

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
РОССИИ
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА "ЗНАК ПОЧЁТА"
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕОДЕЗИИ,
АЭРОСЪЁМКИ И КАРТОГРАФИИ им.Ф.Н.КРАСОВСКОГО**

**РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ
Определение приборной поправки светодальномера
способом "во всех комбинациях"**

РТМ 68 - 8.21 - 94

**Москва
ЦНИИГАиК
1994**

Содержание

| | |
|---|---|
| Определение приборной поправки светодальномера способом "во всех комбинациях" | 1 |
| Приложение 1.Распечатка по программе BF-5K. . . | |
| Определение приборной поправки способом комбинаций | 3 |
| Приложение 2. Программа для вычисления уравненных значений приборной поправки и линий на микрокомпьютере МК-85м | 4 |
| Приложение 3. Вычисление уравненных значенийприборной поправки и измеренных линий вручную | 7 |
| Приложение 4. Перечень ссылочных документов . | 9 |

Руководящий технический материал

| | |
|--|----------------------------------|
| Определение приборной поправки светодальномера способом "во всех комбинациях" | РТМ 68 - 8.21 - 94 Впервые |
|--|----------------------------------|

В настоящем РТМ изложен порядок контроля приборной поправки светодальномера путём измерения линий неизвестной длины во всех комбинациях.

Данный РТМ носит рекомендательный характер и учитывает требования ведомственных и нормативных документов таких, как МИ БГЕИ 09-90 и МИ БГЕИ 15-93. Перечень ссылочных документов приведён в приложении 4.

1. Общая характеристика метода

На местности закрепляется линия, которая разбивается на несколько отрезков, расположенных в створе. Линии измеряются светодальномером во всех комбинациях.

После обработки результатов измерений получают значение приборной поправки со средней квадратической ошибкой определения меньше 0,5 средней квадратической ошибки измерения линии m_s .

2. Требования к линии

2.1. Линия располагается на местности с возможно меньшим уклоном (не превышающим 1/20).

2.2. Общая длина линии не должна быть менее 10% (но не менее 100 метров) от максимальной дальности светодальномера.

2.3. Линия разбивается на отдельные отрезки, по возможности, примерно равной длины, число которых $K \geq 6$. Наименьший отрезок не должен быть меньше минимальной дальности, измеряемой светодальномером.

2.4. Точки закрепления отрезков линии должны быть в створе. Нестворность не должна превышать 5 сантиметров на расстояниях до 500 метров и 10 сантиметров при больших расстояниях.

2.5. Точки закрепляются на местности кольями длиной не менее 30 сантиметров с отметкой на их поверхности для центрирования.

2.6. Между любыми точками, ограничивающими отрезки, должна быть прямая видимость.

2.7. Превышение между точками каждого измеряемого отрезка должно быть определено с ошибкой не более:

а) для отрезков с уклоном $\leq 0,003$ — 70 мм;

б) для отрезков с уклоном $> 0,003$ по формуле :

$$m_h = 0,25 m_s \cdot S/h,$$

где S - длина отрезка, h - превышение между точками измеряемого отрезка.

2.8. При реализации данной методики рекомендуется использовать линии базисов 2-го и 3-го разрядов не аттестованных на данный момент.

3. Измерение линий

3.1. Число отрезков, подлежащих измерению, определяется по формуле $P = \frac{n(n-1)}{2}$, где n - число точек.

3.2. Отрезки измеряют поверяемым светодальномером, руководствуясь инструкцией по эксплуатации для данного типа прибора.

4. Обработка результатов измерений

Обработку результатов измерений проводят в следующей последовательности:

4.1. Вычисляют наклонную дальность каждого отрезка, прибавив к измеренному значению отрезка поправки:

- а) за учёт метеопараметров,
- б) за циклическую составляющую приборной поправки;
- в) за уход масштабной частоты, (при использовании светодальномеров, предусматривающих это).

Приборную поправку при этом не учитывают.

4.2. Редуцируют отрезки к горизонту.

4.3. Редуцируют отрезки на один условный уровень относимости измерений.

4.4. Отрезки, отредуцированные на один уровень относимости уравнивают. Уравнивание рекомендуется осуществлять одним из трёх способов:

4.4.1. Уравнивание с помощью программы ВФК-5, составленной на алгоритмическом языке Фортран-4 для ЭВМ типа ЕС 1045.

Подробнее об этой программе смотрите МИ БГЕИ 09-90, приложение 12. Пример уравнивания приведён в приложении 1 данного РТМ.

4.4.2. Уравнивание с помощью программы УВК, составленной на алгоритмическом языке Бейсик для микрокомпьютера "Электроника МК-85М".

Текст программы и пояснение к ней приведены в приложении 2 данного РТМ.

