

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт Горного дела и строительства
Кафедра Геоинженерии и кадастра

Утверждено на заседании кафедры
«Геоинженерии и кадастра»
«09» июня 2022г., протокол №4

Заведующий кафедрой



И.А. Басова

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению курсовой работы
по дисциплине (модулю)
«Геодезия»**

«Исследование теории математической обработки геодезических измерений»

**основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы бакалавриата**

по направлению подготовки
21.03.02 Землеустройство и кадастры

с направленностью (профилем)
Кадастр недвижимости

Форма(ы) обучения: очная, заочная

Идентификационный номер образовательной программы: **210302-02-22**

Тула 2022 год

Разработчик(и) методических указаний

Басова И.А. профессор, д.т.н.
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

1. Цель и задачи выполнения курсовой работы.

Цель овладеть методикой уравнительных вычислений геодезических построений строгим способом;

– закрепить навыки по оценке точности геодезических измерений и уравновешенных элементов.

Задачи:

1. Выполнить оценку точности измеренного угла (задание 1).
2. Оценить точность определения коэффициента дальномера зрительной трубы теодолита с внутренней фокусировкой (задание 2).
3. Выполнить оценку ряда измеренных горизонтальных углов (задание 3).
4. Уравновесить по способу косвенных измерений результаты нивелирования системы ходов (задание 4).

2. Основные требования к курсовой работе.

2.1. Тематика курсовой работы – «Исследование теории математической обработки геодезических измерений».

2.2. Исходные данные к курсовой работе.

Курсовая работа состоит в решении 3-х задач по оценке точности геодезических измерений и уравнивании системы нивелирных ходов строгим способом.

2.3. Задание на курсовую работу.

Задание 1.

1. Определить среднюю квадратическую ошибку угла, измеренного одним полным приемом при помощи теодолита Т-30, учитывая ошибку m_0 отсчета по микроскопу при двух наведениях t , визирования m_v и за внецентричность теодолита m_c и вех, если $m_c = m_v = 15'' + i''$, $v = 20^x$. Принять i равным двум последним цифрам шифра или номера зачетной книжки в секундах.

Задание 2. Оценить точность определения коэффициента дальномера зрительной трубы C , если измерено горизонтальное расстояние от оси вращения трубы до рейки $s \pm m_s$ и определен отрезок l рейки между дальномерными нитями сетки с ошибкой m_l . Ошибкой в определении слагаемого дальномера можно пренебречь. Принять $s = 147,83 \text{ м} \pm i$ (см), $m_s = \pm 0,070 \text{ м} \pm (0,000 + i)$ (м); $l = 1,48 \text{ м}$, $m_l = \pm 0,0050 \text{ м}$. Принять i равным двум последним цифрам шифра или номера зачетной книжки.

Задание 3. По результатам измерения угла найти вероятнейшее значение угла, средние квадратические ошибки одного измерения и арифметической середины, вероятную ошибку, среднюю ошибку, предельную. Изменить третью, пятую, десятую ошибку по правилу $m \pm 0, i''$ (таблица 1).

Таблица 1- исходные данные

| Значения углов | | | | | | | | | | | |
|------------------|---------------------|---------------------|------------------|---------------------|------------------|---------------------|------------------|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 69° 44' 15",5 | 69° 44' 16",4 | 69° 44' 15",6 | 69° 44' 17",0 | 69° 44' 16",3 | 69° 44' 18",7 | 69° 44' 17",3 | 69° 44' 17",5 | 69° 44' 17",1 | 69° 44' 15",7 | 69° 44' 17",0 | 69° 44' 15",3 |

Задание 4. Уравновесить по способу косвенных измерений результаты нивелирования системы ходов (рисунок 1, таблица 2). Вычислить среднюю квадратическую ошибку нивелирования на 1 км хода и произвести оценку точности определения отметок узловых реперов и разности уравновешенных отметок НЕ-НС методом весовых коэффициентов по Ганзену. Исходные отметки изменить по правилу $H \pm 0.00(i/3)m$, где i – номер по журналу (таблица 3).

