

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина
ФАКУЛЬТЕТ АРХИТЕКТУРЫ, ДИЗАЙНА И СТРОИТЕЛЬСТВА

Кафедра «Водных ресурсов и инженерных дисциплин»

**ПОШАГОВАЯ МЕТОДИКА
ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК
ПРИ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ
ЗАМКНУТОГО ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА**

Учебно-методическое пособие

Бишкек 2021

УДК 528.023
П 66

Рецензент

Д. А. Рыспаев – канд. техн. наук, доц.

Составитель

Е. В. Зенина

Рекомендовано к изданию

кафедрой «Водные ресурсы и инженерные дисциплины» КРСУ

П 66 ПОШАГОВАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК
ПРИ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ ЗАМКНУТОГО ТЕОДО-
ЛИТНОГО ХОДА: учебно-методическое пособие / сост. Е. В. Зенина.
Бишкек: КРСУ, 2021. 16 с.: ил.

Методические указания предназначены для обеспечения онлайн обуче-
ния по дисциплине «Геодезия» и «Основы геодезии».

© ГОУВПО КРСУ, 2021

Студент группы _____ Фамилия, Имя, Отчество _____

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

| № точек | Внутренние углы, β | | Дирекционные углы | | Горизонтальное проложение, d (м) | Приращение координат | | | | | | Координаты, (м) | | | № точек | | | |
|----------|--------------------|-----------|-------------------|-----------|----------------------------------|----------------------|-----|----------------------|------------|----------------------|----------|----------------------|----------|----------------------|----------|----------------------|----------|----------|
| | ° | ' | ° | ' | | вычисленные | | | уровненные | | | + | X | + | | Y | | |
| | | | | | | Δ X | Δ Y | + | - | Δ X | Δ Y | | | | | | + | - |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 1 | | | 346 | 23 | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 2 | 84 | 36 | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 3 | 95 | 17 | | | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 4 | 79 | 26 | | | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 1 | 100 | 41 | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 360 | 00 | | | P = | | | | | | | | | | | | | |
| | 359 | 60 | | | | + | | + | | + | | + | | | | | | |
| | | | | | | - | | - | | - | | - | | | | | | |
| | | | | | | f_x | | f_y | | f_x | 0 | f_y | 0 | f_x | 0 | f_y | 0 | |

Шаг 2. Определение исходного дирекционного угла линии 1-2.

На картинке через точку «1» провести линию осевого меридиана. Измерить дирекционный угол линии 1-2, градусы точно, минуты на «глазок». Заполнить столбик «4» и «5». Столбик «4» градусы, соответственно «5» минуты, по строке напротив точки «1». Смотрите рисунок 1 (приложения).

Студент группы _____ Фамилия, Имя, Отчество _____

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

| № точек | Внутренние углы, β | | Дирекционные углы | | Горизонтальное проложение, d (м) | Приращение координат | | | | | | | | Координаты, (м) | | | | № точек | |
|---------|--------------------------|----|-------------------|----|------------------------------------|----------------------|-------|------------|-------|----|-------|----|-------|-----------------|-------|----|-------|---------|----|
| | о | ' | о | ' | | вычисленные | | уравненные | | + | - | + | - | + | - | + | - | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 1 | | | 346 | 23 | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 2 | 84 | 36 | 81 | 47 | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 3 | 95 | 17 | 166 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 4 | 79 | 26 | 267 | 04 | | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 1 | 100 | 41 | 346 | 23 | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 360 | 00 | | | $P =$ | | | | | | | | | | | | | | |
| | 359 | 60 | | | | | + | | + | | + | | + | | | | | | |
| | | | | | | | - | | - | | - | | - | | | | | | |
| | | | | | | | f_x | | f_y | | f_x | 0 | f_y | 0 | f_x | 0 | f_y | 0 | |

Шаг 3. Расчет дирекционных углов линий «2-3», «3-4», «4-1», «1-2».

Дирекционные углы линий «2-3», «3-4», «4-1», «1-2» определяются через формулы взаимосвязи между горизонтальными и дирекционными углами.

