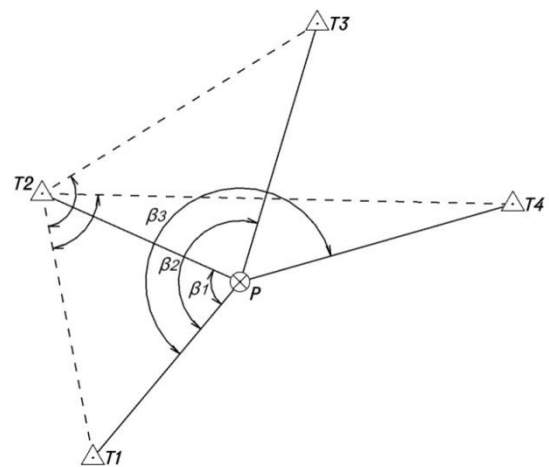
Вариант 3



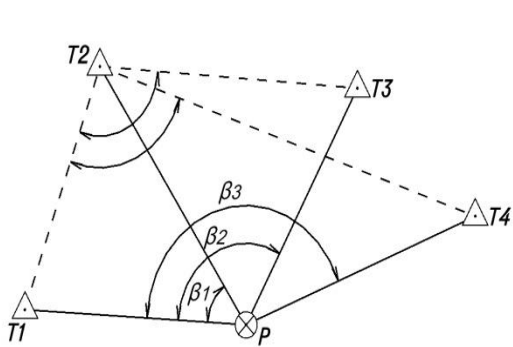
Вариант 4



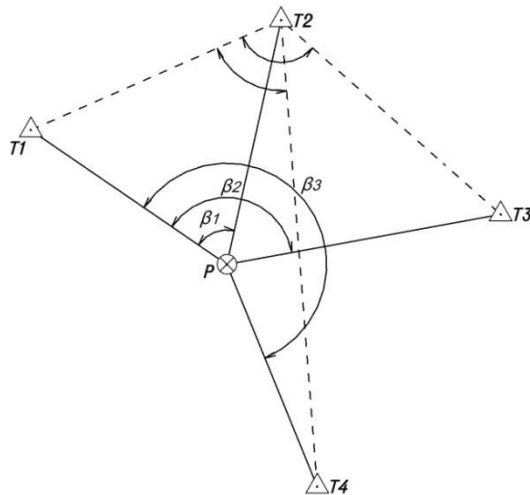
Вариант 5



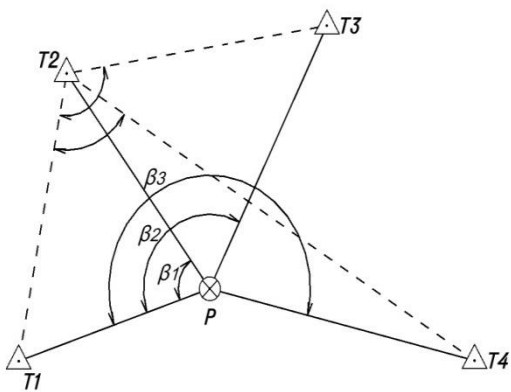
Вариант 6



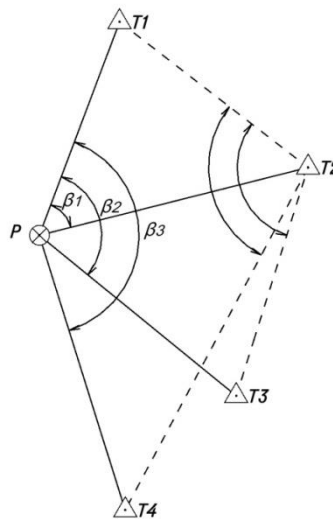
Вариант 7



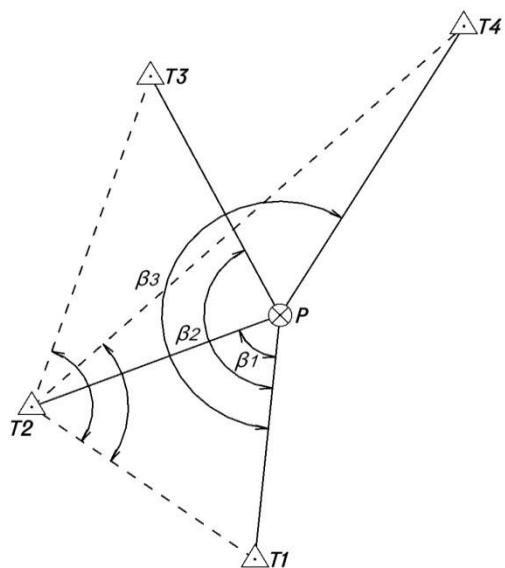
Вариант 8



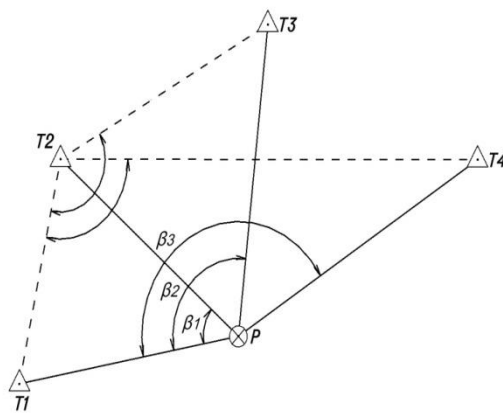
Вариант 9