Таблица 2- исходные полевые измерения

| № ходов | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Превышения h, m | +3,436 | +4,242 | +4,176 | +3,506 | +2,819 | -4,866 | +0,744 | -1,366 |
| Длины ходов L, km | 8,4 | 7,1 | 3,8 | 4,3 | 6,5 | 2,7 | 5,2 | 3,1 |

Таблица 3- исходные отметки

| № марок | Отметки H, m |
|---------|----------------|
| A | 134,836 |
| B | 142,512 |

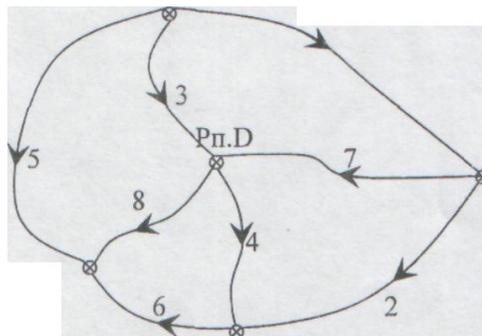


Рисунок 1- Схема нивелирных ходов

2.4. Объем курсовой работы. Курсовая работа состоит из вычислительной части и теоретического пояснения выполняемых действий по расчетам. Общий объем работы составляет порядка 20 страниц формата А4.

2.5. Работа над курсовой работой. Курсовая работа выполняется в третьем семестре самостоятельно в объеме 20 часов трудоемкости.

2.6. Защита курсовой работы

Защита курсовой работы выполняется в установленное время на комиссии кафедры, утвержденной приказом ректора, и состоящей из трех человек: председателя и двух членов комиссии. На защиту допускаются работы, при наличии внешней рецензии (может дать преподаватель кафедры, не ведущий этот предмет). Оценка по защите над курсовой работой складывается из 100 баллов и состоит из четырех составляющих: уровень защиты (max 40), оценке по качеству выполнения (max 35), оценке рецензента (max 5), качество сделанного доклада на защите (max 20). Минимальная положительная оценка составляет 40 баллов.

3. Методические указания к работе над курсовой работой.

3.1. План построения и содержание разделов пояснительной записки к курсовой работе.

Курсовая работа состоит из титульного листа, введения, четырех разделов согласно заданиям, списка литературы. Титульный лист оформляется в соответствии с рисунком 2. Во введении указываются основные задачи теории математической обработки геодезических измерений. Описываются правила индивидуализации заданий. Приводятся их значения. В каждом разделе указываются все формулы, необходимые для расчета, даются пояснения всех составляющих формул. При необходимости выполняются контрольные вычисления на различных этапах решения задачи.

| |
|--|
| <p>Министерство образования и науки РФ</p> <p>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тульский государственный университет»</p> <p>Кафедра Геоинженерии и кадастра</p> <p>МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «Исследование теории математической обработки геодезических измерений»</p> <p>по дисциплине</p> <p>ГЕОДЕЗИЯ</p> <p>Направление подготовки: 21.03.02 Землеустройство и кадастры Профиль подготовки: Кадастр недвижимости Квалификация выпускника: бакалавр</p> |
|--|

Рисунок 2- образец титульного листа

3.2. Методические указания по выполнению отдельных разделов курсовой работы.

Раздел 1. При решении первого задания можно исходить из практического примера.

Например, если $i=7$ в соответствии с условием задачи меняем значение $m_c = m_r$, по правилу:
 $m_c = m_r = 15'' + i''$

$$m_c = m_r = 15'' + 7'' = 22''$$

Найдём ошибки от отдельных источников ошибок. Средняя квадратическая ошибка среднего из отсчётов по двум верньерам:

$$m_o = \pm \frac{t}{2\sqrt{2}} = \pm \frac{30''}{2\sqrt{2}} \approx 10,6''$$

Средняя квадратическая ошибка визирования трубой теодолита:

$$m_v = \pm \frac{1 \cdot 30''}{3v} = \pm \frac{10''}{v} = \pm 0'',5$$

Суммарная ошибка измеренного одним полуприёмом направления найдётся по формуле

$$m_\mu^2 = m_o^2 + m_v^2 + m_c^2 + m_r^2 = 10,6^2 + 0,5^2 + 22,0^2 + 22,0^2 = 1080,61$$

$$m_\mu \approx \pm 32,87''$$

Угол есть разность двух направлений, следовательно,

$$m_{\text{угла}} = m_\mu \sqrt{2}$$

Для среднего значения угла, полученного из двух полуприёмов:

$$m_\beta = \frac{m_\mu \sqrt{2}}{\sqrt{2}} = m_\mu = \pm 32,87''$$

Ответ: $m_\beta = \pm 32,87''$

Раздел 2. При решении второго задания можно исходить из практического примера.