$\alpha_{2,3} = \alpha_{1,2} + 180^{\circ}00' - \beta_2 = 346^{\circ}23' + 180^{\circ}00' - 84^{\circ}36' = 81^{\circ}47'$ (по расчетам получилось $441^{\circ}47'$, полный круг всего 360° , соответственно разность равно $81^{\circ}47'$)

$$\alpha_{3,4} = \alpha_{2,3} + 180^{\circ}00' - \beta_3 = 81^{\circ}47' + 180^{\circ}00' - 95^{\circ}17' = 166^{\circ}30'$$

$$\alpha_{4,1} = \alpha_{3,4} + 180^{\circ}00' - \beta_4 = 166^{\circ}30' + 180^{\circ}00' - 79^{\circ}26' = 267^{\circ}04'$$

$$\alpha_{1,2} = \alpha_{4,1} + 180^{\circ}00' - \beta_1 = 267^{\circ}04' + 180^{\circ}00' - 100^{\circ}41' = 346^{\circ}23'$$

$\alpha_{1,2} = 346^{\circ}23'$ со второго шага.

Проверка правильности расчетов заключается в следующем: с чего начинали $\alpha_{1,2} = 346^{\circ}23'$, по последней формуле к тому же и пришли.

$$\alpha_{1,2} = \alpha_{4,1} + 180^{\circ}00' - \beta_1 = 267^{\circ}04' + 180^{\circ}00' - 100^{\circ}41' = 346^{\circ}23'$$

После расчетов заполняем таблицу оставшиеся строки по столбикам «4» и «5».

Студент группы _____ Фамилия, Имя, Отчество _____

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ГЕОДОЛИТНОГО ХОДА

| № точек | Внутренние углы, β | | Дирекционные углы | | Горизонтальное проложение, d (м) | Приращение координат | | | | | | Координаты, (м) | | | № точек | | | |
|----------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|------------------------------------|----------------------|---|------------|------------|-------|----------|-----------------|------------|-------|----------|-------|----------|----------|
| | ° | ' | ° | ' | | вычисленные | | уравненные | | + | - | X | + | - | | Y | | |
| | | | | | | + | - | ΔX | ΔY | + | - | ΔX | ΔY | + | - | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 1 | | | 346 | 23 | 5964 | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 2 | 84 | 36 | 81 | 47 | 7476 | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 3 | 95 | 17 | 166 | 30 | 6600 | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 4 | 79 | 26 | 267 | 04 | 7554 | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 1 | 100 | 41 | 346 | 23 | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 360 | 00 | | | $P = 27594$ | | | | | | | | | | | | | |
| | 359 | 60 | | | | + | | + | | + | | + | | | | | | |
| | | | | | | - | | - | | - | | - | | | | | | |
| | | | | | | f_x | | f_y | | f_x | 0 | f_y | 0 | f_x | 0 | f_y | 0 | |

Шаг 4. Определение горизонтального проложения (расстояний) между точками.

Назначить масштаб (от 40000 до 70000). Мой пример 1:42000. Определить расстояние между точками (горизонтальное проложение) и заполнить столбик b таблицы. (У меня между точками «1-2» 14,2 см, умножаю на 420 получаю ответ 5964 м). Посчитать общую сумму расстояний $P =$ (мой пример 27594 м).

Смотрите рисунок 1 (приложения).

Студент группы _____ Фамилия, Имя, Отчество _____

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

| № точек | Внутренние углы, β | | Дирекционные углы | | Горизонтальное проложение, d (м) | Приращение координат | | | | | | Координаты, (м) | | | № точек | | | |
|----------|--------------------------|-----------|-------------------|-----------|------------------------------------|----------------------|------------|---------|------------|-------|------------|-----------------|----|----|---------|----|----|----------|
| | ° | ' | ° | ' | | вычисленные | | | уровненные | | | + | X | + | | Y | | |
| | | | | | | ΔX | ΔY | + | ΔX | - | ΔY | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 1 | | | 346 | 23 | 5964 | + | 5796,29 | - | 1404,41 | | | | | | | | | 1 |
| 2 | 84 | 36 | 81 | 47 | 7476 | + | 1017,20 | + | 7406,48 | | | | | | | | | 2 |
| 3 | 95 | 17 | 166 | 30 | 6600 | - | 6418,47 | + | 1540,73 | | | | | | | | | 3 |
| 4 | 79 | 26 | 267 | 04 | 7554 | - | 386,07 | - | 7543,9 | | | | | | | | | 4 |
| 1 | 100 | 41 | 346 | 23 | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 360 | 00 | | | $P = 27594$ | | | | | | | | | | | | | |
| | 359 | 60 | | | | + | 6813,49 | + | 8947,21 | + | | + | | | | | | |
| | | | | | | - | 6804,54 | - | 8948,31 | - | | - | | | | | | |
| | | | | | | $f_x =$ | +8,95 | $f_y =$ | -1,1 | f_x | 0 | f_y | 0 | | | | | |

Шаг 5. Расчет приращения координат вычисленных.