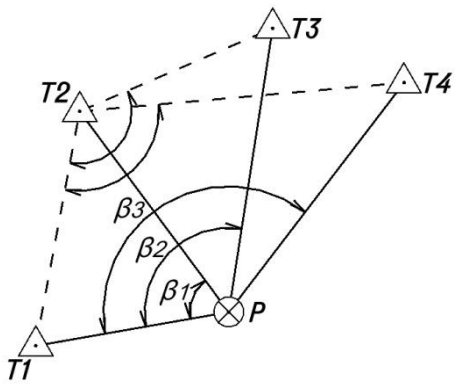
Вариант 10



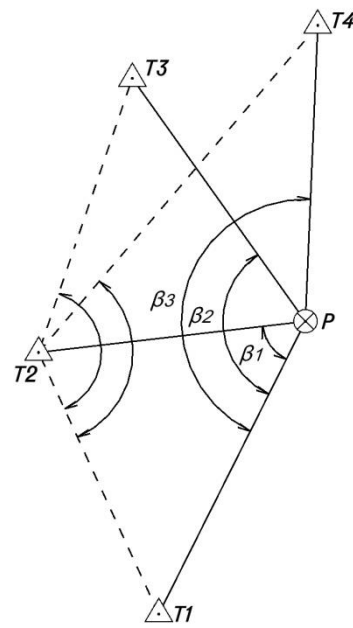
Вариант 11



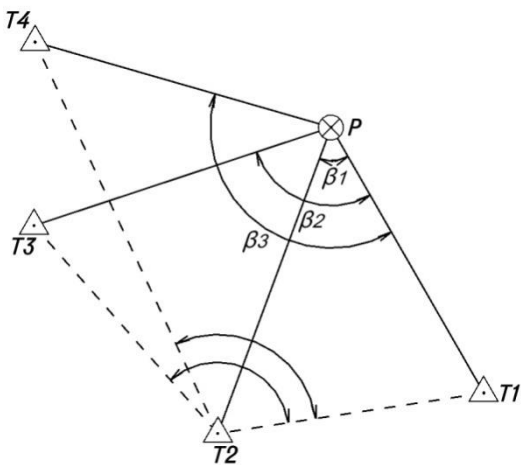
Вариант 12



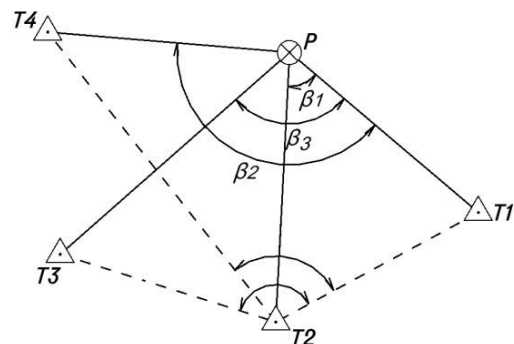
Вариант 13



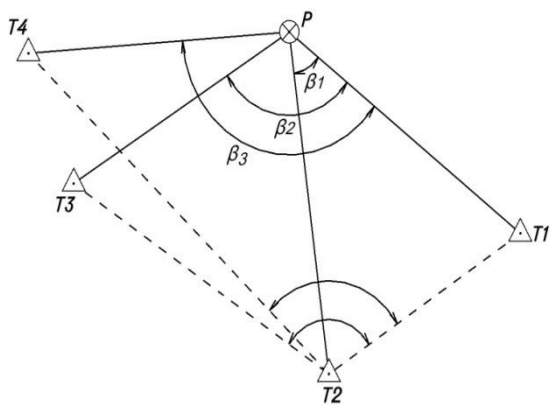
Вариант 14



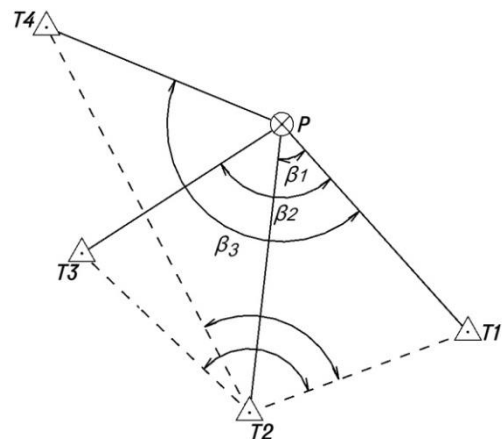
Вариант 15



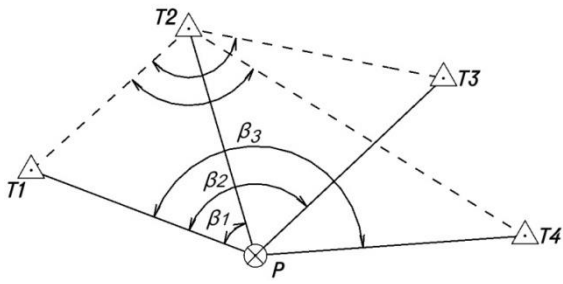
Вариант 16