В соответствии с условием задачи меняем значения: $s = 147,83 \text{ м} \pm i$
(см) = 147,9 м

$$m_s = \pm 0,070 \text{ м} \pm (0,000 + i) \text{ (м)} = \pm 0,077 \text{ м}$$

Логарифмируя функцию $C = \frac{s}{l}$, получаем

$$\lg C = \lg s - \lg l$$

Коэффициент дальномера C будет получен с некоторой ошибкой, вследствие ошибок измерений величин s и l . Эти ошибки вызовут соответствующие ошибки в логарифмах величин s , l , и C , которые обозначим $m_{\lg s}$, $m_{\lg l}$

и $m_{\lg C}$

$$m_{\lg C}^2 = m_{\lg s}^2 + m_{\lg l}^2$$

Значение $m_{\lg s}$ и $m_{\lg l}$ найдем по табличным разностям логарифмов

$$\left. \begin{array}{l} \lg 147,90 = 2.16997 \\ \lg 147,91 = 2.17000 \end{array} \right\} \text{Табличная разность равна } 3$$

При изменении s на 0,01 м логарифм s изменяется на 3 единицы последнего знака. При изменении же s на величину $m_s = \pm 0,077$ м логарифм s изменится на величину, приблизительно в 7,7 раз большую, то есть $m_{\lg s} = \pm 23,1$ единицам

5-го знака логарифма.

Аналогично находим

$$\left. \begin{array}{l} \lg 1,480 = 0.17026 \\ \lg 1,481 = 0.17056 \end{array} \right\} \text{Табличная разность равна } 30$$

Здесь при изменении l на 0,001 м логарифм l изменяется на 30 единиц 5-го знака, а так как $m_l = \pm 0.0050$ м, то $m_{\lg l} = \pm 150$ единицам 5-го знака логарифма. Далее

$$m_{\lg C}^2 = m_{\lg s}^2 + m_{\lg l}^2 = (23,1)^2 + (150)^2 = 23033,61$$

$$m_{\lg C} = 151,77$$

$$\lg C = \lg s - \lg l = 2.16997 - 0.17026 = 1,99971$$

$$C = 99,93$$

$\left. \begin{array}{l} \lg 99,93 = 1,99970 \\ \lg 100,03 = 2,00013 \end{array} \right\}$ табличная разность равна 43

При изменении C на 0,1 логарифм его изменяется на 43 единицы 5-го знака логарифма. Составим пропорцию 0,1: $m_c = 43 : 151,77$, откуда

$$m_c = \pm \frac{15,2}{43} = \pm 0,35.$$

Ответ: $C = 99,93 \pm 0,35$.

Раздел 3. При решении третьего задания можно исходить из практического примера.

В соответствии с условием задачи меняем III, V и X ошибку по правилу $m \pm 0, i''$, где $i=7$ (таблица 3).

Таблица 2- измененные данные

| Значения углов | | | | | | | | | | | |
|------------------|---------------------|--|------------------|--|------------------|---------------------|------------------|------------------|--|---------------------|---------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 69° 44' 15",5 | 69° 44' 16",4 | 69° 44' 16",3 | 69° 44' 17",0 | 69° 44' 15",6 | 69° 44' 18",7 | 69° 44' 17",3 | 69° 44' 17",5 | 69° 44' 17",1 | 69° 44' 16",4 | 69° 44' 17",0 | 69° 44' 15",3 |

При этом, последовательность решения может быть представлена несколькими вариантами (таблицы 4,5).