4.4.3. Уравнивание может быть выполнено также вручную путём вычисления алгебраического среднего частных значений приборной поправки, определённых из комбинаций измеренных длин отрезков.

Пример вычисления приведён в приложении 3 данного РТМ.

4.5. Получив новое значение приборной поправки C_n сравнивают его со старым значением $C_{ст}$ (паспортное) и вычисляют разность $\Delta = C_n - C_{ст}$; если $\Delta \leq 0,5M_c$, то продолжают пользоваться старым значением $C_{ст}$, если $\Delta > 0,5M_c$, то берут для дальнейших измерений новое значение приборной поправки C_n . (M_c - средняя квадратическая ошиб-

ка определения приборной поправки, полученная в результате данных измерений).

Приложение 1

Распечатка по программе ВР-5К Определение приборной поправки способом комбинаций Базис ЦНИИГАиК

Дата: 18.03.1991 СП2 21110 исп: Татевян Р.А.
/PW/=-0.72 М.ед.веса=0,38
СП 21110 К=-77.48 Кур.=-77.48 М=0.27

| № | Линия | S _{изм} | S _{уравн} | P | v | M |
|----|-------|------------------|--------------------|-----|-------|------|
| 1 | 1-2 | 28140.4 | 28062.69 | 1.0 | -0.23 | 0.26 |
| 2 | 1-3 | 52148.2 | 52070.98 | 1.0 | 0.26 | 0.32 |
| 3 | 1-4 | 76161.5 | 76084.34 | 1.0 | 0.32 | 0.40 |
| 4 | 1-5 | 100159.6 | 100081.77 | 1.0 | -0.35 | 0.49 |
| 5 | 2-3 | 24086.1 | 24008.29 | 1.0 | -0.33 | 0.26 |
| 6 | 2-4 | 48099.3 | 48021.66 | 1.0 | -0.16 | 0.32 |
| 7 | 2-5 | 72096.3 | 72019.08 | 1.0 | 0.26 | 0.40 |
| 8 | 3-4 | 24090.7 | 24013.37 | 1.0 | 0.15 | 0.26 |
| 9 | 3-5 | 48088.5 | 48010.80 | 1.0 | -0.22 | 0.32 |
| 10 | 4-5 | 24074.6 | 23997.43 | 1.0 | 0.31 | 0.26 |

Приложение 2

Программа для вычисления уравненных значений
приборной поправки и линий на микрокомпьютере
МК-85м

1. Программа

```

3 CSR 5:PRINT "УБК"
5 VAC: INPUT "C=", C, "m=", A(60)
8 FOR J=1 TO C-1: FOR K=J+1 TO C: A=(10*J+k)
10 INPUT A(A): NEXT K: NEXT J
15 CSR 3: PRINT "верно?"
20 V=N-M-X: U=V: T=0
25 FOR I=1 TO C-2: FOR J=I+1 TO C-1: FOR K=J+1 TO C
30 L=A(10*I+K)-A(10*I+J)-A(10*J+K): IF LV; V=L
35 IF L; U=L
40 T=T+L: NEXT K: NEXT J: NEXT I
45 L=T*6/(C*(C-1)*(C-2)): T=(V-U)*1000
47 F=RND(3.46*A(60),-2)
50 IF TF; CSR 2: PRINT "пазброс", T; F; H=0
52 FOR A=12 TO (10+C): H=H+A(A): NEXT A: D=0
55 FOR K=2 TO C: FOR I=2 TO C: IF IK THEN 65
60 D=D+A(10*I+K): NEXT I: GO TO 70
65 D=D-A(10*K+I): NEXT I
70 Q=(10+K)-(C-1)*A(10+K)-(H+D):D=0: NEXT K
75 FOR I=2 TO C:
  Q(10+I)=-((C-2*I+2)*L+Q(10+I))/C: NEXT I
80 FOR J=2 TO C-1: FOR K=J+1 TO C
85 Q(10*J+K)=Q(10+K)-Q(10+J)-L+A(10+K)-A(10+J)-
  A(10*J+K)
90 NEXT K: NEXT J: G=0
95 FOR J=1 TO C-1: FOR K=J+1 TO C: A=(10*J+K)
100 G=G+Q(A)*Q(A): B=Q(A): B=B*1000: PRINT "V=";A;
105 CSR 6: PRINT B=RND(B,-3)
110 A(A)=A(A)+Q(A)+L: PRINT "S=";A(A)=RND(A(A),-5)
115 NEXT K: NEXT J: G=G*1000000
120 G=SQR(2*G/(C*(C-3))): L=L*1000
125 PRINT "L=";L=RND(L,-3): H=6/((C-1)*(C-2))
130 PRINT "m. beca="; G=RND(G,-3)
135 E=G*SQR H: PRINT "m.L=";E=RND(E,-3)
138 D=0
140 FOR A=12 TO 10+C:
  D=D+1: E=G*SQR(2/C+4*D*D*H/(C*C))
145 PRINT "m.S=";A;
150 CSR 7: PRINT E=RND(E,-3): NEXT A
155 CSR 4: PRINT "КОЕЦ"

```

```

160 END
500 FOR J=1 TO C-1: FOR K=J+1 TO C: A=(10*J+K)
505 PRINT A;
510 CSR 3: PRINT A(A): NEXT K: NEXT J

```

2. Пояснение к программе

Вызовите программу

2.1. Остановка - на дисплее название программы "УВК" (Уравнивание во всех Комбинациях).

2.2. Остановка - на дисплее "C=?", введите число точек в створе, нажмите "еке".

2.3. Остановка - на дисплее "м=?", введите величину ср.кв.ошибки измерения по паспорту прибора (M_s , мм), нажмите "еке".

2.4. Остановка - на дисплее "?", введите значения измеренных линий (в метрах до четвертого знака после запятой) в порядке 1-2; 1-3;...1-C; 2-3;...2-C; и т.д., после каждого раза нажимайте "еке". После ввода последней линии на дисплее высвечивается "верно?":

2.4.1. если проверять не надо, то "еке",

2.4.2. если хотите проверить, то необходимо сделать переход на строку 500. На дисплее загорается номер линии и длина. Просмотрите все линии, чтобы исправить неправильные значения, наберите "A(12)=" и вставьте правильное значение (цифра 12 означает номер линии 1-2).

2.5. Остановка:

2.5.1. На дисплее номер линии и поправка к измеренному значению

"v= 12 -0,23" в мм, нажмите "еке",

2.5.2. На дисплее - длина линии с четырьмя знаками после запятой, выраженная в метрах

"S= 28.0627", нажмите "еке", и так далее по всем линиям.

2.6. Остановка - на дисплее значение приборной поправки:

"L= -77.48" в мм., нажмите "еке",

2.7. Остановка - на дисплее ошибка единицы веса:

"M.веса= 0,38" в мм, нажмите "еке",

2.8. Остановка - на дисплее значение ср.кв. ошибка приборной поправки:

"M.L= 0,27" в мм, нажмите "еке",

2.9. Остановка - на дисплее номер линии и значение ср.кв.ошибки уравненной линии:

"M.S= 12 0.26" в мм, нажмите "еке", и так по очереди все линии, измеренные с первой точки.

Ошибки линий, номера которых 12, 23, 34, 45, будут одинаковыми; ошибки линий, номера которых 13, 24, 35, будут другими, но также одинаковыми, и так далее.

2.10. Остановка - на дисплее "Конец".

2.11. После начала вычислений (выполнения пункта 2.4.1) программа может остановиться и высветить: "разброс", нажмите "ехе", на дисплее появится:

"1.8 7.1", где первое число означает разброс между максимальным и минимальным значениями приборной поправки, второе число - допуск. Допуск вычисляется по формуле: $\Delta = 2m\sqrt{3}$.

В этом случае исполнитель может поступить по одному из вариантов:

2.11.1. Проверить снова ввод значений линий, обратившись к строке 500, исправить значение линий и запустить микрокомпьютер с 20 строки.

2.11.2. Обнаружив неправильно измеренную линию, перемерить её заново.

2.11.3. Пройгнорировать это указание и продолжить вычисления, нажав "ехе".

2.12. Выполнив вычисления, можно посмотреть некоторые величины, нажав следующие кнопки:

V - максимальное значение приборной поправки - " - 0.0765" в метрах,

U - минимальное значение приборной поправки - " - 0,0783" в метрах,

T - разность между мин. и макс. значениями - "1.8" в мм,

F - допуск - "7.1" в мм.

2.13. Приведённые в данном примере величины значений соответствуют результатам уравнивания в примере приложения 1.

Приложение 3

Вычисление уравненных значений приборной поправки и измеренных линий вручную

1. Вычисление приборной поправки.

Вычисление уравненной приборной поправки производится по формуле:

$$C = \frac{\sum_{i,j,k} S_{ik} - S_{ij} - S_{jk}}{T},$$

где i, j, k - номера точек, образующих отрезки. Из отрезков составляют все возможные комбинации по три, удовлетворяющие условию $i < j < k$. При общем числе точек n число таких комбинаций

$$T = \frac{n(n-1)(n-2)}{6}.$$

При числе точек $n=5$ число $T=10$:

$$\begin{aligned} C_1 &= S_{13} - S_{12} - S_{23} = -78.3 \\ C_2 &= S_{24} - S_{23} - S_{34} = -77.5 \\ C_3 &= S_{35} - S_{34} - S_{45} = -76.8 \\ C_4 &= S_{14} - S_{12} - S_{24} = -78.2 \\ C_5 &= S_{14} - S_{13} - S_{34} = -77.4 \\ C_6 &= S_{25} - S_{23} - S_{35} = -78.3 \\ C_7 &= S_{25} - S_{24} - S_{45} = -77.6 \\ C_8 &= S_{15} - S_{12} - S_{25} = -77.1 \\ C_9 &= S_{15} - S_{13} - S_{35} = -77.1 \\ \frac{C_{10} - S_{15} - S_{14} - S_{45}}{C} &= \frac{-76.5}{-77.48} \end{aligned}$$

2. Допустимый разброс значений приборной поправки определяется формулой, приведённой в п.2.11 приложения 2.

При превышении данного допуска, максимальный и минимальный результаты анализируются, выявляется ошибочная линия, проверяются результаты вычислений.

При подтверждении результатов вычислений линия должна быть перемерена.

2. Вычисление уравненных значений линий

Вычисления выполняются по методу "Шрейбера". Предварительно в измеренные значения линий вводится приборная поправка, вычисленная в пункте 1.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|
| | 1-2 | 1-3 | 1-4 | 1-5 | 2-3 | 2-4 | 2-5 | 3-4 |
| 1 | 28062.9 | 52070.7 | 76084.0 | 100082.1 | 24008.6 | 48021.8 | 72018.8 | 24013.2 |
| 2 | 062.9 | 070.7 | 084.0 | 100082.1 | 008.6 | 021.8 | 018.8 | 013.2 |
| 3 | 062.1 | 070.8 | 085.0 | 100081.7 | 007.8 | 021.1 | 019.2 | 013.2 |
| 4 | 062.2 | 071.7 | 084.7 | 100081.7 | 007.8 | 021.7 | 019.6 | 013.2 |
| 5 | 063.3 | 071.5 | 083.9 | 100081.1 | 008.6 | 021.8 | 018.9 | 013.2 |
| S _{ср} | 28062.7 | 52071.0 | 76084.3 | 100081.7 | 24008.3 | 48021.6 | 019.1 | 24013.4 |
| v | +0.2 | -0.3 | -0.3 | +0.4 | +0.3 | +0.2 | -0.3 | -0.2 |

| | 9 | 10 |
|-----------------|---------|---------|
| | 3-5 | 4-5 |
| 1 | 48011.0 | 2399.1 |
| 2 | 011.0 | 997.1 |
| 3 | 011.4 | 998.1 |
| 4 | 010.2 | 997.0 |
| 5 | 010.3 | 997.8 |
| S _{ср} | 48010.8 | 23997.4 |
| v | +0.2 | -0.3 |

Примечание: в первых двух строках выписываются значения линий полученные из непосредственных измерений, в остальных - результаты попарных разностей (сумм) во всех вариантах возможного вычисления этой линии; $v = S_{изм} - S_{ср}$.

3. Оценка точности

3.1. Вычисляют ошибку единицы веса:

$$\mu = \sqrt{\frac{2 [vv]}{(n-1)(n-2)}} = 0,36 \text{ мм}$$

3.2. Вычисляют ср.кв. ошибку определения приборной поправки:

$$M_c = \mu \sqrt{Q_{nn}} = 0,36 \sqrt{\frac{6}{(n-1)(n-2)}} = 0,25 \text{ мм}$$

3.3. Вычисляют ср.кв. ошибку уравненных сторон по формуле:

$$M_s = \sqrt{\frac{4 [vv]}{n(n-1)(n-2)}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,77}{5 \cdot 4 \cdot 3}} = 0,23 \text{ мм}$$

Приложение 4

Перечень ссылочных документов

| Пункты РТМ | Обозначение НТД | Наименование НТД | Реквизиты утверждения издания |
|------------------|-----------------|--|---|
| Введение п.4.4.1 | МИ БГЕИ 09-90 | Образцовые линейные базы-сы. Общие технические требования. Метрологическое обеспечение | Утверждён приказом по ЦНИИГАиК* №68 от 27.06.90 |
| Введение | МИ БГЕИ 15-93 | Светодальномеры. Методы и средства поверки | Утверждён приказом по ЦНИИГАиК №71 от 04.06.93 |

*) Указанные документы изданы от имени головной организации отрасли по метрологии - ЦНИИГАиК

Подписано в печать
27.09.94
Формат 60×90/16
Бумага типографская
Печать офсетная
Усл.печ.л. 0,5
Усл.кр.отт.0,63
Уч.-изд.л. 0,48

Тираж 300
Заказ 30-94

ЦНИИГАиК
125413, Москва,
Онежская ул.26