Расчет приращения координат вычисленных (столбики 7–10) производится по формулам: $\Delta X = d \times \cos \alpha$, $\Delta Y = d \times \sin \alpha$, где d – горизонтальное проложение в метрах, α – дирекционный угол между точками. (Все значения определены в 3–4 шагах).

Для того чтобы посчитать косинус и синус дирекционных углов, необходим инженерный калькулятор, в силу его отсутствия методика определения следующая: $100/60 = 1,66667$ коэффициент перевода минут дирекционного угла, для определения \cos и \sin , с помощью калькулятора, который есть в смартфонах.

| № точки | d (м) | cos α | sin α | ΔX | ΔY |
|---------|-------|----------------------|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 5964 | cos 346,38=0,9718788 | sin 346,38=-0,235481 | +5796,29 записываем в таблицу | -1404,41 записываем в таблицу |
| 2 | 7476 | cos 82,18 | sin 82,18 | | |
| 3 | 6600 | cos 166,5 | sin 166,5 | | |
| 4 | 7554 | cos 267,07 | sin 267,07 | | |

Мой $\alpha_{1,2} = 346^\circ 23'$. Умножаю $23'$ на $1,66667 = 38'$

На смартфоне открываю калькулятор с тригонометрическими функциями, набираю $346,38$ и кнопку \cos , получаю ответ $0,9718788$, тоже проделать надо, только через функцию $\sin = -0,235481$. После запятой надо оставлять как можно больше знаков, точность расчетов будет вернее. Значения ΔX и ΔY необходимо округлить до сотых.

$\alpha_{2,3} = 81^\circ 47'$. Умножаю $47'$ на $1,66667 = 78 - 60 = 18$, и записываю для линии 2-3 значение $82,18$.

Для остальных направлений методика аналогичная.

Невязки приращения координат $f_x = \sum \Delta X$, $f_y = \sum \Delta Y$

Для определения f_x необходимо сложить положительные и отрицательные значения и рассчитать разницу между ними, в моем примере: $+5796,29 + 1017,20 = +6813,49$

$-6418,47, 01 - 386,07 = -6804,04$

$f_x = +6813,49 - 6804,04 = +8,95$

Для определения f_y действия аналогичные, необходимо сложить положительные и отрицательные значения и рассчитать разницу между ними, в моем примере: $+7406,48 + 1540,73 = 8947,21$; $-1404,41 - 7543,9 = -8948,31$

$f_y = +8947,21 - 8948,31 = -1,1$

Необходимо проверить следующее условие: $\frac{fp}{P} < \frac{1}{2000}$, где $fp = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$ значение абсолютной линейной невязки

$$fp = \sqrt{8,95^2 + 1,1^2} = \sqrt{81,31} = 9,02, \quad \frac{9,02}{27594} = \frac{1}{3059} < \frac{1}{2000} \text{ условие... выполнено}$$

Студент группы _____ Фамилия, Имя, Отчество _____

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

| № точек | Внутренние углы, β | | Дирекционные углы | | Горизонтальное проложение, d (м) | Приращение координат | | | | | | | | Координаты, (м) | | | | № точек | | | | |
|----------|--------------------------|-----------|-------------------|----|------------------------------------|----------------------|--------------|---------|-------|------------|----------|------------|------------|-----------------|---|----|----|---------|----|----|----------|--|
| | ° | ' | ° | ' | | вычисленные | | | | уровненные | | | | + | - | X | Y | | | | | |
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | ΔX | ΔY | + | - | + | - | ΔX | ΔY | + | - | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | | |
| 1 | | | | | | 5796,29 | - | 1404,41 | + | 5794,05 | - | 1403,31 | | | | | | | | | 1 | |
| 2 | 84 | 36 | 81 | 47 | 7476 | 1017,20 | + | 7406,48 | + | 1014,96 | + | 7406,48 | | | | | | | | | 2 | |
| 3 | 95 | 17 | 166 | 30 | 6600 | 6418,47 | + | 1540,73 | - | 6420,71 | + | 1540,73 | | | | | | | | | 3 | |
| 4 | 79 | 26 | 267 | 04 | 7554 | 386,07 | - | 7543,9 | - | 388,3 | - | 7543,9 | | | | | | | | | 4 | |
| 1 | 100 | 41 | 346 | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| | 360 | 00 | | | $P = 27594$ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 359 | 60 | | | | 6813,49 | + | 8947,21 | + | 6809,01 | + | 8947,21 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 6804,54 | - | 8948,31 | - | 6809,01 | - | 8947,21 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | $f_x = +8,95$ | $f_y = -1,1$ | f_x | f_y | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | |

Шаг 6. Расчет приращения координат уравненных.