Таблица 4 - Первый вариант решения:

| № п/п | l | | | ε | δ | δ^2 | $\varepsilon\delta$ |
|-------------------|-----|----|-------|---------------|----------|------------|---------------------|
| | ° | ' | '' | | | | |
| 1 | 69 | 44 | 15,5 | 0,2 | 1,18 | 1,392 | 0,236 |
| 2 | | | 16,4 | 1,1 | 0,28 | 0,078 | 0,308 |
| 3 | | | 16,3 | 1,0 | 0,38 | 0,144 | 0,380 |
| 4 | | | 17,0 | 1,7 | -0,32 | 0,102 | -0,544 |
| 5 | | | 15,6 | 0,3 | 1,08 | 1,166 | 0,324 |
| 6 | | | 18,7 | 3,4 | -2,02 | 4,080 | -6,868 |
| 7 | | | 17,3 | 2,0 | -0,62 | 0,384 | -1,240 |
| 8 | | | 17,5 | 2,2 | -0,82 | 0,672 | -1,804 |
| 9 | | | 17,1 | 1,8 | -0,42 | 0,176 | -0,756 |
| 10 | | | 16,4 | 1,1 | 0,28 | 0,078 | 0,308 |
| 11 | | | 17,0 | 1,7 | -0,32 | 0,102 | -0,544 |
| 12 | | | 15,3 | 0,0 | 1,38 | 1,904 | 0,000 |
| l_o | 69 | 44 | 15,3 | | | | |
| $[\varepsilon]/n$ | | | 1,38 | | | | |
| x' | 69 | 44 | 16,68 | \sum 16,5 | 0,06 | 10,278 | -10,200 |

$$\frac{[\varepsilon]}{n} = + \frac{16",5}{12} = 1",375$$

$$\beta = x_{\text{принятое}} - x_{\text{точное}} = 1",38 - 1",375 = 0",005$$

$$[\delta] = n\beta = 12(0",005) = 0",06$$

$$m = \pm \sqrt{\frac{[\delta^2]}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{10,278}{11}} = \pm 0",967$$

$$m_m = \frac{m}{\sqrt{2(n-1)}} = \pm \frac{0",967}{\sqrt{22}} = \pm 0",206$$

$$M = \pm \frac{m}{\sqrt{n}} = \pm \frac{0",967}{\sqrt{12}} = \pm 0",279$$

Таблица 5 -Второй вариант решения

| № п/п | l | | | ε | ε ² | δ | δ ² |
|----------------|----|----|-------|--------|----------------|-------|----------------|
| | ° | ' | '' | | | | |
| 1 | 69 | 44 | 15,5 | 0,2 | 0,04 | 1,18 | 1,392 |
| 2 | | | 16,4 | 1,1 | 1,21 | 0,28 | 0,078 |
| 3 | | | 16,3 | 1,0 | 1,00 | 0,38 | 0,144 |
| 4 | | | 17,0 | 1,7 | 2,89 | -0,32 | 0,102 |
| 5 | | | 15,6 | 0,3 | 0,09 | 1,08 | 1,166 |
| 6 | | | 18,7 | 3,4 | 11,56 | -2,02 | 4,080 |
| 7 | | | 17,3 | 2,0 | 4,00 | -0,62 | 0,384 |
| 8 | | | 17,5 | 2,2 | 4,84 | -0,82 | 0,672 |
| 9 | | | 17,1 | 1,8 | 3,24 | -0,42 | 0,176 |
| 10 | | | 16,4 | 1,1 | 1,21 | 0,28 | 0,078 |
| 11 | | | 17,0 | 1,7 | 2,89 | -0,32 | 0,102 |
| 12 | | | 15,3 | 0,0 | 0,00 | 1,38 | 1,904 |
| l _o | 69 | 44 | 15,3 | | | | |
| [ε]/n | | | 1,38 | | | | |
| x' | 69 | 44 | 16,68 | ∑ 16,5 | 32,97 | 0,06 | 10,278 |

$$\frac{[\varepsilon]}{n} = + \frac{16",5}{12} = 1",375$$

$$\beta = x_{\text{принятое}} - x_{\text{точное}} = 1",38 - 1",375 = 0",005$$

$$[\delta] = n\beta = 12(0",005) = 0",06$$

$$[\delta^2] = [\varepsilon^2] - \frac{[\varepsilon]^2}{n} = 32,97 - \frac{16,5^2}{12} = 10,282$$

$$m = \pm \sqrt{\frac{[\delta^2]}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{10,278}{11}} = \pm 0",967$$

$$m_m = \frac{m}{\sqrt{2(n-1)}} = \pm \frac{0",967}{\sqrt{22}} = \pm 0",206$$

$$M = \pm \frac{m}{\sqrt{n}} = \pm \frac{0",967}{\sqrt{12}} = \pm 0",279$$

Средняя ошибка:

$$v = \frac{4}{5}m = 0,8 \cdot \pm 0",967 = \pm 0",774$$

Вероятная ошибка:

$$r = \frac{2}{3}m = 0",645$$

Предельная ошибка:

$$\Delta_{пред} = 3m = 3 \cdot \pm 0,967 = 2,901$$

Ответ: $x = 69^\circ 44' 16'', 68 \pm 0,279$

Раздел 4. При решении третьего задания можно исходить из практического примера.