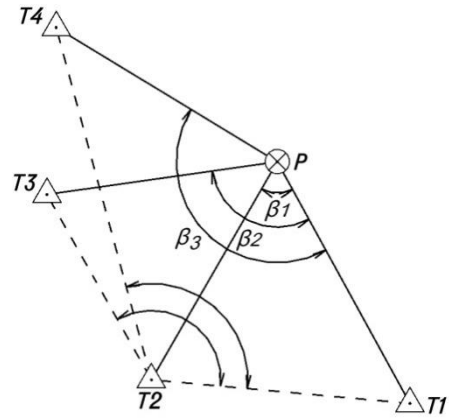
Вариант 17



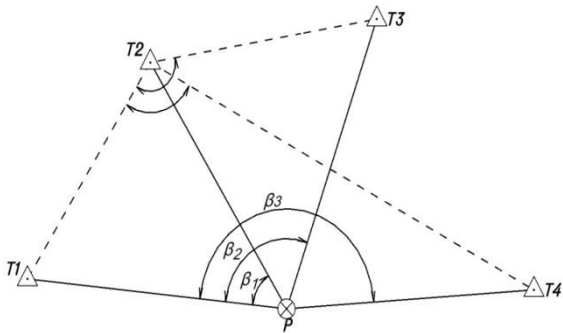
Вариант 18



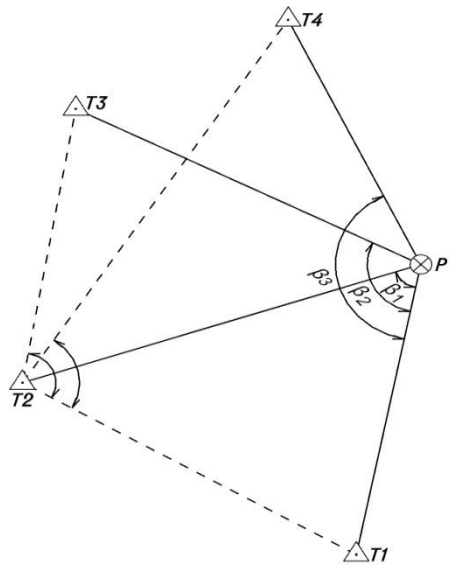
Вариант 19



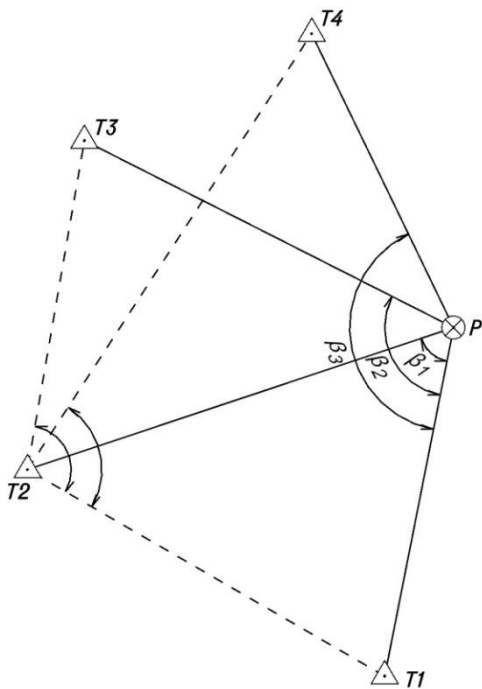
Вариант 20



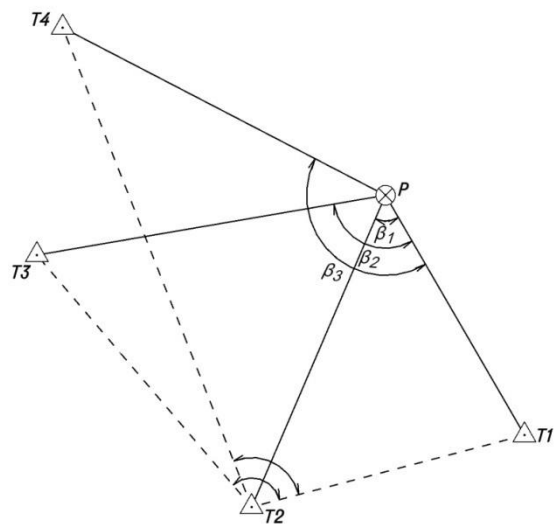
Вариант 21



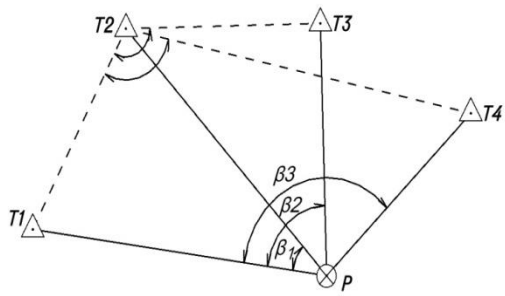
Вариант 22



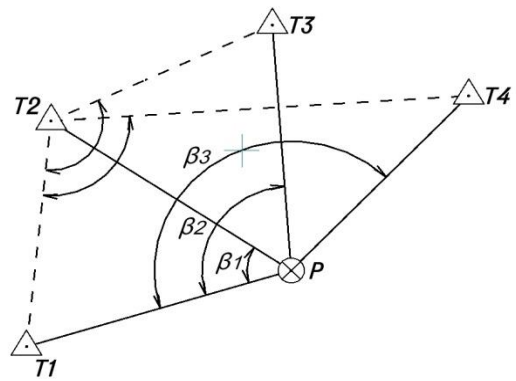
Вариант 23



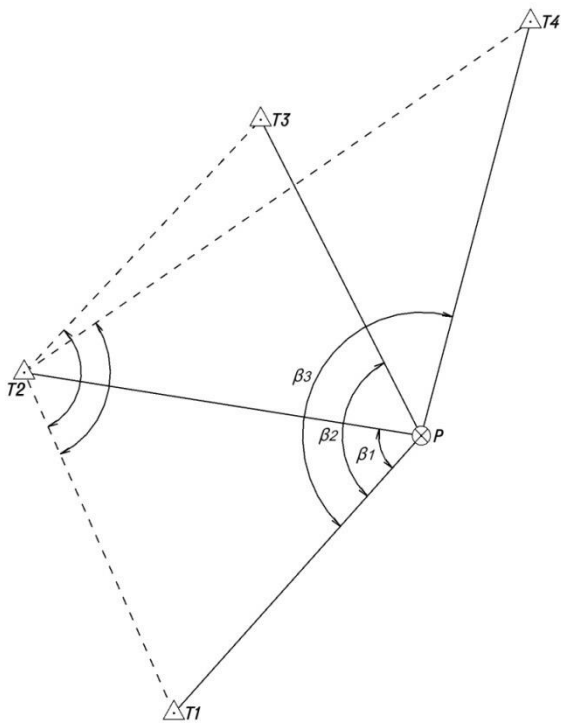
Вариант 24



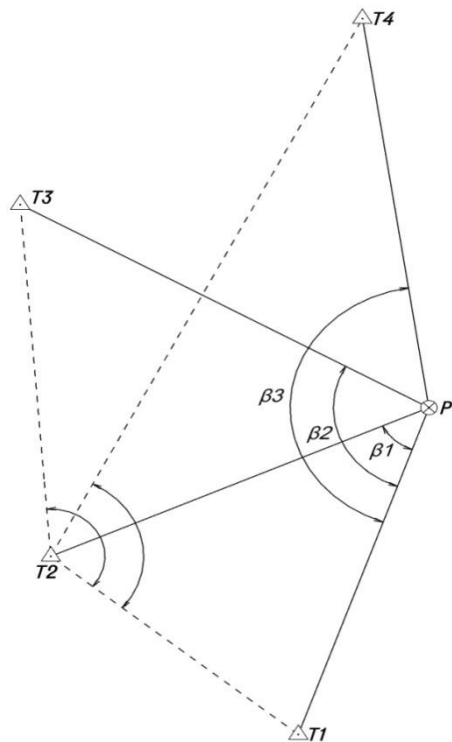
Вариант 25



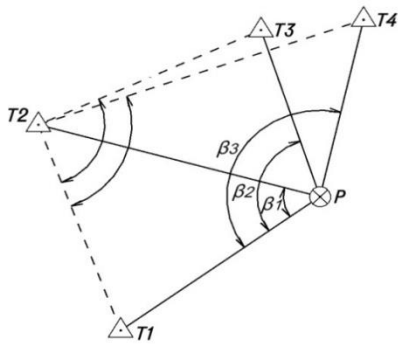
Вариант 26



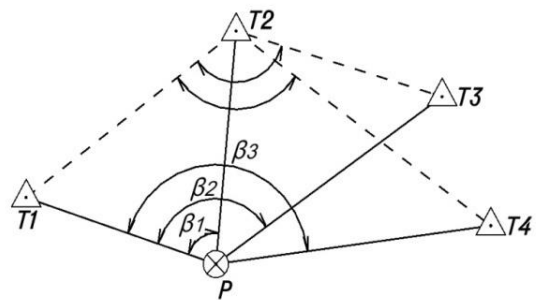
Вариант 27



Вариант 28



Вариант 29



Вариант 30

Учебное издание

Тихонова Тамара Степановна, **Ваганов** Илья Владимирович

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ
КООРДИНАТ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ**

Лабораторный практикум

Подписано в печать 10.10. 2018. Формат 60×84 ¹/₈.
Усл. печ. л. 6,63. Тираж 120 экз. Заказ № 167

ИИЦ «Прокрость»

Пермского государственного аграрно-технологического университета
имени академика Д.Н. Прянишникова,
614990, Россия, г. Пермь, ул. Петропавловская, 23 тел. (342) 217-95-42