Расчет приращения координат уравненных (столбики 11–14). Столбики 11 и 13, такие же как столбики 7 и 9 (отражают + или – значения), в 11 переписываем с 7 и соответственно в 13 с 9.

Смысл уравнения координат заключается в приведении f_x и f_y к нулевым значениям. Заключается в следующем (пример для f_x): полученное значение $f_x = -8,95$ надо разделить на 4 точки с обратным знаком. $8,95/4 = 2,24$ (на три точки по 2,24, на последнюю 2,23, так чтобы общая сумма была равна 8,95).

| | | | | |
|-------|---------|-------|---------|---------|
| + | 5796,29 | -2,24 | + | 5794,05 |
| + | 1017,20 | -2,24 | + | 1014,96 |
| - | 6418,47 | -2,24 | - | 6420,71 |
| - | 386,07 | -2,23 | - | 388,3 |
| + | 6813,49 | | + | 6809,01 |
| - | 7011,03 | | - | 6809,01 |
| f_x | +8,95 | +8,95 | $f_x =$ | 0 |

Аналогичным способом определяем для f_y

Если значение «маленькое», как в настоящем примере ($f_y = -1,1$), достаточно невязку распределить на одну вершину.

Шаг 7. Определение координат точек (столбики 15–18).
Координату первой точки я задаю. (**У** всех одинаковые)

| + | X | + | У |
|----|------|----|------|
| - | | - | |
| 15 | 16 | 17 | 18 |
| + | 1000 | + | 1000 |

Далее пример показываю только для «Х»

Точка 2 = точка 1 + (см. столбик 12) = +1000 + 5794,05 = +6794,05

Точка 3 = точка 2 + (см. столбик 12) = +6794,05 + 1014,96 = +7809,01

Точка 4 = точка 3 - (см. столбик 12) = +7809,01 - 6420,71 = +1388,3

Точка 1 = точка 4 - (см. столбик 12) = +1388,3 - 388,3 = +1000

Знаки плюс или минус у каждого свои, зависят от приращения координат уравненных.

С чего начинали +1000 к тому и пришли +1000

Аналогичным способом определяем для «У».

Шаг 8. Построение тахеометрического плана геодезического хода.

а) Через точку 1 провести горизонтальные и вертикальные линии, разбить на сетку квадратов, подписать направление осей Х и У (в моем примере квадраты 5×5 см, Вы можете вычертить $2 \times 2, 3 \times 3, \dots, 10 \times 10$ см, как Вам удобно, согласно Вашему рисунку). **Смотрите рисунок 2 (приложение).**

б) Подписать координаты точки 1 (у нас у Всех одинаковые). Подписываем согласно масштабу каждый квадрат по оси Х и по оси У. В моем примере сетка квадратов 5×5 см, масштаб 1 см – 420 м, $5 \times 420 = 2100$. И соответственно от точки 1 вправо значение по оси У получилось $+3100 (1000+2100)$, влево $-1100 (1000-2100)$, по оси Х значения только положительные (это мой пример). **Смотрите рисунок 2 (приложение).**

в) Вынос координат точек 2, 3, 4. Описание даю только по точке 2. Провела через точку 2 пунктирные красные линии до оси Х и У. Отмерила по оси У расстояние от +1000, оно составило 3,341214 см, умножаю на 420 (мой масштаб) и получаю ответ 1403,31, минус 1000, координата точки 2 по У получилась -403,31 м. (В таблице такая же цифра). Отмерила по оси Х расстояние от +5200, оно составило 3,79535 см, умножаю на 420 (мой масштаб) и получаю ответ 1594,05,48, плюс 5200, координата точки 2 по Х получилась +6794,05 м. (В таблице такая же цифра). **Смотрите рисунок 2 (приложение).**

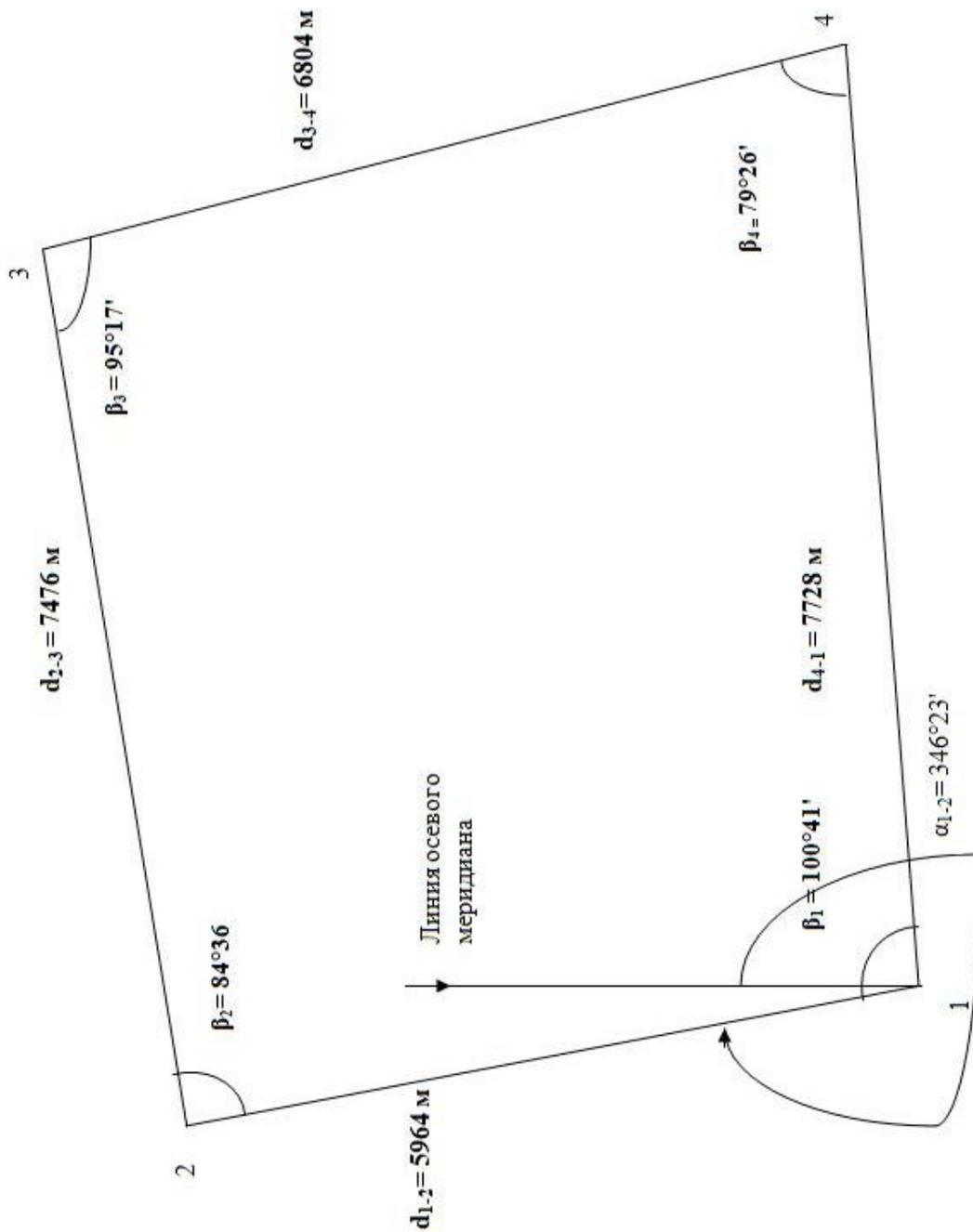


Рис. 1. (М 1:42000)

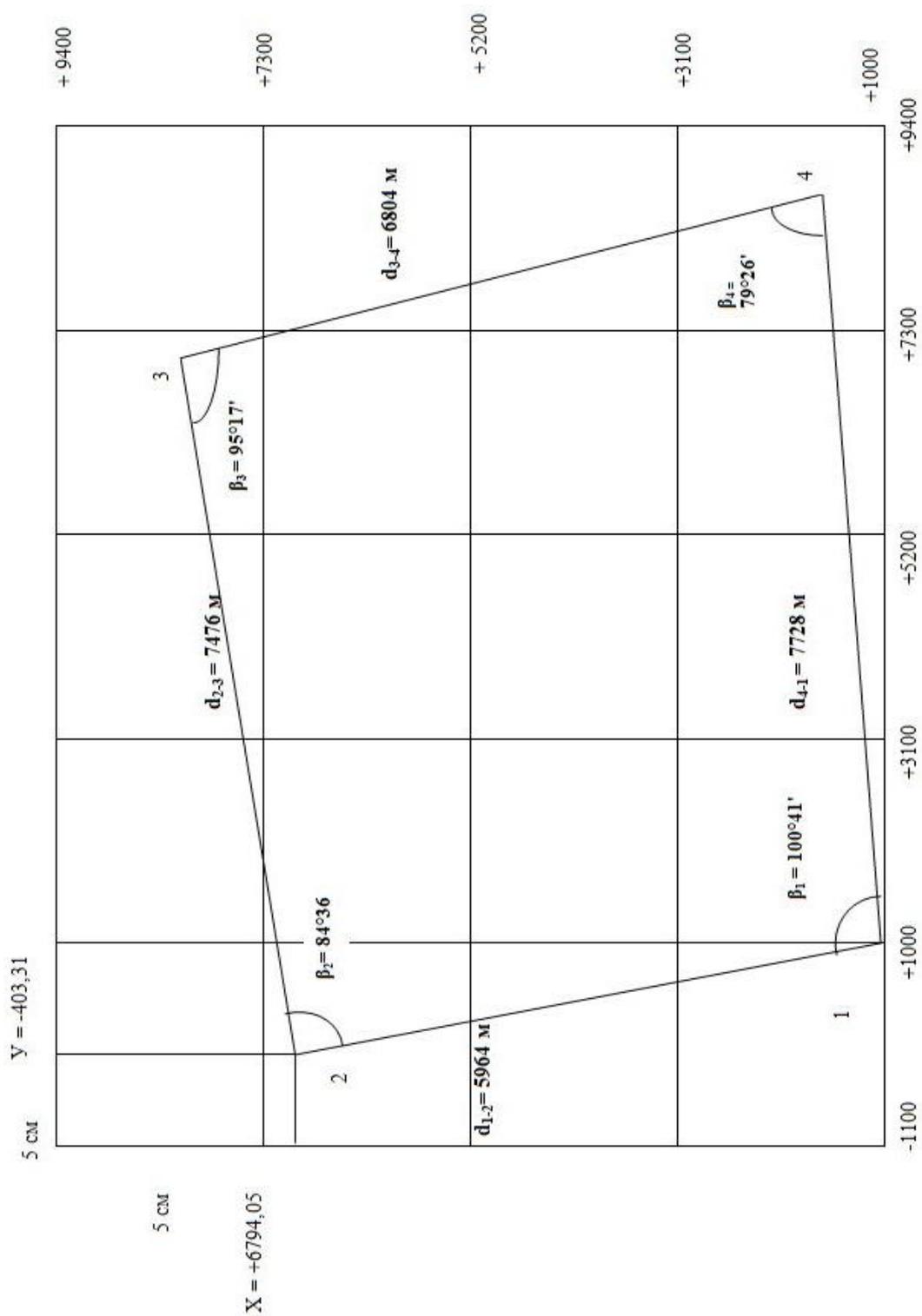


Рис. 2. (М 1:42000)

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Шаг 1. Определение внутренних углов замкнутого теодолитного хода | 3 |
| Шаг 2. Определение исходного дирекционного угла линии 1–2 | 4 |
| Шаг 3. Расчет дирекционных углов линий «2–3», «3–4», «4–1», «1–2» | 6 |
| Шаг 4. Определение горизонтального проложения (расстояний) между точками | 7 |
| Шаг 5. Расчет приращения координат вычисленных | 8 |
| Шаг 6. Расчет приращения координат уравненных | 11 |
| Шаг 7. Определение координат точек | 13 |
| Шаг 8. Построение тахеометрического плана теодолитного хода | 13 |
| Приложения | 14 |

Составитель

Е. В. Зенина

ПОШАГОВАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК ПРИ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ ЗАМКНУТОГО ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

Учебно-методическое пособие

Редактор *Е. С. Свиридова*

Компьютерная верстка – *Э. А. Галяутдинова*

Подписано в печать 22.04.2021.

Формат 60x84¹/₈. Офсетная печать.

Объем 2,0 п. л. Тираж 100 экз. Заказ 130

Отпечатано в типографии КРСУ
720048, г. Бишкек, ул. Анкара, д. 2а