По формуле $H \pm 0.00(i/3)m$ при $i=7$ имеем:

Установим в качестве независимых неизвестных отметки узловых реперов С, D и E и выразим все превышения в функции этих неизвестных. Обозначим вероятнейшие значения отметок H_C, H_D, H_E соответственно через x, y, z и положим

$$x = x_0 + \delta x$$

$$y = y_0 + \delta y$$

$$z = z_0 + \delta z$$

Вычислим приближённые значения неизвестных:

$$x_0 = H_A + h_1 = 134,8383 + 3,436 = 138,2743(\text{м})$$

$$y_0 = H_A + h_3 = 134,8383 + 4,176 = 139,0143(\text{м})$$

$$z_0 = H_A + h_5 = 134,8383 + 2,819 = 137,6573(\text{м})$$

4.1 Составим уравнения ошибок в общем виде:

$$1. (x - H_A) - h_1 = V_1$$

$$2. (H_B - x) - h_2 = V_2$$

$$3. (y - H_A) - h_3 = V_3$$

$$4. (H_B - y) - h_4 = V_4$$

$$5. (z - H_A) - h_5 = V_5$$

$$6. (z - H_B) - h_6 = V_6$$

$$7. (y - x) - h_7 = V_7$$

$$8. (z - y) - h_8 = V_8$$

4.2. Подставив вместо неизвестных их приближенные значения плюс поправки, получим уравнения ошибок с поправками к приближенным значениям неизвестных. Свободные члены в этих уравнениях выражаем в сантиметрах:

$$1. + \delta x \quad \quad \quad = v_1$$

$$2. - \delta x \quad \quad -0,66 \text{ см} \quad = v_2$$

$$3. \quad + \delta y \quad \quad \quad = v_3$$

$$4. \quad - \delta y \quad \quad -1,06 \text{ см} \quad = v_4$$

$$5. \quad + \delta z \quad \quad \quad = v_5$$

$$6. \quad + \delta z \quad +1,36 \text{ см} \quad = v_6$$

$$7. - \delta x \quad + \delta y \quad \quad -0,40 \text{ см} \quad = v_7$$

$$8. \quad - \delta y \quad + \delta z \quad +0,90 \text{ см} \quad = v_8$$

4.3 Составим таблицу коэффициентов уравнений ошибок (таблица 6).

Таблица 6- коэффициенты уравнений ошибок

| № п/п | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> | <i>l, см</i> | <i>s</i> | $p=l/L$ | <i>v</i> | <i>p v</i> | <i>p v v</i> | <i>plv</i> |
|----------|----------|----------|----------|--------------|----------|---------|----------|------------|--------------|------------|
| 1 | +1 | | | | +1 | 0,119 | -0,51 | -0,0607 | 0,031 | 0 |
| 2 | -1 | | | -0,66 | -1,66 | 0,141 | -0,15 | -0,0212 | 0,003 | +0,014 |
| 3 | | +1 | | | +1 | 0,263 | -0,31 | -0,0815 | 0,025 | 0 |
| 4 | | -1 | | -1,06 | -2,06 | 0,233 | -0,75 | -0,1748 | 0,131 | +0,185 |
| 5 | | | +1 | | +1 | 0,154 | -1,06 | -0,1632 | 0,173 | 0 |
| 6 | | | +1 | +1,36 | +2,36 | 0,370 | +0,30 | 0,1110 | 0,033 | +0,151 |
| 7 | -1 | +1 | | -0,40 | -0,40 | 0,192 | -0,20 | -0,0384 | 0,008 | +0,015 |
| 8 | | -1 | +1 | +0,90 | +0,90 | 0,323 | +0,15 | 0,0484 | 0,007 | +0,044 |
| Σ | -1 | 0 | +3 | 0,14 | 2,14 | | | | 0,411 | |

Весовая функция по условию задачи имеет вид

$$u=z-x$$

для которой $f_1 = -1, f_2 = 0, f_3 = +1$

4.4. Составляется таблица коэффициентов нормальных уравнений.

