

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра городского кадастра

О.Ф. КУЗНЕЦОВ

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОДАЛЬНОМЕРА СТ-5

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2005

УДК 721.023 (075.8)

ББК 38.2я7

К 89

Рецензент

доктор сельскохозяйственных наук, профессор А.Ж. Калиев

Кузнецов О.Ф.

К 89 Практическое применение светодальномера СТ-5: Методические указания. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. – 35 с.

Методические указания предназначены для руководства при проведении практических занятий со студентами строительных специальностей по программам высшего профессионального образования по дисциплине «Геодезия». Методические указания могут быть рекомендованы к использованию топогеодезическими подразделениями.

К 33001000000

6Л9-02

ББК 38.2я7

© Кузнецов О.Ф., 2005

© ГОУ ОГУ, 2005

Содержание

1 Общие сведения	4
2 Основные правила по технике безопасности при работе со светодаль- номером.....	7
3 Организация работ.....	8
4 Проверки и исследования.....	11
5 Полевые работы.....	20
6 Обработка результатов измерений.....	23
7 Список использованных источников.....	26
Приложение А Основные тактико-технические характеристики светодаль- номера СТ-5.....	27
Приложение Б Образец вычисления приборной поправки светодальномера СТ-5 для режима измерений «ГРУБО».....	28
Приложение В Образец вычисления и построения графика циклической со- ставляющей приборной поправки светодальномера СТ- 5.....	29
Приложение Г Образец вычисления и построения графика приборной по- правки для режима измерений с повышенной точностью.....	31
Приложение Д Образцы записей и вычислений в Журнале измерений рас- стояний светодальномером СТ-5 в режиме «ТОЧНО».....	32
Приложение Е Образцы записей и вычислений в Журнале измерений рас- стояний светодальномером СТ-5 в режиме «ГРУБО».....	33
Приложение Ж Образцы записей и вычислений в Журнале измерений рас- стояний светодальномером СТ-5 и с повышенной точно- стью.....	34
Приложение И Ведомость обработки результатов измерений.....	35

1 Общие сведения

В методических указаниях использован материал многолетнего опыта геодезических экспедиций, работавших в различных регионах страны. В ходе измерения расстояний с помощью светодальномера СТ-5 при определении координат и высот методом триангуляции, трилатерации, полигонометрии – технология и организация работ постоянно совершенствовалась. Таким образом, выполняя требования по эксплуатации СТ-5, указанные в паспорте на прибор, целесообразно последовательно и подробно изложить весь процесс применения светодальномера. Все данные, указанные в таблицах, расчетных формулах, графиках – взяты из результатов полевых геодезических измерений.

Светодальномер СТ5 предназначен для измерения расстояний при развитии специальных геодезических сетей, развитии и восстановлении государственной геодезической сети 4 класса, а также при геодезическом обеспечении строительства и эксплуатации сооружений. Он позволяет измерять расстояния до 5 км. Со средней квадратичной погрешностью ($10 \text{ мм} + 5 \cdot 10^{-6} \text{ Д}$). При применении специальной методики линии длиной до 300 м можно измерять со средней квадратичной погрешностью порядка 3 мм. Точность измерений в режиме «ГРУБО» составляет 10 см.

Светодальномер СТ-5 может устанавливаться на колонки теодолитов серии 2Т (2Т2, 2Т5, и др.).

В комплект светодальномера СТ-5 входят: приемопередатчик, комплект отражателей, блок контрольного отсчета, три подставки, два оптических центрира ЦО-30, три штатива типа ШР-160, две аккумуляторные батареи, зарядное и разрядное устройство, метеорологические приборы (термометр ртутный метеорологический ТМ8 и барометр-анероид БАММ), запасное имущество и принадлежности. Описание прибора дано в техническом описании и инструкции по эксплуатации светодальномера СТ-5. Основные тактико-технические характеристики светодальномера СТ-5 приведены в приложении А.

Бригада для работы со светодальномером СТ-5 состоит из оператора, помощника оператора и одного-двух операторов для выполнения вспомогательных работ.

Оператор отвечает за подготовку бригады, руководит ее работой, производит измерения расстояний и необходимые вычисления. Один помощник оператора устанавливает отражатели, другой определяет их высоты, элементы центрировки и редукции (при необходимости), производит измерения температуры и давления воздуха и ведет запись в журнале. Третий оператор участвует в развертывании и свертывании инструмента, переноске в районе работ и обеспечивает сохранность имущества.

К обслуживанию светодальномера СТ-5 допускаются лица, изучившие инструмент и сдавшие зачет по правилам его эксплуатации и технике безопасности.

Зачет у бригады принимает руководитель работ.

Перевозка светодальномера СТ-5 осуществляется только в укладочном ящике. При перевозке на автомобиле ящик с инструментом следует устанавливать на мягкую подстилку в передней части автомобиля.

Светодальномер СТ-5 в комплекте с теодолитом серии 2Т может быть применён для получения следующих данных (таблица 1).

Таблица 1 - Полученные данные

Геодезические данные	Средняя квадратическая погрешность определения
Координаты пунктов (точек местности) в Системе 1942 г.	С точностью государственной геодезической сети (ГГС) 4 класса, а также 1, 2, 5, 10 и 20 м.
Высоты пунктов (точек местности) в Балтийской системе	0,5; 1; 2; 5 и 10 м.

Исходной геодезической основой при определении координат пунктов ГГС 4 класса являются пункты ГГС высшего класса. Точность определения координат пунктов ГГС 4 класса зависит от точности исходной геодезической основы. Средняя квадратическая погрешность взаимного положения пунктов ГГС 4 класса характеризуется величиной 0,03-0,06 м.

Исходным при определении координат служат пункты геодезических сетей, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Пункты геодезических сетей

Определяемые пункты	Средняя квадратическая погрешность определения координат пунктов (относительно ГГС), м	Исходная геодезическая сеть
СГС-15	1	ГГС
СГС-30	2	ГГС, ГГС-15
СГС-60	5	ГГС, ГГС-15, ГГС-30
Точки местности	10 и 20	ГГС, ГГС

Высоты пунктов определяют тригонометрическим нивелированием с использованием теодолитов серии 2Т. Исходными при определении высот пунктов ГГС 4 класса являются пункты ГГС 1, 2 и 3 классов и пункты нивелирной сети. Исходными при определении высот пунктов СГС являются пункты геодезических сетей, указанные в таблице 3.

Таблица 3 - Пункты геодезических сетей

Определяемые пункты	Средняя квадратическая погрешность определения высот, м	Исходные пункты
СГС-15	2	ГГС, нивелирная сеть
СГС-30	2	ГГС, нивелирная сеть
СГС-60	5	ГГС, СГС-15, СГС-30
Точки местности	10	ГГС, СГС

Координаты пунктов СГС с применением светодальномера СТ-5 могут определяться линейными и линейно–угловыми засечками, методами полигонометрии, трилатерации и, в отдельных случаях, полярным способом.

Координаты пунктов (отдельных точек) с точностью ГГС 4 класса могут определяться методом полигонометрии или вставкой систем и отдельных пунктов.

При восстановлении пунктов государственной геодезической сети 4 класса светодальномер СТ-5 применяют для измерения расстояния при отыскании центров пунктов, восстановлении утраченных пунктов, а также для измерения расстояний до ориентирных пунктов.

При использовании светодальномера СТ-5 для геодезического обеспечения строительства и эксплуатации специальных сооружений и развития локальных геодезических сетей предусматривается производство линейных измерений с повышенной точностью ($m_D \approx 3$ мм).

Число приемов измерения расстояний светодальномером СТ-5, а также горизонтальных и вертикальных углов теодолитами типа 2Т2 и 2Т5 при определении координат и высот пунктов (точек местности) приведено в таблице 4.

Таблица 4

Определяемые пункты	Число приемов измерений					
	Расстояний в режиме		Горизонтальных углов		Вертикальных углов	
	«ГРУБО»	«ТОЧНО»	2Т2	2Т5	2Т2	2Т5
ГГС 4 класса	-	3	9	-	4	-
СГС-15	2	-	3	4	2	2
СГС-30	2	-	2	3	2	2
СГС-60	2	-	2	2	2	2
Точки места	1	-	1	1	1	1

Примечание: прием измерения расстояния включает одно наведение прибора на отражатель и снятие двух отсчетов.

Геодезические работы с применением светодальномера СТ-5 включают организацию работ, проверки и исследования прибора, полевые работы и обработку результатов измерений.

2 Основные правила по технике безопасности при работе со светодальномером

Весь обслуживающий персонал должен периодически предупреждаться об опасности поражения электрическим током, проходить инструктаж по вопросам оказания первой медицинской помощи пострадавшему.

При работе со светодальномером запрещается:

- снимать крышки и кожухи блоков при включенном приборе;
- смотреть на излучение в передающую трубу при включенном лазере без специальных очков из плотного светофильтра или зрительной трубки;
- направлять дальномеры на людей при работающем лазере;
- свертывать прибор при включенных блоках;
- изготавливать и заливать электролит в аккумуляторные батареи без защитных очков;
- курить и разжигать огонь в помещении, где производится зарядка аккумуляторов.

При приготовлении кислотного (щелочного) электролита необходимо остерегаться попадания серной кислоты (щелочи) на тело и одежду. Если же это случится, следует немедленно пораженное место смочить раствором соды (борной кислоты) и хорошо промыть водой, а при попадании электролита в глаза – немедленно промыть их водой и обратиться к врачу. При малейшем подозрении на возможность попадания лазерного излучения в глаза пострадавший должен быть немедленно обследован врачом и находиться под его наблюдением в течение нескольких дней, поскольку нарушение зрения может выявиться не сразу. В случаях поражения электрическим током пострадавшему немедленно оказывают помощь, даже если у него нет дыхания и пульса. В первую очередь пострадавшего освобождают от воздействия тока. Затем оказывают ему первую помощь, обеспечивают полный покой, удобно укладывают, расстегивают одежду и, если нужно, дают понюхать ватку, смоченную нашатырным спиртом, обрызгивают лицо водой и растирают тело. В том случае, когда пострадавший потерял сознание, непрерывно производят искусственное дыхание и одновременно вызывают врача.

3 Организация работ

Организация полевых геодезических работ с использованием светодальномера СТ5 состоит из формирования и подготовки бригад, выбора метода выполнения работ и составления проекта.

Формирование бригад является одним из этапов подготовки к полевым работам. При этом должна учитываться подготовка исполнителей.

Метод выполнения работ выбирают в зависимости от требуемой точности определения координат пунктов, плотности пунктов исходной геодезической сети, характера местности, погодных условий, наличия сил и времени. Метод работ должен обеспечивать выполнения задания в установленные сроки при наименьших затратах сил и средств. При этом должны учитываться физико-географические и климатические условия района работ, его удаленность от населенных пунктов, обеспеченность транспортом, связью и пр.

Проект выполнения работ составляют на карте масштаба 1:50 000 или 1:100 000 с соблюдением условных знаков.

Координаты пунктов СГС должны определяться с контролем: линейными засечками – по трем исходным пунктам (рисунок 1а); линейно угловыми засечками – по двум исходным пунктам (рисунок 1б). При определении координат пунктов СГС линейными засечками с двух исходных пунктов разрешается использовать вспомогательную точку Р' (рисунок 1в), которая должна располагаться в пределах 3-5 м от определяемого пункта Р, в отдельных случаях (редкая исходная сеть, ограниченное время на выполнение работ и т.п.) допускается использовать полярный способ, схема реализации которого приведена на рисунке 1г, при этом для контроля получения координат пункта Р выполняют измерения с точки А', удаленной от точки А не менее чем на один метр.

При проектировании определения координат пунктов СГС методом полигонометрии должны выполняться требования, указанные в таблицах 5,6 данных методических указаний.

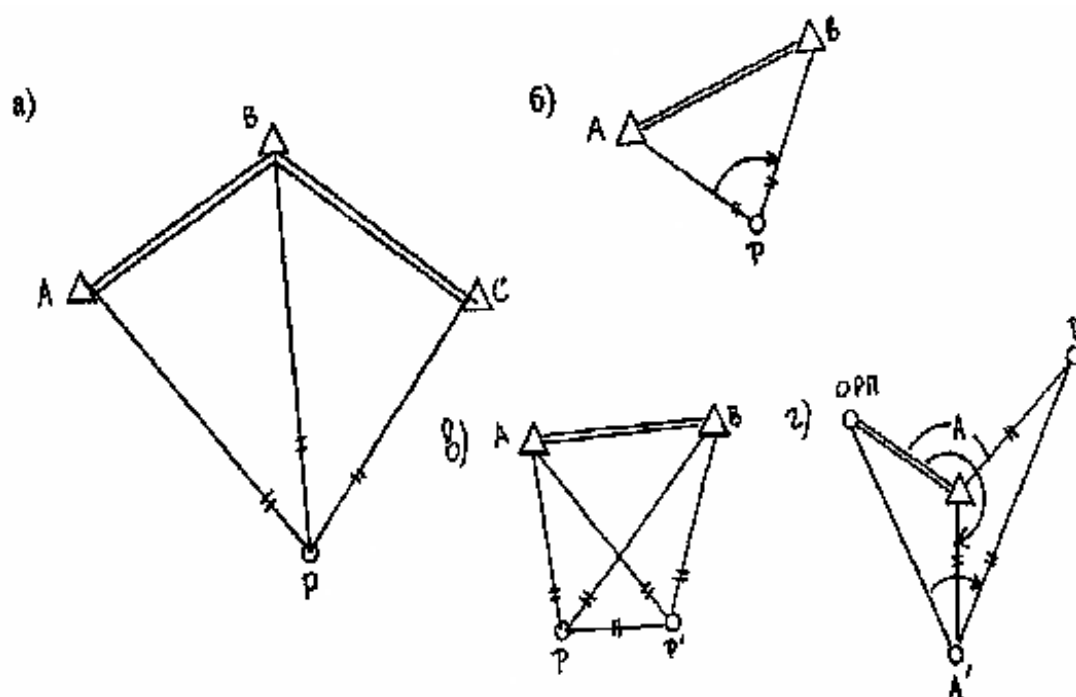


Рисунок 1- Схемы определения точек методом триангуляции

Таблица 5 – Требования при проектировании

Характеристики	Допустимые величины		
	СГС-15	СГС-30	СГС-60
Длина хода, км	30	35	50
Средняя квадратическая погрешность измерения угла	5"	10"	15"
Максимальное число углов поворота (n) в ходе между двумя исходными пунктами	60	90	130
Максимальное число углов поворота в ходе между исходным и узловым пунктами	50	70	100
Угловая невязка хода	$12'' \sqrt{n}$	$25'' \sqrt{n}$	$40'' \sqrt{n}$

(n – число углов в ходе)

Таблица 6 - Требования при проектировании

Характеристики	Допустимые величины
Длина хода, км	15
Максимальное число сторон между узловым и исходным пунктами	3
Средняя квадратическая относительная погрешность измерения стороны по внутренней сходимости	1:150 000
Средняя квадратическая погрешность измерения угла	2"
Угловая невязка хода	$5'' \sqrt{n}$

(n – число углов поворота в ходе)

При проектировании определения координат пунктов 4 класса вставкой систем и отдельных пунктов предусматривают избыточные измерения длин сторон. Возможные схемы определения координат пунктов показаны на рисунке 2.

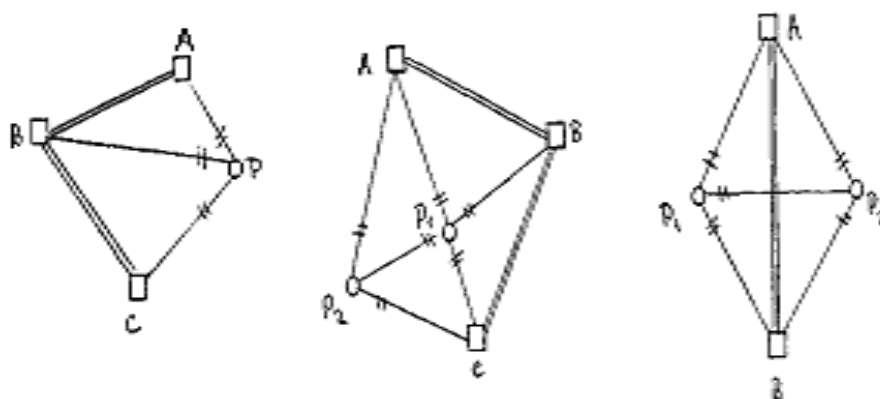


Рисунок 2 – Возможные схемы определения координат пунктов.

При проектировании составляют сводку сторон, подлежащих измерению светодальномером СТ-5, и по топографической карте масштаба 1:100 000 и крупнее определяют их приближение длины ($D_{пр.}$) с точностью до 0,5 км.

4 Проверки и исследования

Проверки и исследования светодальномера СТ-5 выполняют с целью оценки технического состояния прибора, пригодности его к эксплуатации, подготовки к измерениям и контроля стабильности его рабочих параметров.

Результаты проверок и исследований оформляют в виде ведомости, заверяемой службой метрологии и стандартизации (метрологом предприятия, руководителем работ).

Для проведения проверок и исследований светодальномера СТ-5 необходимы - комбинированный прибор типа Ц4353, частотомер типа ЧЗ-54 и рулетка типа РС-2.

Указанные средства должны быть проверены.

Проверки светодальномера СТ-5 проводят до начала полевых работ и в ходе их выполнения. Объем проверок зависит от того, в каком режиме будут проводиться измерения.

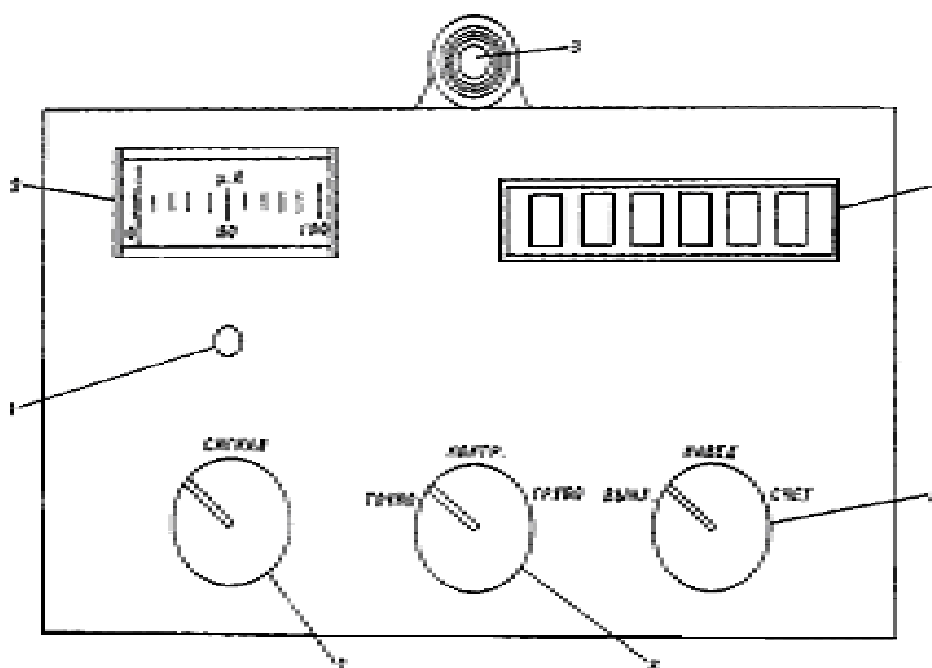
Перед измерением расстояний в режиме «ГРУБО» проверяют состояние аккумуляторных батарей, работоспособность схемы контроля напряжения источника питания, исправность индикаторов цифрового табло (рисунок 3), параллельность приемопередающего тракта и визирной оси зрительной трубы, схему измерения температурного ухода частоты кварцевого генератора.

При измерении расстояний в режиме «ТОЧНО» дополнительно проверяют схему установки контрольного отсчета, цилиндрический уровень приемопередатчика, оптический центрир приемопередатчика, круглый уровень отражателя, оптические центриры ЦО-30.

Перед измерениями коротких линий с повышенной точностью ($m_D=3$ мм), кроме перечисленных проверок, определяют номинальный уровень сигнала.

Состояние аккумуляторных батарей, разрядного и зарядного устройства проверяют в соответствии с требованиями Технического описания и инструкции по эксплуатации источника питания, а также паспорта на зарядное устройство к источникам питания светодальномеров. При необходимости после проведения проверки производят зарядку аккумуляторных батарей.

Работоспособность схемы контроля напряжения источника питания светодальномера проверяют следующим образом: переключатели режима работы ВЫКЛ-НАВЕД-СЧЕТ и ТОЧНО-КОНТР-ГРУБО устанавливают в положения «ВЫКЛ» и «КОНТР». Соединяют кабелем приемопередатчик с источником питания. Подсоединяют к аккумуляторной батарее (параллельно) комбинированный прибор Ц4353. Показания контрольного прибора приемопередатчика должны быть в пределах 60 – 90 мА, а показания прибора Ц4353 – в пределах от 6 до 9 В.



1 – ручка установки контрольного отчета; 2 – контрольный прибор; 3 – окуляр зрительной трубы; 4 – цифровое табло; 5 – переключатель ВЫКЛ – НАВЕД – СЧЕТ; 6 – переключатель ТОЧНО – КОНТР - ГРУБО; 7 – ручка СИГНАЛ.

Рисунок 3 – Передняя панель светодальномера

При напряжении аккумуляторной батареи менее 6в (по шкале контрольного прибора менее 60 мА) должна срабатывать звуковая сигнализация микротелефона, свидетельствующая о необходимости подзарядки аккумуляторной батареи.

Исправность индикаторов табло проверяют при установке переключателей режима работы в положения «КОНТР» и «СЧЕТ». При этом на трех правых индикаторах табло в течении 2–3с должна высвечиваться цифра «8». При установке переключателей режима работы в положения «ТОЧНО», («ГРУБО») и «СЧЕТ» цифра «8» должна высвечиваться в течение 2–3с на всех индикаторах табло.

Параллельность приемопередающего тракта и визирной оси зрительной трубы проверяют следующим образом. Устанавливают светодальнометр на штативе и горизонтируют его. Подключают источник питания. На объектив приемо-передатчика надевают металлическую сетку – аттенюатор. На расстоянии 30 – 40 м от приемопередатчика устанавливают штатив с закрепленной подставкой. С помощью оптического центра ЦО-30 горизонтируют подставку и устанавливают на ней блок 6-призменного отражателя с одной (центральной) призмой. Наводят центр сетки нитей зрительной трубы приемопередатчика на отверстие для установки верхней призмы. Переключатели режима работы переводят в положения

«ТОЧНО» и «НАВЕД» и наводящими винтами уточняют наведение приемопередатчика на отражатель по максимальному отклонению стрелки контрольного прибора.

Если смещение отверстия для установки верхней призмы в поле зрения трубы не превышает половины радиуса малой окружности сетки нитей, то условие параллельности приемопередающего тракта и визирной оси выполнено. В ином случае положение сетки нитей исправляют. Для этого поворачивают колпачок окуляра до совмещения пазов колпачка со шлицами юстировочных винтов сетки нитей и попарным вращением противоположных винтов вводят изображение отверстия в центр окружности сетки нитей. После этого винты закрепляют и повторяют проверку.

Схему измерения температурного ухода частоты кварцевого генератора проверяют при установке переключателей режима работы в положения «КОНТР» и «СЧЕТ». При этом снимают с табло не менее трех отсчетов Δ_{kf} . При исправной схеме температуры среднее значение Δ_{kf} не должно выходить за пределы, указанные в паспорте прибора.

Схему установки контрольного отсчета проверяют при надетом на объектив приемопередатчика блоке контрольного отсчета (аттенюатор снят). Установив переключатели режима работы в положения «ТОЧНО» и «СЧЕТ» и уровень сигнала в пределах 45 – 55 мА, снимают с табло цифроиндикатора два отсчета $\Delta_{ко}$. Вращая ручку установки контрольного отсчета по часовой и против часовой стрелки, проверяют возможность измерения контрольного отсчета в пределах ± 10 мм от паспортного значения. После проведения проверки ручной установки контрольного отсчета устанавливают его паспортное значение - $\Delta_{ко}$.

Цилиндрический уровень приемопередатчика светодальномера проверяют следующим образом. Устанавливают приемопередатчик на штатив так, чтобы ось уровня была ориентирована по направлению двух подъемных винтов подставки. Одновременным вращением подъемных винтов в противоположные стороны выводят пузырек уровня на середину. Поворачивают приемопередатчик на 180° и контролируют положение пузырька уровня.

Если пузырек уровня отклонился от середины ампулы более чем на одно деление, его выводят на середину: на половину величины отклонения юстировочными винтами уровня, на половину – подъемными винтами подставки, и вновь выполняют проверку.

Оптический центрир приемопередатчика проверяют следующим образом. Устанавливают приемопередатчик на штативе над заданной точкой. Вращением подъемных винтов подставки вводят изображение точки в центр малой окружности сетки нитей центрира. Наблюдая в окуляр центрира, вращают приемопередатчик вокруг вертикальной оси. Если смещение изображения точки не выходит за пределы малой окружности сетки, оптический центр считается отъюстированным. В ином случае, сняв диоптрийное кольцо окуляра и крышу, освобождают винты, скрепляющие окулярную часть центрира, и устанавливают сетку в положение, при

котором изображение точки при вращении приемопередатчика вокруг вертикальной оси будет находиться в центре малой окружности. После этого закрепляют винты, устанавливают крышу и диоптрийное кольцо на место.

Круглый уровень отражателя проверяют в такой последовательности: устанавливают отражатель на штатив и разворачивают его так, чтобы два юстировочных винта уровня располагались по направлению двух подъемных винтов подставки. Вращением подъемных винтов подставки приводят пузырек уровня на середину и поворачивают отражатель на 180° . Если пузырек уровня отклонился от середины ампулы не более чем на половину деления, условие параллельности оси уровня и оси вращения отражателя выполняется. В ином случае половину отклонения устраняют юстировочными винтами уровня, а остальную часть – подъемными винтами подставки и повторяют проверку.

Оптический центрир ЦО-30 проверяют в два этапа. Сначала проверяют цилиндрический и круглый уровни центрира, затем перпендикулярность оси цилиндрического уровня к визирной оси центрира.

Цилиндрический уровень центрира ЦО-30 проверяют по методике цилиндрического уровня приемопередатчика.

После проверки и юстировки цилиндрического уровня проверяют круглый уровень. Для этого с помощью цилиндрического уровня тщательно горизонтируют центрир. Если после этого пузырек круглого уровня сместился от середины ампулы более чем на половину деления, вращением юстировочных винтов его выводят в центр ампулы.

Для проверки перпендикулярности оси цилиндрического уровня к визирной оси оптического центрира его устанавливают на штативе над заданной точкой. Вращением подъемных винтов подставки вводят изображение точки в центр окружностей сетки нитей. Если при вращении центрира вокруг вертикальной оси изображение точки выходит за пределы малой окружности сетки нитей, освобождают зажимные винты окуляра и устанавливают сетку нитей в положение, при котором изображение наблюдаемой точки при вращении центрира будет оставаться в центре окружности.

Для определения номинального уровня сигнала на объектив приемопередаточной трубы светодальномера устанавливают блок контрольного отсчета, подключают к прибору источник питания, поворачивают ручку СИГНАЛ против часовой стрелки до упора и устанавливают переключатели режима работы в положения «ТОЧНО» и «СЧЕТ».

Наблюдая за показанием контрольного стрелочного прибора и за цифрами табло, плавно поворачивают ручку СИГНАЛ до момента срабатывания счетного блока (на табло появляется пульсирующая точка). Через 4 – 5 с работы счетного блока внутри прибора происходит автоматическое переключение с режима «ДИСТАНЦИЯ» в режим «ОКЗ». При этом стрелка контрольного прибора займет положение, которое будет соответствовать номинальному уровню сигнала.

Исследование светодальномера СТ-5 выполняют после проведения проверок. В ходе исследований определяют: значение частоты генератора, дальность действия светодальномера, значение приборной поправки для режима измерений «ГРУБО», значение циклической составляющей приборной поправки для режима измерений «ТОЧНО» и измерений с повышенной точностью, значение приборной поправки для измерений с повышенной точностью, точность измерения расстояний светодальномером СТ-5.

Частоту f генератора определяют с помощью частотомера ЧЗ-54 следующим образом. Подключают частотомер к сети и прогревают его в течение одного часа, переключатель времени счета устанавливают в положение « 10^4 mS ». Подключают приемопередатчик светодальномера к аккумуляторной батарее, переключатели режима работы устанавливают в положения «КОНТР» и «СЧЕТ». Сняв крышку на левой колонке приемопередатчика, подключают к гнездам $\perp$ и f частотомер. Через 20 минут с табло частотомера и приемопередатчика снимают по 10 отсчетов частоты f и значений Δ_{kf} и вычисляют их средние значения. По графику, приведенному в паспорте светодальномера, по среднему значению Δ_{kf} определяют температурный уход частоты Δ_{f_1} и вычисляют отклонение действительного значения частоты от номинального ($f_{\text{ном}}=14\,985\,500 \text{ Гц}$) по формуле:

$$\Delta f = 10 \cdot f_{\text{ср}} - (f_{\text{ном}} + \Delta f_1), \quad (1)$$

Если значение Δf превышает 20 Гц, частоту генератора выводят в номинал с помощью резистора f , расположенного под крышкой на левой колонке приемопередатчика. Погрешность установки частоты в номинал не должна превышать 5 Гц.

Дальность действия светодальномера СТ-5 определяют в условиях хорошей видимости (метеорологическая дальность видимости не менее 20 км) на ровной открытой местности. Светодальномер устанавливают на штатив и готовят к работе в соответствии с настоящими методическими указаниями (раздел 4). В 5 км от прибора устанавливают отражатель с восемнадцатью призмами. Выполняют измерение расстояния одним приемом в режиме «ТОЧНО». Если расстояние измеряется уверенно (сбоев не наблюдается), его увеличивают примерно на 500 м и повторяют измерения и т. д., до тех пор, пока имеется возможность измерения расстояния. Наибольшая измеренная дальность характеризует предельную дальность действия исследуемого дальномера.

Если начальное расстояние ($\sim 5 \text{ км}$) измерить не удастся, его уменьшают, примерно на 2 км. Если и это расстояние измерить не удастся, прибор отправляют в ремонт.

Приборную поправку светодальномера СТ-5 для режима измерений «ГРУБО» определяют в условиях хорошей видимости на образцовых линиях длиной 0,5; 2 и 5 км, известных с погрешностью не более 3 см. Каждую линию измеряют шестью приемами, в соответствии с настоящими метеорологическими указаниями

(раздел 4). В результаты измерений вводят поправку за метеоусловия и температурный уход частоты $\delta_{v.f.}$. Значение приборной поправки вычисляют по формуле:

$$\delta_{ki}^{(r)} = D_{обрi} - D_i^{(r)}, \quad (2)$$

где $D_{обрi}$ - длина образцовой линии, см;

$D_i^{(r)}$ - измеренная длина линий, исправленная поправкой $\delta_{v.f.}$.

Примечание - В качестве образцовой можно использовать значение длины той же линии, измеренной в режиме «ТОЧНО»

Если разности между поправками $\delta_{ki}^{(r)}$, полученными из измерений различных линий, не превышают 0,3 м, за окончательное принимают среднее значение поправки $\delta_{ki}^{(r)}$, которое заносят в паспорт прибора. Если указанный допуск не выполняется, производят дополнительные определения поправки $\delta_{ki}^{(r)}$ на линиях 1 км и 3,5 км и за окончательное значение принимают среднее из всех измерений.

Образец вычисления приборной поправки светодальномера СТ-5 для режима измерений «ГРУБО» приведен в приложении Б.

Определение циклической составляющей приборной поправки - δ_ϕ производят следующим образом:

- на удалении ~ 100 м от приемопередатчика в створе устанавливают направляющую длиной не менее 10,5 м. В качестве направляющей могут быть использованы, например, деревянный брус, металлический швеллер и т. п. Направляющая должна обеспечивать установку отражателя и возможность измерения расстояния до него в любой точке;

- на направляющей с помощью рулетки типа РС-2 через 1 м размещают одиннадцать точек с погрешностью не более 1 мм. Измерения расстояний до отражателя, переставляемого последовательно с точки на точку в прямом и обратном направлениях, выполняют в режиме «ТОЧНО», в соответствии с настоящими методическими указаниями (раздел 5), тремя приемами. Перед каждым измерением расстояния на точке определяют температуру и давление воздуха и приемопередатчика, а также значения $\Delta_{ко}$ и Δ_{kf} (снимают по два отсчета).

Расхождение между отсчетами расстояния в приеме v_{max} и между приемами v'_{max} не должны превышать 5 мм. При несоблюдении первого из допусков прием бракуют и выполняют новый прием измерений, который берется в обработку. При несоблюдении второго допуска выполняют дополнительный прием. Если результат дополнительного приема отличается от результатов, полученных в предыдущих приемах, не более чем на $1,25 v'_{max}$, в обработку принимают среднее из всех приемов. При большей величине отклонения в обработку берут среднее из тех приемов, расхождения между которыми не превышают v'_{max} .

Средние значения расстояний исправляют поправками за метеоусловия и температурный уход частоты - $\delta_{v,f}$ и за отклонение действительного значения $\Delta_{\text{ко}}$ ($\delta_{\text{ко}} = \Delta_{\text{ко}} - \overline{\Delta_{\text{ко}}}$).

По исправленным расстояниям D_i' и D_i'' , полученным соответственно для прямого и обратного ходов, вычисляют среднее значения расстояний до каждой точки установки отражателя:

$$D_i = \frac{(D_i' + D_i'')}{2}. \quad (3)$$

При этом в значении D_i единицы, десятки и сотни метров не учитываются. Разности между D_i' и D_i'' и между D_I и D_{II} не должны превышать 5 мм. В противном случае выявляют причину больших расхождений и, при необходимости, повторяют определение циклической поправки целиком или частично (прямой или обратный ход). По значениям D_i , полученным для первых десяти точек, вычисляют значения δ_{φ_i} по формуле:

$$\delta_{\varphi_i} = D_{\text{ср.}} - D_i, \quad (4)$$

$$\text{где } D_{\text{ср.}} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} D_i$$

По значениям δ_{φ_i} строят график циклической поправки.

Если отклонения v_i поправок δ_{φ_i} , снятых с графика, отличаются от приведенных в паспорте менее чем на 3 мм, то используют график, приведенный в паспорте прибора. При отклонении v_i , превышающих 3 мм, полученный график заносят в паспорт прибора и используют в дальнейшем.

Образец вычисления и построения графика циклической составляющей приборной поправки светодальномера СТ-5 приведен в приложении В.

Приборную поправку $\delta_{\text{ки}}^{(r)}$, необходимую для измерения коротких линий с повышенной точностью, определяют по результатам измерений семи образцовых линий с длинами порядка 20, 50, 100, 150, 200, 250 и 300 м, известными с погрешностью не более 1 мм. Указанная точность может быть обеспечена, например, с помощью светодальномера ДК001. При измерениях должно быть предусмотрено принудительное центрирование приемопередатчика и отражателей. Измерения образцовых линий выполняют в две видимости (одна программа измерений утром и одна - вечером). Все измерения выполняют с применением однопризменного отражателя с надетым на объектив приемопередатчика аттенюатором (при определении $\Delta_{\text{ко}}$ аттенюатор снимается).

Измерения линий выполняют в такой последовательности:

1) устанавливают светодальномер и отражатель на конечных точках линии и прогревают приемопередатчик в течение 15–20 минут;

- 2) определяют и корректируют величину $\Delta_{\text{ко}}$ (при этом снимают три отсчета $\Delta_{\text{ко}}$);
- 3) определяют значение $\Delta_{\text{кф}}$ (снимают два отсчета);
- 4) измеряют расстояние в режиме «ТОЧНО» четырьмя приемами (каждый прием включает три отсчета);
- 5) определяют $\Delta_{\text{ко}}$ и $\Delta_{\text{кф}}$;
- 6) измеряют температуру и давление воздуха у приемопередатчика.

При измерении расстояния и контроле $\Delta_{\text{ко}}$ уровни сигналов поддерживают близкими к номинальному. Расхождение между отсчетами в приеме v_{max} и между приемами v_{max} не должны превышать 5 мм. При несоблюдении указанных допусков производят дополнительные измерения по методике, указанной в настоящем разделе. Измеренное расстояние исправляют поправками за метеоусловия и температурный уход частоты - $\delta_{v,f}$, за отклонение $\Delta_{\text{ко}}$ от паспортного значения - $\Delta_{\text{ко}}$ и циклической поправкой - δ_{ϕ} .

При необходимости измеренное расстояние приводят к горизонту и на плоскость в проекции Гаусса.

Значения поправок $\delta_{\text{ки}}^{(r)}$ вычисляют по формуле:

$$\delta_{\text{ки}}^{(r)} = D_{\text{обр}} - D_i, \quad (5)$$

где $D_{\text{обр}}$ - образцовая длина линии;

D_i - измеренная длина линии.

По результатам определения поправок $\delta_{\text{ки}}^{(r)}$ строят график, который заносят в паспорт светодалномера. Образец построения графика приборной поправки для измерений с повышенной точностью приведен в приложении Г.

Точность измерения расстояния светодалномером СТ-5 в режимах «ТОЧНО» и «ГРУБО» оценивают по результатам измерений пяти образцовых линий с длинами порядка 0,5; 1; 2,5; 4 и 5 км, известными с погрешностью не более $3 \text{ мм} + 2 \cdot 10^{-6} D$ и 3 см соответственно. Точность измерения линии с повышенной точностью оценивают по результатам измерений пяти образцовых линий с длинами порядка 50, 100, 150, 200 и 300 м, известными с погрешностями не более 1 мм.

Образцовые линии во всех случаях измеряют в соответствии с настоящими методическими указаниями (раздел 4).

Значения средних квадратических погрешностей измерения расстояний для каждого режима m_D , вычисляют по формуле:

$$m_D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{n}}, \quad (6)$$

где Δ_i – разность между результатом измерений i -й образцовой линии и ее действительным значением;

n – число измеряемых линий.

Величина m_D для режима измерений «ТОЧНО» не должна превышать 10 мм $+5 \cdot 10^{-6} \cdot D$, для режима «ГРУБО» - 10 см, а для измерений с повышенной точностью - 3 мм.

При проведении проверок и исследований все записи и вычисления выполняются в полевом журнале.

5 Полевые работы

Полевые работы состоят из рекогносцировки пунктов, уточнения проекта, закладки центров, постройки наружных знаков и полевых измерений.

Рекогносцировку пунктов, уточнение проекта, закладку центров и постройку наружных знаков осуществляют в соответствии с инструкцией по ГГС.

Работы по измерению расстояния светодальномером СТ-5 состоят из развертывания прибора, подготовки светодальномера к измерениям, собственно измерений, определения температуры и давления воздуха, определения высот установок приемопередатчика и отражателя, свертывания прибора.

Развертывание прибора состоит из установки приемопередатчика и отражателя над центрами пунктов и горизонтирования.

При измерении расстояния в режиме «ТОЧНО», в том числе и при измерениях с повышенной точностью, центрирование приемопередатчика, установленного на штативе, осуществляется с помощью оптического центрира, встроенного в основание светодальномера, а при установке на теодолит – с помощью оптического центрира, встроенного в теодолит. Центрирование отражателя осуществляется с помощью оптического центрира ЦО-30. При измерении расстояния в режиме «ГРУБО» центрирование приемопередатчика и отражателя может осуществляться с помощью нитяного отвеса. Необходимое число призм отражателя выбирается в зависимости от длины измеряемой линии ¹⁾ (смотрите таблицу 7).

Таблица 7 – Необходимое число призм

Длина линии, км	Число призменного отражателя
1	1*
2	3
3	6
4	12
5	18

Переключатели режима работы устанавливают в положения «КОНТР», «ВЫКЛ», ручку СИГНАЛ поворачивают против часовой стрелки до упора. Подключают аккумуляторную батарею и контролируют показания контрольного прибора (отсчет должен быть в пределах 60–90 мА).

¹⁾ При измерениях линий до 500 м на объектив приемопередатчика устанавливается аттенюатор (устройство для понижения напряжения или мощности электрических или электромагнитных колебаний).

Подготовка светодаляномера к измерениям состоит из проверки индикатора табло, определения и корректировки контрольного отсчета (в соответствии с разделом 2) и наведении приемопередатчика на отражатель.

При наведении приемопередатчика на отражатель переключатель режима работы устанавливают в положение «ТОЧНО» и «НАВЕД». Ручку СИГНАЛ поворачивают по часовой стрелке до упора. Наводя приемопередатчик на отражатель, добиваясь максимального отклонения стрелки контрольного прибора. Если при наведении приемопередатчика стрелка контрольного прибора зашкаливает, ручкой СИГНАЛ ее выводят в среднее положение. О готовности прибора к измерениям свидетельствует звуковая сигнализация микротелефона.

Программ измерений линий в режиме «ТОЧНО» состоит из определения контрольного отсчета ($\Delta_{ко}$), определения температурного ухода частоты (Δ_{kf}), измерения расстояния.

Для определения величины $\Delta_{ко}$ на объектив приемопередатчика устанавливают блок контрольного отсчета. Переключатели режима работы устанавливают в положения «ТОЧНО» и «СЧЕТ», уровень сигнала устанавливают в пределах 40-60 мА и после звукового сигнала микротелефона снимают с электронного табло два отсчета $\Delta_{ко}$. Если разность между первым и вторым отсчетами $\Delta_{ко}$ превышает 2 мм, снимают дополнительный отсчет. Среднее из последних двух отсчетов записывают в журнал.

Для определения температурного изменения частоты переключатели режима работы устанавливают в положения «КОНТР» и «СЧЕТ» и после звукового сигнала снимают с табло два отсчета Δ_{kf} . Среднее их значение записывают в журнал.

Измерение расстояния выполняют тремя приемами. Прием измерения состоит из контроля наведения приемопередатчика на отражатель (при положении переключателей режима работы «ТОЧНО», «НАВЕД») по максимальному уровню отраженного сигнала и снятия с табло цифроиндикатора (при положении переключателей «ТОЧНО» и «СЧЕТ») двух отсчетов измеряемого расстояния. Если уровень сигнала недостаточен для измерения расстояния, его увеличивают вращением ручки СИГНАЛ. При этом первый отсчет, полученный после регулировки сигнала, в обработку не берется. Результаты измерений записывают в журнал (приложение Д). Расхождение между отсчетами в приеме v_{max} и средними значениями из приемов v'_{max} не должны превышать 15 мм. При превышении этого допуска выполняют дополнительный прием измерений (раздел 3).

При измерении расстояния свыше 3 км или, если продолжительность измерений превышает 10 минут, в конце измерений дополнительно определяют значение Δ_{kf} .

Программа измерения расстояний в режиме «ГРУБО» состоит из определения температурного ухода частоты (Δ_{kf}) и двух приемов измерений. В каждом приеме производят контроль наведения приемопередатчика на отражатель и сни-

мают с табло два отсчета при установке переключателей в положения «ГРУБО» и «СЧЕТ». Результаты измерений записывают в журнал (приложение Е).

Разности v_{max} и v'_{max} не должны превышать 0,5 и 0,3 м соответственно. При несоблюдении этих требований выполняют дополнительный прием измерений.

Программа измерений линий до 300 м с повышенной точностью ($m_D \approx 3$ мм) состоит из определения значения контрольного отсчета - $\Delta_{ко}$ и температурного изменения частоты - Δ_{kf} , измерения расстояния, повторных определений величин $\Delta_{ко}$ и Δ_{kf} .

При определении величины $\Delta_{ко}$ (раздел 3) уровень сигнала устанавливают равным номинальному значению, определенному в соответствии с разделом 3.

Перед началом измерений расстояния на объектив светодальномера надевают аттенюатор. Измерение расстояния выполняют четырьмя приемами, каждый из которых включает наведение приемопередатчика на отражатель и снятия трех отсчетов при установке переключателей режима работы в положения «ТОЧНО» и «СЧЕТ». Перед началом каждого приема уточняют наведение приемопередатчика на отражатель в вертикальной и горизонтальной плоскостях, а также уточняют установку номинального уровня сигнала ручкой СИГНАЛ. Результаты измерений расстояний записывают в журнал (приложение В). Контрольные разности v_{max} и v'_{max} не должны превышать 5 мм. При несоблюдении указанных допусков выполняют дополнительный прием измерений, в соответствии с разделом 2.

Температуру (t) и давление (P) воздуха определяют в начале программы измерений: при длине линии до 2 км – только в точке стояния приемопередатчика, а более 2 км – и в точке стояния отражателя. Температуру измеряют с помощью термометра-пращи ТМ8, а давление с помощью барометра-анероида БАММ. Результаты измерений величин t и P округляют до 1°C и до 0,1 кПа (0,1 мм рт. ст.), соответственно и записывают в журнал (приложение Д, Е, Ж).

Высоту установки приемопередатчика и отражателей над центрами пунктов измеряют рулеткой типа РС-2 и записывают в журнал, округляя до 1 см при измерениях в режиме «ТОЧНО», до 1 дм при измерениях в режиме «ГРУБО» и до 1 мм при измерениях с повышенной точностью.

Свертывание светодальномера заключается в укладке его в транспортировочный ящик и подготовке к транспортированию.

6 Обработка результатов измерений

Обработка результатов измерений состоит из проверки и обработки полевых журналов, проверки центрировочных листов (при необходимости), вычисления расстояний в сводной ведомости, вычисления координат пунктов, подготовки материалов к сдаче.

Проверку и обработку полевых журналов (приложение Д, Е, Ж) производят непосредственно в районе работ. В журналах проверяют полноту и правильность записей, соответствие контрольных разностей v_{max} и v'_{max} установленным для данного режима измерений допускам. Обработка журналов состоит из вычисления средних значений $\Delta_{ко}$, Δ_{kf} , t , P , измеренного расстояния $D_{изм}$, наклонного расстояния D_n и расстояния, приведенного к горизонту D_o .

Расстояние D_n вычисляют по следующим формулам:

- при измерениях в режиме «ТОЧНО»

$$D_n = D_{изм} + \delta_{v,f} + \delta_{ко} + \delta_{\phi}, \quad (7)$$

- при измерениях в режиме «ГРУБО»

$$D_n = D_{изм} + \delta_{v,f} + \delta_{\phi}^{(r)}, \quad (8)$$

- при измерениях с повышенной точностью

$$D_n = D_{изм} + \delta_{v,f} + \delta_{ко} + \delta_{\phi} + \delta_{\phi}^{(r)}, \quad (9)$$

где $\delta_{v,f}$ – поправка за метеоусловия и температурный уход частоты;

$\delta_{ко}$ – поправка за отклонение контрольного отсчета от паспортного значения;

δ_{ϕ} – циклическая составляющая приборной поправки;

$\delta_{\phi}^{(r)}$ – приборная поправка для режимов измерений «ГРУБО»;

$\delta_{\phi}^{(r)}$ – приборная поправка для режимов измерений «ТОЧНО».

Поправку $\delta_{ко}$ вычисляют по формуле:

$$\delta_{ко} = \overline{\Delta_{ко}} - \Delta_{ко}, \quad (10)$$

где $\overline{\Delta_{ко}}$ – паспортное значение контрольного отсчета;

$\Delta_{ко}$ – измеренное значение контрольного отсчета.

Поправку $\delta_{v,f}$ вычисляют по формуле:

$$\delta_{v,f} = (K_v + K_f) \cdot 10^{-5} \cdot D_{\text{изм}}, \quad (11)$$

где K_v – коэффициент, выбираемый из таблицы, приведенной в техническом описании и инструкции по эксплуатации светодальномера, по величинам t и P ;

K_f – коэффициент, определяемый по графику, приведенному в паспорте светодальномера, по измененному значению Δ_{kf} .

Значения коэффициентов K_v и K_f определяют с точностью до 0,1.

При обработке результатов измерений в режиме «ГРУБО» K_v и K_f выбирают с точностью до 1.

Поправку δ_ϕ выбирают из паспорта прибора по величине $d_{\phi i}$ (метры и дециметры в значении $D_{\text{изм}}$).

Значения поправок $\delta^{(r)}_k$ и $\delta^{(t)}_k$ выбирают из паспорта прибора по значению $D_{\text{изм}}$.

Для приведения наклонного расстояния D_n к горизонту в результаты измерений вводят поправку δ_h , вычисляемую по формуле:

$$\Delta_h = -h(K_1 + K_1^3), \quad (12)$$

где $K_1 = h/2D$.

Величину K_1 вычисляют с точностью до шестого знака после запятой для режима «ТОЧНО» и измерений с повышенной точностью, до пятого знака для режима «ГРУБО».

Горизонтальное положение D_0 может быть также вычислено по формуле:

$$D_0 = \sqrt{D_n^2 - h^2}, \quad (13)$$

Значение h в зависимости от режима измерений и наклона линии должно определяться с погрешностями (в мм) не более приведенных в таблице 8.

Таблица 8

Режим измерений	h/D						
	0,3	0,2	0,1	0,08	0,06	0,04	0,02
С повышенной точностью	3	4	8	10	13	20	40
«ТОЧНО»	10	15	30	38	50	75	150
«ГРУБО»	100	150	300	380	500	750	1500

Определение элементов приведения выполняют графическим или аналитическим способом. При необходимости окончательная обработка результатов измерения расстояния выполняется в ведомости.

Расстояние d , редуцированное на плоскость в проекции Гаусса вычисляют по формуле:

$$d = D_0 + \delta_c + \delta_r + \delta_H + \delta_L, \quad (14)$$

где D_0 - расстояние (в м), приведённое к горизонту;

δ_c , δ_r - поправки за центрировку и редукцию;

δ_H - поправка за приведение расстояния на уровень моря (в мм), вычисляемая по формуле $\delta_H = (0,1567 \cdot H_m \cdot D_0) \cdot 10^{-3}$, H_m - средняя высота линии (в м) над уровнем моря; D_0 - в метрах;

δ_L - поправка за приведение расстояния на плоскость в проекции Гаусса (в мм), вычисляемая по формуле $\delta_L = K_2 \cdot D_0$. K_2 выбирают из таблицы 45, Руководства, часть 1, по средней ординате измеряемой линии - Y_m .

Поправки на расстояниях $D_{изм}$, полученные в режимах «ТОЧНО» и с повышенной точностью, вычисляют до миллиметра и десятых долей миллиметра соответственно, в режиме «ГРУБО» - до сантиметра.

Вычисляя координат пунктов СГС, выполняют по результатам полигонометрии, трилатерации, линейными, линейно-угловыми засечками и полярным способом при изменениях в режиме «ГРУБО».

Вычисления координат пунктов ГГС 4 класса, а также вычисления и уравнения локально линейных и линейно-угловых геодезических построений, создаваемых с применением светодальнометра СТ-5 выполняют в соответствии с действующими или специально разрабатываемыми нормативно-техническими документами.

После выполнения задания по определению координат пунктов СГС, ГГС 4 класса или локальных геодезических построений представляют к сдаче следующие материалы:

- схему определения пунктов с пояснительной запиской;
- список координат и высот;
- материалы вычислений;
- полевые журналы и центрировочные листы (при необходимости).

Все представляемые материалы должны быть проверены и надлежащим образом оформлены.

7 Список использованных источников

1. **Михелев, Д.Ш.** Инженерная геодезия [Текст] : учеб. пособие для вузов / Д.Ш.Михелев, Е.Б.Клюшин, М.И.Киселев, В.Д.Фельдман; Под ред. Д.Ш.Михелева. – 3-е изд. Испр. - М.: Высшая школа, 2002. – 464 с.:ил.; 21 см. – 8000 экз. – ISBN 5-06-004176-X.

2. **Интулов, И.П.** Инженерная геодезия [Текст] : учеб. пособие для вузов / И.П.Интулов, Воронеж: Воронеж. гос. арх.-строит. университет, 2001. – 273 с. – ISBN 5-89040-074-6.

3. **Хаметов, Т.И.** Задачи и упражнения по инженерной геодезии [Текст] : учеб. пособие / Золотцева Л.Н., Громада Э.К. – М.: Высшая школа, 2001. – 142 с. – ISBN 5-06-003996-X.

Приложение А (справочное)

Основные тактико-технические характеристики светодальномера СТ-5

Таблица А.1 - Основные тактико-технические характеристики светодальномера СТ-5

№ п/п	Наименование характеристики	Величина
1	2	3
1	Диапазон измеряемых расстояний, м	0,2- 5000
2	Средняя квадратическая погрешность измерения расстояния, мм	
	- режиме «ТОЧНО»	$10+5 \cdot 10^{-6} \cdot D$
	- режиме «ГРУБО»	100
3	Время подготовки прибора к измерениям, мин	15
	Время изменения расстояния одним приёмом, с	
4	- в режиме «ТОЧНО»	20
	- в режиме «ГРУБО»	8
5	Индикация измеряемого расстояния	на табло, в мм
6	Частоты модуляции, кГц	149,85 14985,50
7	Источник излучения	светодиод на арсениде галлия
8	Длина волны излучения, нм	910
9	Мощность излучения, Вт	5
10	Напряжение источника питания, В	6-8,5
11	Потребляемая мощность, Вт	5
12	Угол поля зрения трубы	3
13	Увеличение зрительной трубы, крат	12
14	Условия эксплуатации:	
	- температура окружающей среды, С°	от -30 до +40
	- атмосферное давление, гПа	от 840 до 1060
	- относительная влажность, %	98 при +35°С
15	Масса блоков без упаковки, кг	
	- приёмопередатчик с основанием	5
	- аккумуляторная батарея	4
16	Масса прибора, кг	
	- в рабочем положении	15
	- комплекта	60

Приложение Б (справочное)

Образец вычисления приборной поправки светодальномера СТ-5
для режима измерений «ГРУБО»

Таблица Б.1 - По результатам измерений образцовых линий

Линия	$D_{обр,м}$	$D_{изм,м}^{(r)}$	$\delta_{v,f,м}$	$\delta_{h,м}$	$\delta_{H,м}$	$\delta_{L,м}$	$D_{i,м}^{(r)}$	$\delta_{ki,м}^{(r)}$
Pn11-Pn4	786.88	786,55	0,01	-0,06	-0,04	0,24	786,70	0,18
Pn11-Pn6	2039.58	2038,82	0,03	0	-0,09	0,62	2039,38	0,20
Pn11-Pn10	4690.85	4689,55	0,07	-0,18	-0,22	1,43	4690,65	0,20

$$\delta_{к}^{(r)}=0,19 \text{ м}$$

Таблица Б.2 - По результатам одновременных измерений в режимах «ГРУ-
БО» и «ТОЧНО»

Линия	$D_{изм,м}^{(r)}$	$D_{изм,м}^{(r)}$	$\delta_{ki,м}^{(r)}$
Pn11-Pn14	786,72	786,55	0,17
Pn11-Pn6	2039,02	2038,82	0.20
Pn11-Pn10	4689,72	4689,55	0,17

$$\delta_{к}^{(r)}=0,18 \text{ м}$$

Приложение В (справочное)

Образец вычисления и построения графика циклической составляющей приборной поправки светодальномера СТ-5

Таблица В.1 - Вычисление циклической составляющей приборной поправки δ_ϕ

№ ТОЧКИ	$D_i', \text{ м}$	$D_i'', \text{ м}$	$D_i, \text{ мм}$	$\delta_{\varphi i}, \text{ мм}$	$\delta_{\varphi i}, \text{ м}$	$\delta_{\varphi i} \sin x_i$	$\delta_{\varphi i} \cos x_i$	$\delta_{\varphi i}^{\circ}, \text{ мм}$	$v_i = \delta_{\varphi i} - \delta_{\varphi i}^{\circ}, \text{ мм}$
1	87,313	87,311	312,0	-2,2	7,3	2,2	0,3	-1,8	-0,4
2	88,315	88,313	314,0	-4,2	8,3	3,6	-2,0	-3,2	-1,0
3	89,313	89,313	313,0	-3,2	9,3	1,4	-2,9	-3,4	0,2
4	90,312	90,310	311,0	-1,2	0,3	-0,2	-1,2	-2,2	1,0
5	91,310	91,310	310,0	-0,2	1,3	-0,1	-0,1	-0,2	0,0
6	92,310	92,306	308,0	+1,8	2,3	1,8	0,2	1,8	0,0
7	93,310	93,306	308,0	+1,8	3,3	1,6	-0,9	3,2	-1,4
8	94,305	94,305	305,0	+4,8	4,3	2,0	-4,3	3,4	1,4
9	95,307	95,309	308,0	+1,8	5,3	-0,3	-1,8	2,2	-0,4
10	96,308	96,310	309,0	+0,8	6,3	-0,6	-0,5	0,2	0,6
11	97,311	97,311	-	-	-	-	-	-	-
		$D_{\text{ср}}=309,8$		0.0		$\Sigma=11,4$	$\Sigma=-13,2$		$\Sigma v_i^2=6,64$

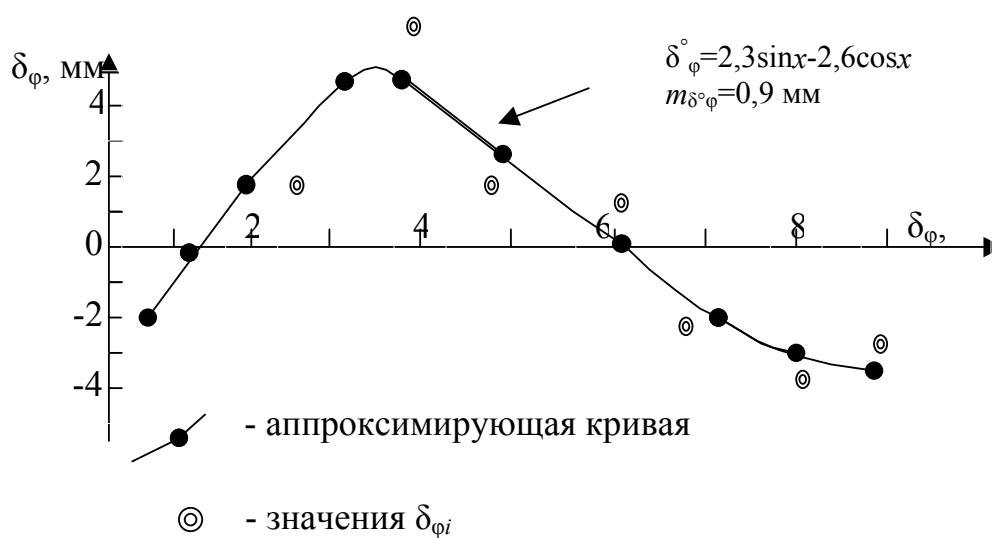


Рисунок В.1 – График циклической составляющей приборной поправки
светодальномера СТ-5

Пояснения к таблице и графику.

D_i' - расстояния, полученные в прямом ходе;

D_i'' - расстояния, полученные в обратном ходе;

$D_i = \frac{1}{2}(D_i' + D_i'')$ – среднее расстояние без учета единиц, десятков и сотен метров;

$$D_{cp.} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} D_i ;$$

$$\delta_{\varphi i} = D_{cp} - D_i ;$$

где $\delta_{\varphi i}$ – часть фазового цикла от его начала до i – й точки (длина фазового цикла равна 10 м).

Поправка $\delta_{\varphi i}$ в пределах фазового цикла вычисляется по формуле

$$\delta_{\varphi i}^{\circ} = a \sin x_i + b \cos x_i ,$$

$$\text{где } a = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^{10} \delta_{\varphi i} \sin x_i ; \quad b = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^{10} \delta_{\varphi i} \cos x_i .$$

Величины x_i (с точностью до $0,1^{\circ}$) находят по формуле

$$x_i = d_{\varphi i} \cdot 36^{\circ} .$$

Все величины выполняют до десятых долей миллиметра.

Средняя квадратическая погрешность построения графика циклической составляющей приборной поправки $m_{\delta^{\circ}\varphi}$, вычисляют по формуле

$$m_{\delta^{\circ}\varphi} = \sqrt{\frac{[v_i v_i]}{8}} ,$$

где $v_i = \delta_{\varphi i} - \delta_{\varphi i}^{\circ}$.

Величина $m_{\delta^{\circ}\varphi}$ не должна превышать 2 мм.

Приложение Г (справочное)

Образец вычисления и построения графика приборной поправки для режима
измерений с повышенной точностью

Таблица Г.1 – Вычисление приборной поправки

$D_{\text{обр}}, \text{м}$	$D_i, \text{м}$	$\delta_{\text{к}}^{(\text{т})}, \text{мм}$
20,4532	20,4552	-2,0
50,7525	50,7538	-1,3
100,2042	100,2035	0,7
150,9572	150,9537	3,5
200,9883	200,9872	1,1
250,4314	250,4364	-5,0
300,3770	300,3858	-8,8

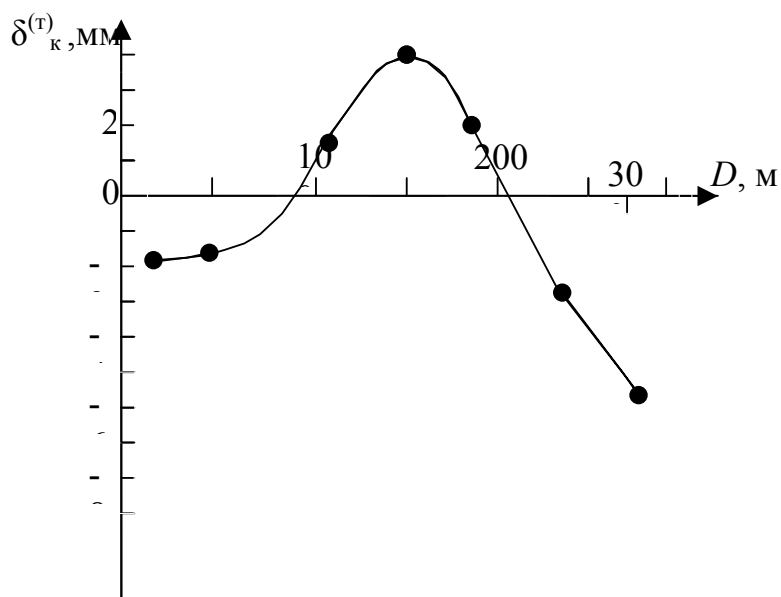


Рисунок Г.1 – График приборной поправки

Приложение Д (справочное)

Образцы записей и вычислений в журнале измерений расстояний светодальномером СТ-5 в режиме «ТОЧНО».

Точка стояния: ПП Михайлино ОТР Новосёлки
 Высоты, м: $H_{ПП}$ 313,60 $H_{ОТР}$ 312,49 i 1,30 v 1,33
 Дата 31,05,1984 Время 19¹⁶ Видимость хорошая, слабый ветер.
 $D_{пр}$ 2,2 км, Отражатель 6 призм.

Таблица Д.1 – Образец записей в режиме «ТОЧНО»

	Начало	Конец	Среднее
$\Delta_{ко}$	106		
Δ_{kf}	102		

Таблица Д.2 – Образец записей в режиме «ТОЧНО»

№ приб.	Изм.	$\Sigma\Delta$	Испр.	№ приб.	Изм.	$\Sigma\Delta$	Испр.	
L	1673	16,1	0,1	16,2				
P	364	727,0	2,2	729,2				

Таблица Д.3 – Образец записей и вычислений в режиме «ТОЧНО»

((«ТОЧНО»)), ((«ГРУБО»))					
	1	2	3	4	5
1	131,944	131,950	131,948		
2	946	946	954		
3					
4					
5					

Среднее	131,945	131,948	131,951		
$v_{\max}$	<u>6мм</u>	K_u	<u>+1.0</u>	D_H	<u>2131,960 м</u>
$D_{изм}$	<u>2131,948</u>	K_f	<u>0.0</u>	δ_h	<u>0</u>
$v'_{\max}$	<u>6 мм</u>	$\Delta_{v,f}$	<u>21 мм</u>	D_v	<u>2131.960 м</u>

Приложение Е

(справочное)

Образцы записей и вычислений в журнале измерений расстояний
светодальномером СТ-5 в режиме «ГРУБО»

Точка стояния: ПП Михайлино ОТР Новоселки

Высоты, м: $H_{ПП}$ 313.6 $H_{ОТР}$ 312.5 i 1.3 v 1.724

Дата 30.05.1984 Время 19⁰⁰ Видимость хорошая

слабый ветер

$D_{пр}$ 2.2 км $\Delta_{ко}$ -- Отражатель 6 призм

Таблица Е.1 – Образец записей в режиме «ГРУБО»

	Начало	Конец	Среднее
$\Delta_{ко}$			
Δ_{kf}	100		

Таблица Е.2 – Образец записей в режиме «ГРУБО»

	ПП				ОТР				Среднее
	№ приб.	изм.	$\Sigma\Delta$	испр.	№ приб.	изм.	$\Sigma\Delta$	испр.	
t	1673	16							
P	364	727							

Таблица Е.3 – Образец записей и вычислений в режиме «ГРУБО»

((«ТОЧНО»)), ((«ГРУБО»))					
Прием Отсчет	1	2	3	4	5
1	131.800	131.800			
2	700	400			
3					
4					
5					

Среднее 131.75 131.60

Y_{max}	<u>0.40 м</u>	Kv	<u>+1.0</u>	$\delta_{ко}$	<u>-</u>	D_H	<u>2131.89 м</u>
v_{max}	<u>0.15 м</u>	K_f	<u>0.0</u>	δ_{ϕ}	<u>-</u>	δ_h	<u>0</u>
$D_{изм}$	<u>2131.68 м</u>	$\delta_{v,f}$	<u>0.02</u>	$\delta^{(r), (r)}_k$	<u>0.19 м</u>	D_o	<u>2131.89 м</u>

Приложение Ж

(справочное)

Образцы записей и вычислений в журнале измерений расстояний
светодальномером СТ-5 с повышенной точностью

Точка стояния: ПП *Pn II* ОТР *Pn I*

Высоты, м: $H_{\text{ПП}}$ *333.275* $H_{\text{ОТР}}$ *328.328* *i* *1.371* *v* *1.724*

Дата *25.05.1984* Время *16³⁰* Видимость *хорошая*

$D_{\text{пр}}$ *0.1 км* $\Delta_{\text{ко}}$ *097* Отражатель *1 призма*

Таблица Ж.1 – Образец записей с повышенной точностью

	Начало	Конец	Среднее
$\Delta_{\text{ко}}$	106	105	105.5
Δ_{kf}	77	78	77.5

Таблица Ж.2 – Образец записей с повышенной точностью

	ПП				ОТР				Среднее
	№ приб.	изм.	$\Sigma\Delta$	испр.	№ приб.	изм.	$\Sigma\Delta$	испр.	
<i>t</i>	1673	23.5	0.1	23.6					
<i>P</i>	364	728.8	2.2	731.0					

Таблица Ж.3 - Образец записей и вычислений с повышенной точностью

(«ТОЧНО»), («ГРУБО»)					
Прием Отсчет	1	2	3	4	5
1	100.731	100.729	100.730	100.730	
2	731	730	731	732	
3	731	728	732	731	
4					
5					

Среднее 100.7310 100.7290 100.7310 100.7310

Y_{max}	<u><i>2.0 мм</i></u>	Kv	<u><i>+1.6</i></u>	$\delta_{\text{ко}}$	<u><i>-8.5 мм</i></u>	D_{H}	<u><i>100.7289 м</i></u>
v_{max}	<u><i>2.0 мм</i></u>	K_f	<u><i>+0.3</i></u>	$\delta_{\text{ф}}$	<u><i>-3.0 мм</i></u>	δ_h	<u><i>-109.1 мм</i></u>
$D_{\text{изм}}$	<u><i>100.7305</i></u>	$\delta_{v,f}$	<u><i>1.9</i></u>	$\delta^{(r)}_{\text{к}}$	<u><i>+8.0 мм</i></u>	D_o	<u><i>100.6198 м</i></u>

Приложение И (справочное)

Ведомость обработки результатов измерений

Линия	Режим измерений	D , м	δ , м	δ , м	$H_{\text{ПП}}$, м	H_m , м	δ_H , м	$Y_{\text{ПП}}$, км	Y_b , км	δ_L , м	d , м
					$H_{\text{ОТР}}$, м			$Y_{\text{ОТР}}$, км			
Михайлино	«ТОЧНО»	2131,960	0	0	313,60	311,04	-0,105	158,0	157,1	0,648	2132,503
Новоселки	«ГРУБО»	2131,89	0	0	312,49	313,0		156,2			
Михайлино	С повышенной точностью	100,6198	0	0	313,6	330,76	-0,10	158,0	157,1	0,65	2132,44
Новоселки					312,5			156,2			
Pn2 – Pn1					328,24		-0,0052	156,2 156,1	156,2	0,0302	100,6448

Ведомость составил *Иванов*

С полевым журналом считано:

Читал *Иванов*

Слушал *Сидоров*

Руководитель работ *Петров*