4.5 Нормальные уравнения имеют вид

| | |
|----------|---|
| 1 | +0,452 δx - 0,192 δy + 0,170=0 |
| 2 | - 0,192 δx +1,011 δy - 0,323 δz - 0,121=0 |
| 3 | -0,323 δy +0,847 δz +0,794=0 |
| Σ | +0,260 δx +0,496 δy +0,524 δz +0,843=0 |

Контроль:

$$0,260*(-0,5099)+0,496*(-0,3149)+0,524*(-1,0571)+0,843=0$$

Этот контроль производится после решения нормальных уравнений, подставив найденные поправки неизвестных в суммарное уравнение.

4.6. Решим нормальные уравнения. Вычислим уравновешенные значения превышений.

| № ходов | Измеренные превышения, м | Поправки, мм | Уравновешенные превышения, м |
|---------|--------------------------|--------------|------------------------------|
| 1 | +3,436 | -5,1 | +3,4309 |
| 2 | +4,242 | -1,5 | +4,2405 |
| 3 | +4,176 | -3,1 | +4,1729 |
| 4 | +3,506 | -7,5 | +3,4985 |
| 5 | +2,819 | -10,6 | +2,8084 |
| 6 | -4,866 | +3,0 | -4,863 |
| 7 | +0,744 | -2,0 | +0,742 |
| 8 | -1,366 | +1,5 | -1,3645 |

4.8. Выполним окончательный контроль всех вычислений

- | | |
|----------------------------|--|
| 1. $h_1 + h_7 - h_3 = 0$ | 1. $+3,4309 + 0,742 - 4,1729 = 0$ |
| 2. $h_2 - h_4 - h_7 = 0$ | 2. $+4,2405 - 3,4985 - 0,742 = 0$ |
| 3. $h_4 + h_6 - h_8 = 0$ | 3. $+3,4985 - 4,863 + 1,3645 = 0$ |
| 4. $h_3 + h_8 - h_5 = 0$ | 4. $+4,1729 - 1,3645 - 2,8084 = 0$ |
| 5. $H_A + h_3 + h_4 = H_B$ | 5. $134,8383 + 4,1729 + 3,4985 = 142,5097$ |

4.9 Произведём оценку точности

1. Средняя квадратическая ошибка единицы веса (превышения по ходу 1 км)

$$\mu = m_{км} = \pm \sqrt{\frac{[pvv]}{n-k}} = \pm \sqrt{\frac{0,411}{8-3}} = \pm 0,287 \text{ см} = \pm 2,87 \text{ мм}$$

Ошибка самой ошибки единицы веса

$$m_{\mu} = \frac{\mu}{\sqrt{2(n-k)}} = \pm \frac{2,87}{\sqrt{2(8-3)}} = \pm 0,908 \text{ мм}$$

2. Средние квадратические ошибки высот определяемых реперов

$$m_x = \mu \sqrt{Q_{11}} = \pm 2,87 \times \sqrt{2,436} = \pm 4,479 \text{ мм}$$

$$m_y = \mu \sqrt{Q_{22}} = \pm 2,87 \times \sqrt{1,240} = \pm 3,196 \text{ мм}$$

$$m_z = \mu \sqrt{Q_{33}} = \pm 2,87 \times \sqrt{1,361} = \pm 3,348 \text{ мм}$$

3. Среднюю квадратическую ошибку функции $u=z-x$ найдём по формуле:

$$\frac{1}{P_u} = f_1^2 Q_{11} + f_2^2 Q_{22} + f_3^2 Q_{33} + 2f_1 f_2 Q_{13} + 2f_1 f_3 Q_{13} + 2f_2 f_3 Q_{23}$$

$$\frac{1}{P_u} = (-1)^2 \cdot 2,436 + 0 + 1^2 \cdot 1,361 + 2 \cdot (0 + (-1) \cdot 0,201 + 0) = 3,395$$

$$m_u^2 = \mu \cdot \frac{1}{P_u} = 0,287 \cdot 3,395 = 0,974 \text{ см}^2$$

$$m_u = \sqrt{0,974 \text{ см}^2} = \pm 0,987 \text{ см} = 9,87 \text{ мм}$$

3.3. Оформление пояснительной записки.

Курсовая работа может быть оформлена традиционным способом в бумажном варианте, а также может быть представлена в электронном виде. И в том и другом случае работа оформляется в соответствии с ГОСТ 7.32-2017, в котором определены требования к параметрам страницы, шрифтам, абзацным отступам, межстрочному интервалу, оформлению рисунков и таблиц. Объем работы, как правило не превышает 12-15 страниц формата А4.

3.4. Оформление графической части курсовой работы. В оформление графической части входят: оформление рисунка, таблиц (ГОСТ 7.32-2017), формулы оформляются в редакторе Microsoft Equation.

Рекомендуемая литература.

Основная литература

1. Геодезия : учебник для вузов / А. Г. Юнусов, А. Б. Беликов, В. Н. Баранов, Ю. Ю. Каширкин. — Москва : Академический Проект, 2015. — 416 с. — ISBN 978-5-8291-1730-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/36299.html> (дата обращения: 29.07.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Золотова, Е. В. Геодезия с основами кадастра : учебник для вузов / Е. В. Золотова, Р. Н. Скогорева. — Москва : Академический Проект, Трикста, 2015. — 415 с. — ISBN 978-5-8291-1723-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/60084.html> (дата обращения: 29.07.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Поклад, Г. Г. Геодезия : учебное пособие для вузов / Г. Г. Поклад, С. П. Гриднев. — Москва : Академический Проект, 2013. — 544 с. — ISBN 978-5-8291-1321-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/60128.html> (дата обращения: 29.07.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

4. Перфильев, А. А. Топография (геодезия) : учебное пособие для бакалавров / А. А. Перфильев, М. А. Бучельников, А. С. Тушина. — Саратов : Вузовское образование, 2019. — 134 с. — ISBN 978-5-4487-0505-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/83663.html> (дата обращения: 28.06.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Дополнительная литература

1. Маслов А.В. Геодезия: учебник для вузов / А.В. Маслов, А.В. Гордеев, Ю.Г. Батраков; Междунар. ассоц. "Агрообразование". - 6-е изд., перераб. и доп. - М.: КолосС, 2006.- 598 с.: ил.

2. Матиек С.И. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500: методическое пособие для студентов строительных специальностей / С.И. Матиек ; БНТУ, Каф. "Инженерная геодезия". - Минск : БНТУ, 2011. - 36 с. : ил.

3. Кусов В.С. Основы геодезии, картографии и космоаэро съемки : учеб. пособие для вузов / В. С. Кусов .- М. : Академия, 2009 .- 256 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование : Естественные науки) .- Библиогр.: с. 252-254 .

4. Курошев Г.Д. Геодезия и топография: учебник для вузов / Г.Д. Курошев, Л.Е. Смирнов .- 3-е изд., стер. - М.: Академия, 2009. - 175 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование: Естественные науки) .- Библиогр.: с. 198 .

5. Флакман, А. А. Геодезия и кадастр : учебно-методическое пособие / А. А. Флакман. — Нижний Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 51 с. — ISBN 978-5-528-00203-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/80888.html> (дата обращения: 23.06.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

6. Неумывакин, Ю.К. Практикум по геодезии: учеб.пособие для вузов / Ю.К. Неумывакин .- М.: КолосС, 2008 .- 318с.

7. Куштин И.Ф. Геодезия:обработка результатов измерений: учеб.пособие / И.Ф. Куштин - М.; Ростов-н /Д.: МарТ, 2006. - 285с. : ил.

8. Перфилов В.Ф. Геодезия: учебник / В.Ф. Перфилов, Р.Н. Скогорева, Н.В. Усова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк, 2008. - 352 с.: ил.

9. Селиханович В.Г. Геодезия: учебник для вузов. Ч. II / В.Г. Селиханович. - 2-е изд, стер. / перепечат. с изд.1981г. - М.: Альянс, 2006. - 544с

10. Несмеянова, Ю. Б. Геодезия : лабораторный практикум / Ю. Б. Несмеянова. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2015. — 54 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/64172.html> (дата обращения: 08.06.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей