Главное управление геодезии и картографии
при Совете Министров СССР

ИНСТРУКЦИЯ
ПО ПОЛИГОНОМЕТРИИ И ТРИЛАТЕРАЦИИ

КДЬ.КП

Главное управление геодезии и картографии
при Совете Министров СССР

ИНСТРУКЦИЯ
ПО ПОЛИГОНОМЕТРИИ И ТРИЛАТЕРАЦИИ

Утверждена
начальником Главного управления
геодезии и картографии
при Совете Министров СССР

МОСКВА «НЕДРА» 1976

УДК 528.414+528.35(083.133)

Инструкция по полигонометрии и трилатерации. М., Недра», 1976, 104 с. (Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР).

В Инструкции подробно освещаются общие вопросы построения геодезических сетей методами полигонометрии, трилатерации без постройки наружных геодезических знаков и их сочетанием, приводятся возможные схемы построений. Инструкция рекомендует новейшие инструменты для угловых и линейных измерений, разработанные в последние годы. Описывает порядок выполнения лабораторных и полевых исследований рекомендуемых инструментов.

Инструкция предназначена для предприятий и организаций всех ведомств, занимающихся полигонометрией и трилатерацией.

Табл. 80, ил. 6.

И $\frac{20701-120}{043(01)-76}$ 98—76

© Издательство «Недра», 1976

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

Инструкция по полигонометрии и трилатерации

Редактор издательства *Н. Т. Куприна*
Обложка художника *Г. А. Петрова*
Технический редактор *О. Ю. Трепенок*
Корректор *Н. А. Громова*

Сдано в набор 6/X 1975 г. Подписано в печать 4/II 1976 г. Т-00138 Формат 60×90 1/16.
Бумага № 2 Печ. л. 6,5 Уч.-изд. л. 5,49 Тираж 38 000 экз. Заказ № 1538/5816—15
Цена 27 коп.

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12,
Третьяковский проезд, 1/19.
Московская типография № 32 Союзполиграфпрома при Государственном комитете
Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
Москва, К-51, Цветной бульвар, д. 26.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая Инструкция составлена в соответствии с «Основными положениями о государственной геодезической сети СССР», изд. 1961 г., «Инструкцией о построении государственной геодезической сети СССР» издания 1966 г. и «Основными положениями по созданию топографических планов масштабов 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500» издания 1970 г.

1.2 Наряду с методом триангуляции государственная геодезическая сеть 1 и 2 классов может строиться методом полигонометрии, а сети 3 и 4 классов — методами полигонометрии, трилатерации и их сочетанием.

1.3. В каждом районе построение или сгущение геодезической сети должно вестись тем методом и по той схеме, которые дают наибольшую экономию сил и средств.

Оптимальный выбор построения или сгущения государственной геодезической сети должен быть обоснован при составлении технического проекта в зависимости от физико-географических особенностей района работ и схемы расположения пунктов съемочной сети, необходимой для государственного картографирования.

Как правило, метод полигонометрии целесообразно применять на тех объектах, где применение триангуляции требует сплошной постройки высоких знаков. Метод трилатерации особенно эффективен в случае применения радиодальномеров с отделенными приемо-передатчиками и переносных мачт.

1.4. Полигонометрия 1 класса строится в виде замкнутых полигонов.

Основные характеристики полигонометрии 1 класса приведены в табл. 1.

1.5. Полигонометрия 2 класса строится внутри полигонов триангуляции или полигонометрии 1 класса в виде сети замкнутых полигонов.

Основные характеристики полигонометрии 2 класса приведены в табл. 2.

1.6. Пункты полигонометрии 3 класса определяются относительно пунктов полигонометрии или триангуляции высших классов продолжением одиночных ходов или систем ходов, образующих узловые пункты.

Основные характеристики полигонометрии 3 класса приведены в табл. 3.

Таблица 1

Наименование элемента полигонометрии	Значения
Периметр полигона	700—800 км
Длина диагонали (замыкающей) полигонометрического звена не более	200 км
Длина стороны в звене	8—30 км
Число сторон в звене не более	12
Средняя квадратическая ошибка измерения угла на пункте (по оценке на станции)	±0,4″
Средняя квадратическая ошибка измерения длины стороны, обеспечивается выбором светодальномера, соответствующего класса, методикой и программой наблюдений	1:400 000

Таблица 2

Наименование элемента полигонометрии	Значения
Периметр полигона	150—180 км
Длина диагонали полигонометрического хода не более	60 км
Длина стороны хода	5—18 км
Число сторон в ходе (между узловыми пунктами или между исходным и узловым пунктами) не более	6
Средняя квадратическая ошибка измерения углов (по невязкам замкнутых полигонов)	±1,0″
Средняя квадратическая ошибка измерения длины стороны, обеспечиваемая соответствующим подбором дальномера, методикой и программой наблюдений:	
до 8 км	±4 см
и свыше 8 км	1:200 000

Таблица 3

Наименование элемента полигонометрии	Значения
Длина диагонали полигонометрического хода не более	30 км
Длина стороны хода	3—10 км
Число сторон в ходе (между узловыми пунктами, а также между исходным и узловым пунктами) не более	6
Средняя квадратическая ошибка измерения угла (по невязкам ходов)	±1,5″
Средняя квадратическая ошибка измерения длины стороны, обеспечивается соответствующим подбором дальномера, программой и методикой наблюдений:	
до 5 км	±5 см
и свыше 5 км	1:100 000

Примечания. 1. Если расстояние между пунктами полигонометрии 3 класса, принадлежащими разным ходам, меньше 4 км, то должна предусматриваться их взаимная связь.

2. Полигонометрию 3 класса строят только в полигонах полигонометрии 2 класса. Там, где уже построена сплошная сеть триангуляции 2 класса, развивают лишь сеть полигонометрии 4 класса.

1.7. Пункты полигонометрии 4 класса определяются относительно пунктов сети высших классов проложением одиночных ходов или систем ходов, образующих узловые пункты.

В труднодоступных районах и в тех случаях, когда плотность сетей высших классов недостаточна, разрешается в качестве опорных для полигонометрии 4 класса использовать пункты триангуляции 4 класса.

Основные характеристики полигонометрии 4 класса приведены в табл. 4.

Таблица 4

Наименование элемента полигонометрии	Значения
Число сторон в одиночном ходе не более	20
Предельная длина диагонали полигонометрического хода в зависимости от числа сторон хода:	
при числе сторон 10	15 км
при числе сторон 15	13 км
при числе сторон 20	11 км
Длины диагоналей ходов между узловыми пунктами и между узловыми пунктами и пунктами сети высших классов не более	7 км
Длина стороны хода не менее	0,25 км
Средняя квадратическая ошибка измерения угла (по невязкам ходов)	$\pm 2{,}0''$
Средняя квадратическая ошибка измерения длины стороны:	
до 500 м	$\pm 2{,}0$ см
от 500 м до 1000 м	$+3{,}0$ см
свыше 1000 м	1:40 000
Относительная ошибка полигонометрического хода	1:25 000

Примечание. Если расстояние между смежными ходами полигонометрии 4 класса менее 3 км, то производится их взаимная связь.

1.8. Полигонометрия 1 и 2 разрядов относится к геодезическим сетям сгущения и развивается на застроенной и закрытой местности в виде отдельных ходов или систем ходов, образующих узловые точки.

Основные характеристики полигонометрии 1 и 2 разрядов приведены в табл. 5.

1.9. При развитии или сгущении государственной геодезической сети 3 и 4 классов методом трилатерации схема сети (длина сторон, наименьшие и наибольшие углы треугольников) должна быть такой же, как и в триангуляции соответствующего класса. Стороны сети трилатерации должны быть измерены с относительными средними квадратическими ошибками (m_s/s), приведенными в табл. 6.

1.10. При сгущении государственной геодезической сети 2 класса методом трилатерации 3 и 4 классов с каждого вновь определяемого пункта должны быть измерены расстояния не менее чем до трех пунктов, два из которых обязательно должны быть пунктами существующей сети высшего класса.

Таблица 5

Наименование элемента полигонометрии	Значения	
	1 разряд	2 разряд
Длина диагонали хода	5 км	3 км
Длина хода между исходной и узловой точками или только между узловыми точками	3 км	2 км
Периметр полигона не более	15 км	10 км
Длина стороны хода, км:		
наибольшая	0,80	0,35
наименьшая	0,12	0,08
оптимальная	0,30	0,20
Число сторон в ходе не более	15	15
Относительная ошибка хода не более	1:10 000	1:5 000
Средняя квадратическая ошибка измерения угла (по невязкам в ходах и полигонах) не более	$\pm 5''$	$\pm 10''$
Угловая невязка хода или полигона не более (n — число углов в ходе)	$10''\sqrt{n}$	$20''\sqrt{n}$

Примечания. 1. Отдельный ход полигонометрии должен опираться на два исходных пункта. Проложение замкнутых ходов, опирающихся на один исходный пункт, и висячих ходов не допускается.

2. При наличии технической возможности (например, при измерении линий светодальномерами) следует стремиться к сокращению многоступенчатости построения, ограничиваясь развитием полигонометрии 4 класса и 1 разряда.

Принципиальные схемы сгущения сети приведены в прил. 1.

Если при проектировании сети сгущения расстояние между двумя любыми пунктами оказывается меньше 3 км, то необходимо предусматривать непосредственное его измерение.

Таблица 6

Класс сети	m_s/s
3	1:100 000
4	1:40 000

Примечание. Основным прибором для развития трилатерации 3 и 4 классов должен являться радиодальномер с отделенными приемо-передатчиками, укрепляемыми на переносных мачтах.

1.11. При проектировании сети полигонометрии 2 класса предусматривается обязательная ее привязка к ранее развитым сетям триангуляции и полигонометрии 1 и 2 классов, отстоящим от нее на расстояние до 50 км.

1.12. В местах примыкания звена полигонометрии 1 класса к уже построенным звеньям триангуляции 1 класса повторно измеряют длину выходной стороны триангуляции или одну из сторон примычных треугольников. На пункте примыкания измеряют углы между двумя сторонами триангуляции и стороной полигонометрии.

В местах примыкания звеньев полигонометрии 2 и 3 классов к сплошным сетям триангуляции 2 и 3 классов измеряют длину стороны одного из примычных треугольников, а также углы между стороной полигонометрии и не менее чем двумя направлениями на пункты примыкания.

1.13. При связи сети трилатерации с ранее исполненными сетями должны быть повторно измерены все стороны вдоль границы.

1.14. Пункты Лапласа определяют на обоих концах крайних сторон звена полигонометрии 1 класса (в вершинах полигонов), на концах стороны полигонометрического хода 2 класса, находящейся примерно в середине полигона 1 класса.

Средние квадратические ошибки по результатам измерений на станции не должны превышать: в астрономической широте $\pm 0{,}3''$, в астрономической долготе $\pm 0{,}03^s$ и в азимуте (астрономическом или геодезическом) $\pm 0{,}5''$. При вычислении долготы и геодезического азимута, полученного непосредственным методом, необходимо учитывать лично-инструментальную разность.

1.15. Обработка астрономических определений производится в системе звездного каталога FK-4 и вычисленные координаты относятся к среднему полюсу OCI (условному международному началу).

1.16. На каждом пункте полигонометрии 1, 2, 3 кл. и трилатерации 3 и 4 классов определяются два ориентирных направления одним из способов, изложенных в разделе «Ориентирные пункты» настоящей Инструкции.

Ориентирные пункты закрепляются подземными центрами на расстоянии от 500 до 1000 м (в лесу не ближе 250 м) от основного пункта. Ориентирные пункты должны быть видны с высоты штатива, установленного над центром пункта, и со столика знака. В качестве одного из ориентирных пунктов может быть принят хорошо видимый до основания геодезический знак или местный предмет (шпиль башни, колокольня, мечеть и т. д.), находящийся не далее 3 км от пункта сети.

В полигонометрии 4 класса центрами закрепляются не все точки, а только их часть, в соответствии с требованиями плотности обеспечения съемки плановой основой. Обязательно закрепляются узловые точки. Закрепляемые центрами точки располагаются по ходу отдельными группами по три смежных пункта, два из которых будут являться ориентирными пунктами.

1.17. Для всех пунктов полигонометрии 1, 2, 3 и 4 классов и 1 и 2 разрядов должны быть определены из геометрического или тригонометрического нивелирования их высоты. Для определения высот пунктов трилатерации 3 и 4 классов допускается также барометрическое нивелирование (прил. 18).

Зенитные расстояния измеряют обязательно: по сторонам звеньев полигонометрии 1 класса (в малообжитых районах) и по сторонам ходов полигонометрии 2, 3 и 4 классов и 1 и 2 разрядов, если для определения высот всех пунктов не предусмотрено геометрическое нивелирование. При выполнении тригонометрического нивелирования пункты с высотами, полученными геометрическим нивелированием, должны распола-

гаться в полигонометрии 1, 2, 3 и 4 классов не реже, чем через 3 стороны, а в полигонометрии 1 и 2 разрядов — через 5 сторон. Высоты пунктов сетей сгущения, развиваемые для обеспечения топографической съемки с сечением рельефа через 2 и 5 м, допускается определять тригонометрическим нивелированием.

1.18. Линейные измерения в полигонометрии и трилатерации должны быть отнесены к длине международного метра.

1.19. Государственные геодезические сети до их уравнивания должны быть отнесены на поверхность референц-эллипсоида Красовского, для чего вводятся соответствующие редукции в длины сторон и в углы в сетях 1 и 2 классов, а в необходимых случаях и в сетях низших классов.

1.20. Координаты всех пунктов геодезических сетей вычисляются в единой системе геодезических координат.

1.21. Прямоугольные координаты пунктов геодезической сети вычисляют на плоскости проекции Гаусса — Крюгера в шестиградусных зонах. Осевыми меридианами шестиградусных зон являются 21°, 27°, . . ., 153°, . . ., 177°.

Началом координат в каждой зоне являются точки пересечения осевого меридиана с экватором; значение ординаты на осевом меридиане принимается равным 500 км.

1.22. В районах съемок масштаба 1 : 10 000, 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500 для всех пунктов геодезической сети вычисляют также прямоугольные координаты в трехградусных зонах. Осевыми меридианами трехградусных зон являются 18°, 21°, 24°, . . ., 177°, 180°.

Координаты пунктов геодезической сети 4 класса, а также полигонометрии 1 и 2 разрядов вычисляют и в местной системе координат, принятой для данного объекта работ.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕКОГНОСЦИРОВКА ПОЛИГОНОМЕТРИИ И ТРИЛАТЕРАЦИИ

2.1. Построение геодезической сети методами полигонометрии и трилатерации должно выполняться по техническим проектам, разработанным в соответствии с требованиями настоящей инструкции.

2.2. Как правило, на каждый объект составляется единый проект производства топографо-геодезических работ, т. е. полигонометрии, трилатерации и топографической съемки. Исключение допускается для полигонометрии 1 класса, которая может проектироваться отдельно от остальных работ.

2.3. Проект геодезической сети разрабатывается на топографических картах с учетом ранее построенных геодезических сетей. Проект геодезических сетей 1, 2 и 3 классов составляется на карте масштаба 1 : 100 000, а 4 класса и полигонометрии 1 и

2 разрядов — на картах масштабов 1 : 25 000 и 1 : 10 000 (для застроенных территорий).

2.4. Составленный на картах проект корректируется в процессе полевой рекогносцировки. Целесообразно рекогносцировку совмещать с закладкой центров и постройкой наружных знаков. При такой организации работ техническое руководство ими возлагается на рекогносцировщика, который назначает окончательные места для знаков, высоту последних, проверяет наличие видимости между отстроенными знаками и производит их приемку.

2.5. При составлении проекта и полевой рекогносцировке должны выполняться следующие основные требования:

а) на основе тщательного и детального изучения карт, литературных источников и данных полевой рекогносцировки установлен наиболее экономичный для данного объекта метод построения геодезической сети, что определяется в первую очередь минимальной высотой наружных знаков с целью избежать постройки их на возможно большом числе пунктов. Другим важным источником экономии является совмещение пунктов полигонометрии 4 класса и особенно 1 и 2 разрядов с опознаками, для чего зоны будущего расположения опознаков должны быть заранее намечены на картах, предназначенных для составления проекта геодезической сети;

б) для звеньев полигонометрии 1 класса отношение периметра к длине замыкающей звена не должно превышать 1,15, для ходов полигонометрии 2 и 3 классов это отношение не должно превышать 1,25. Для ходов полигонометрии 4 класса и 1 и 2 разрядов строгого значения этого отношения не устанавливается, но во всех случаях следует стремиться, чтобы ходы были возможно вытянутыми и не имели крутых изломов;

в) на пунктах полигонометрии 1 класса высота визирного луча над препятствиями должна быть не менее 4 м в южных и степных районах и не менее 2 м в остальных районах. В сетях 2—4 классов и 1 и 2 разрядов должна обеспечиваться постоянная взаимная видимость между смежными пунктами;

г) стороны полигонометрии 1 и 2 классов, на концах которых определяются пункты Лапласа, должны иметь длину 8—10 км и вполне благоприятные условия для астрономических и угловых измерений;

д) стороны трилатерации, подлежащие измерению радиодальномером, не должны располагаться на трассах, на которых вероятны значительные отражения радиоволн. При выборе сторон необходимо учитывать указания «Руководства по применению радиодальномеров десятисантиметрового диапазона», ОНТИ ЦНИИГАиК, 1972;

е) пункты ходов полигонометрии и трилатерации должны закрепляться центрами, соответствующими классу построения и физико-географическими условиями местности; руководствуются

при этом указаниями «Центры и реперы государственной геодезической сети СССР», М., «Недра», 1973 и «Инструкции о построении государственной геодезической сети СССР». М., «Недра», 1966;

ж) пункты ходов полигонометрии 4 класса и 1 и 2 разрядов, прокладываемых в населенных местах, должны, как правило, закрепляться стенными знаками, закладываемыми в фундаменты и стены бетонных или кирпичных зданий и сооружений на высоте 0,5—1,0 м от земной поверхности с учетом удобства линейных и угловых измерений. Грунтовые знаки могут закладываться лишь на участках, где не имеется надежных зданий для закладки стенных знаков. При закладке грунтовых знаков надо учитывать расположение подземных коммуникаций, по возможности избегать участков с интенсивным движением и предполагаемых мест будущей застройки.

Пункты трилатерации 3 и 4 классов размещают на высоких зданиях и сооружениях и притом так, чтобы обеспечивалась возможность снесения центров на землю и привязка их к ближайшим стенным или грунтовым знакам. При закладке центров надо руководствоваться указаниями «Центры геодезических пунктов для территории городов, поселков и промышленных площадок». М., «Недра», 1972;

з) места расположения пунктов должны обеспечивать безопасность работ по постройке и наблюдениям, предусмотренную «Правилами по технике безопасности на топографических работах». М., «Недра», 1973;

и) названия пунктов 1, 2, 3 и 4 классов на незастроенной территории должны даваться по наименованию окружающей местности, ближайшего населенного пункта, реки и т. п. При значительной частоте пунктам 4 класса, а также пунктам полигонометрии 1 и 2 разрядов присваиваются вместо названия номера, имеющиеся на марках грунтовых или стенных знаков, которыми закреплены эти пункты. В пределах каждого объекта работ номера марок не должны повторяться.

На застроенных территориях знакам полигонометрии и трилатерации, как правило, вместо названий также присваивают номера, имеющиеся на марках.

2.6. По мере выполнения рекогносцировки все необходимые сведения и данные заносятся в «Карточку постройки пункта» (раздел I, «Задание рекогносцировщика»), а при необходимости на карте уточняется проект сети.

2.7. При совмещении рекогносцировочных и строительных работ вся техническая документация и объяснительная записка об исполнении этих работ составляется рекогносцировщиком после завершения постройки сигналов и закладки центров.

2.8. Все принципиальные изменения технического проекта, допущенные в процессе его осуществления на местности, подлежат согласованию с учреждением, утвердившим проект, или с

главными инженерами (начальниками) учреждений, которым подчинены полевые подразделения.

3. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К НАРУЖНЫМ И ПОДЗЕМНЫМ ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ ЗНАКАМ

3.1. Для выполнения угловых и линейных измерений на пунктах полигонометрии и трилатерации строят наружные геодезические знаки следующих типов: тур, штатив, пирамида, простой сигнал, сложный сигнал.

При высоте знаков 4—10 м, а на пунктах Лапласа — независимо от высоты знаков, строят простые сигналы, в которых внутренняя пирамида имеет трехгранное, а наружная — четырехгранное сечение. При высоте знаков 11 м и более сооружаются сложные трехгранные сигналы. Конструкции наружных геодезических знаков и способы их сооружения приведены в «Руководстве по постройке геодезических знаков», М., «Недра», 1969.

3.2. Наружные геодезические знаки должны отвечать следующим основным требованиям:

а) жесткость знака должна быть достаточной для наблюдений при ветре средней силы (до 5 м/с);

б) должна быть обеспечена полная изоляция внутренней пирамиды знака от наружной и от площадки для наблюдателя;

в) направления на смежные пункты должны проходить не ближе 20 см от основных столбов и деталей знака;

г) визирные цели должны строиться в виде цилиндров с радиально направленными пластинами. При длине сторон менее 1,5 км следует применять визирные марки.

3.3. В тех случаях, когда это экономически выгодно или диктуется условиями эксплуатации сетей, деревянные наружные знаки могут быть заменены постоянными или переносными металлическими знаками. Простые пирамиды изготавливаются из металла.

3.4. При развитии трилатерации в городах, когда наружные знаки сооружаются на крышах зданий, конструкции этих знаков, изготавливаемых, как правило, из металла или бетона, должны носить характер надстроек, опирающихся своими основаниями на чердачные перекрытия и другие элементы зданий.

3.5. При сооружении сигналов над старыми центрами, а также при закладке новых центров необходимо, чтобы линейные элементы приведения (центрировки и редукции) были небольшими (не более 20 см). По завершении постройки на пункте значения этих элементов определяются строителем графически на центрировочном листе.

При включении в новую сеть пунктов старой сети может быть произведена перезакладка его центра, если последний ча-

стично нарушен. При перезакладке, производимой обязательно в присутствии начальника рекогносцировочно-строительной партии или другого руководителя работ, должно быть обеспечено совмещение вертикальных осей старой и новой марок (что подтверждается соответствующими графическими определениями до и после закладки нового центра). Кроме того, должна быть определена разность высот старой и новой марок с точностью ±5 мм. В результате перезакладки центра составляется соответствующий акт.

3.6. Построенные сигналы и центры должны быть осмотрены и приняты начальником строительной партии или рекогносцировщиком, возглавляющим рекогносцировочно-строительные работы.

Каждый построенный знак сдается местным органам власти для наблюдения за сохранностью, в порядке, предусмотренном «Инструкцией об охране геодезических знаков». Знаки, построенные на городских территориях, сдаются отделу главного архитектора местного горисполкома.

3.7. В результате выполнения рекогносцировочно-строительных работ представляются следующие материалы:

а) схема осуществленной на местности сети полигонометрии и трилатерации в масштабах 1 : 25 000—1 : 100 000 (в зависимости от класса и размеров сети и в соответствии с действующей инструкцией по составлению и сдаче технических отчетов).

На схеме приводятся названия пунктов, высоты наружных знаков, местоположение астропунктов, марок и реперов запроектированных линий нивелирования для высотной привязки соответствующих пунктов сети. Показываются также связи пунктов полигонометрии с пунктами старых сетей, а при развитии сетей сгущения — места расположения опознаков. В последнем случае масштаб схемы сети принимается наиболее крупный из указанных выше;

б) список построенных пунктов;

в) карточки постройки пунктов и акты приемки знаков;

г) акты перезакладки центров и центрировочные листы;

д) акты сдачи построенных знаков под наблюдение за их сохранностью;

е) объяснительная записка, содержащая сведения о физико-географических и других особенностях района работ, об особенностях построения и закрепления сетей на внегородских и городских территориях; в случаях применения радиодальномерной полигонометрии и трилатерации должны быть даны характеристики и профили трасс вдоль сторон сети с соображениями о возможном влиянии отраженных радиоволн. В записке должно быть приведено также технико-экономическое обоснование допущенных отклонений от проекта и предложения по организации последующих процессов работ.

4. ИЗМЕРЕНИЕ СТОРОН ПОЛИГОНОМЕТРИИ И ТРИЛАТЕРАЦИИ

4.1. Стороны полигонометрии и трилатерации 1, 2, 3 и 4 классов измеряют электронными дальномерами. В зависимости от требуемой точности измерений, длин сторон и физико-географических условий района работ могут быть использованы свето- и радиодальномеры различных типов.

Тип дальномера и программа измерений устанавливаются в техническом проекте в соответствии с требованиями к длине и точности измерений сторон полигонометрии или трилатерации соответствующего класса, приведенными в 1.4—1.8, 1.10 настоящей Инструкции.

4.2. Среднюю квадратическую ошибку измерения расстояния предвычисляют по формуле $m_D = \pm (a + bD)$, где D — измеряемая дальность в км. Значения a и b зависят от типа дальномера и программы измерений. Для программы измерений, выполняемой в соответствии с требованиями настоящей Инструкции, значения a для основных типов дальномеров приведены в табл. 7,

Таблица 7

Светодальномеры				Радиодальномеры[2]			
Тип прибора	Диапазон измеряемых расстояний, км	a, см	Число приемов n	Тип прибора	Диапазон измеряемых расстояний, км	a, см	Число приемов, n
Кварц	0,01—30	1	8	РДГ	0,2—40	5	3
СГ-3	0,7—30	0,5	2[1]	РДГВ	0,2—40	5	4
СМ-3	0,001—2	3	6	Луч	0,2—60	3	4
2СМ-2	0,002—2	2	2	ГЕТБ-1	0,2—40	5	3
МСД-1М	0,001—0,5	0,3	2				
Геодиметр-8	0,01—50	0,5	3				
ЕОК-2000	0,001—2	1	3				

Примечания. 1) по 10 точных отсчетов в приеме;
2) при измерениях радиодальномерами в каждом приеме точные отсчеты выполняются не менее чем на 10 различных несущих частотах.

а значение b следует принимать равным $2 \cdot 10^{-6}$ при измерениях светодальномерами и $3 \cdot 10^{-6}$ при измерениях радиодальномерами.

При оценке возможности применения других типов электронных дальномеров следует принимать характеристики диапазона измеряемых дальностей, а также значения a и n, приводимые в технических описаниях этих приборов.

4.3. Программа измерений расстояния электронным дальномером зависит от типа дальномера и длины измеряемой линии. Общее число приемов в программе не должно быть меньше n — минимального числа приемов, рекомендованного для данного типа прибора (значения n для основных типов приборов приведены в табл. 7). Кроме того, при расстояниях от 5 до

30 км должно быть выполнено не менее двух независимых серий наблюдений (при расстояниях более 30 км число серий должно быть увеличено до 3). Независимыми следует считать серии наблюдений, интервал между которыми составляет не менее 12 ч.

4.4. Показатель преломления определяют по данным метеорологических наблюдений на конечных точках измеряемой линии, причем в каждой серии наблюдения следует выполнять с интервалом 5—10 мин, не менее 3 раз. Если общее время измерения расстояния менее 5 мин, то метеорологические наблюдения необходимо выполнять два раза: до начала и после измерений. При расстояниях менее 2 км метеорологические наблюдения выполняют на одном конце линии.

Для метеорологических наблюдений должны применяться приборы, обеспечивающие точность единичного измерения температуры $\pm 0{,}2^\circ$ С, влажности с точностью $\pm 5\%$ и давления ± 1 мм рт. ст.

4.5. Соответствие основных параметров каждого конкретного прибора параметрам данного типа дальномера устанавливают по результатам лабораторных и полевых испытаний, объем и периодичность которых регламентируются руководством по эксплуатации применяемого типа дальномера.

Независимо от типа дальномера соответствие основной масштабной частоты ее номинальному значению проверяют не менее двух раз в год, причем обязательно фиксируют величину ухода частоты. Относительная величина ухода основной масштабной частоты не должна превышать относительной долговременной стабильности частоты, гарантированной для данного типа прибора *.

Для тех типов приборов, в которых предусмотрено экспериментальное определение приборной поправки (постоянной дальномера), определения выполняют не менее двух раз в год, до и после окончания измерения сторон полигонометрии и триангуляции.

Расхождение значений приборной поправки не должно превышать величины 2 m_k, где m_k — средняя квадратическая ошибка определения приборной поправки.

4.6. Поправки метеорологических приборов, используемых для наблюдений при измерениях расстояний электронными дальномерами, определяют не реже, чем один раз в два года, в специальных Бюро поверок ГУГМС при СМ СССР.

В периоды между этими определениями постоянство поправок и стабильность показаний метеорологических приборов контролируют по результатам сравнения их показаний с показаниями контрольных приборов стационарных метеостанций

* Необходимость и возможность введения поправок при большем уходе частоты в каждом конкретном случае решает руководитель работ.

ГУГМС или со средними показаниями группы приборов (5—6 приборов) не реже, чем два раза в год.

Показания барометров не должны отличаться от среднего по группе или показаний контрольных приборов более чем на 1 мм рт. ст., а психрометра — не более чем на 0,4°С по температуре сухого термометра и 0,3 мм рт. ст. по абсолютной влажности.

4.7. Основным документом, регламентирующим последовательность работы при наблюдениях, запись и обработку результатов измерений в журнале, является руководство по эксплуатации конкретного типа дальномера (см. прил. 3—9). Изменения методики или обработки результатов измерений могут быть допущены только после согласования с организацией, утвердившей руководство по эксплуатации дальномера данного типа.

4.8. Измерения расстояний электронными дальномерами можно выполнять в любое время суток при метеорологических условиях, не нарушающих нормальных режимов работы прибора.

При измерении расстояний более 10 км целесообразно выполнять наблюдения в дневное время, начиная их через 2—3 часа после восхода солнца и заканчивая за 2—3 часа до захода.

4.9. При измерении сторон полигонометрии предельные колебания значений расстояния в пределах одной программы не должны превышать $6 \cdot 10^{-6}\ D$ для светодальномеров и $8 \cdot 10^{-6}\ D$ для радиодальномеров или величины $2a\sqrt{n}$, где D — измеряемая дальность, a — коэффициент и n — минимальное число приемов, рекомендованное для данного типа приборов.

Значения a и n для основных типов приборов приведены в табл. 4.1.

Кроме указанных рабочих допусков должны строго соблюдаться и все другие специфические допуски, указанные в руководствах по эксплуатации конкретных типов электронных дальномеров.

4.10. Элементы центрировки дальномеров и редукции отражателей определяют графически дважды до начала наблюдений и один раз после их завершения.

При определении элементов приведений должны соблюдаться такие же требования, как и при угловых измерениях, но на центрировочных листах обязательно прочерчивают линии на все пункты, до которых измерялись расстояния.

Поправкой в измеряемое расстояние за внецентренность дальномера и отражателя является проекция отрезка между центром пункта и центром прибора на соответствующее направление (прил. 10).

Точки дальномеров и отражателей, относительно которых определяются элементы приведений, указаны в описании прибора.

При работе по трехштативной системе в полигонометрии

4 класса элементы приведения на промежуточных точках не определяют.

5. ИЗМЕРЕНИЕ СТОРОН ПОЛИГОНОМЕТРИИ 1 и 2 РАЗРЯДОВ

5.1. Измерение сторон полигонометрии 1 и 2 разрядов выполняют светодальномерами, инварными проволоками, длиномером АД-1, параллактическим методом и оптическими дальномерами.

5.2. Измерение сторон полигонометрии 1 и 2 разрядов с помощью светодальномеров выполняют в соответствии с указаниями раздела 4 настоящей Инструкции таким образом, чтобы обеспечить относительную среднюю квадратическую погрешность измерения стороны 1/10000 для полигонометрии 1 разряда и 1/5000 для полигонометрии 2 разряда.

5.3. При использовании инварных проволок измерение сторон в полигонометрии 1 разряда выполняют одной инварной проволокой в одном направлении, методом отсчетов при трех сдвигах проволоки, а в полигонометрии 2 разряда — также одной инварной проволокой в одном направлении, но методом фиксации.

5.4. До начала полевого сезона и по его окончании, а также не реже одного раза в сезон проволоки эталонируют на полевых компараторах.

Полевой компаратор, длиной 120 или 240 м, разбивают на ровной местности, удобной для установки штативов. Концы компаратора закрепляют грунтовыми знаками.

Длина компаратора определяется шестикратным измерением его двумя инварными проволоками (три измерения «прямо» и три «обратно»). Эталонирование рабочих проволок выполняют путем четырехкратного измерения ими компаратора.

Измерение длины рабочей проволоки между смежными эталонированиями не должно превышать 0,3 мм для 24-метровых проволок и 0,6 мм для 48-метровых проволок.

5.5 Точность натяжения проволок, вешения линий и определения превышений концов пролетов указаны в табл. 8.

Таблица 8

Наименование вида работ	Предельные допуски в полигонометрии	
	1 разряда	2 разряда
Натяжение проволок	0,2 кг	0,4 кг
Вешение линий	5 см	5 см
Погрешность определения превышений концов пролетов длиной 24 м при превышении:		
до 1 м	4 мм	5 мм
от 1 до 5 м	3 мм	4 мм

При измерении линий методом отсчетов со сдвигом шкал колебания разностей отсчетов не должны превышать 1 мм.

5.6. При измерении сторон полигонометрии инварными проволоками, в начале и конце измерений каждой стороны, термометром-пращом определяют температуру воздуха с точностью 1°.

5.7. Для определения поправок за наклон линии выполняют нивелирование целиков с помощью нивелира и двусторонней рейки в одном направлении с отсчетом по одной нити. При превышении по пролету более 1 : 10 его длины нивелирование выполняют из середины.

5.8. Измерение сторон длиномером АД-1 выполняют в полигонометрии 1 разряда двумя приемами и в полигонометрии 2 разряда — 1 приемом. Один прием состоит из двух измерений (прямого и обратного), каждое из которых заключается в прокатывании в одном направлении мерного диска длиномера по проволоке, натянутой с помощью гирь или динамометра между точками, ограничивающими измеряемую линию.

5.9. Измерение линии одним приемом выполняют в следующем порядке:

— измеряют температуру воздуха (с точностью до 1°),

— фиксатор длиномера совмещают с нулем передней (задней) шкалы и берут начальный отсчет по длиномеру,

— прокатывают мерный диск по проволоке до другого конца измеряемой линии,

— совмещают фиксатор прибора с нулем задней (передней) шкалы и берут отсчет по длиномеру,

— освобождают мерный диск и берут одновременно отсчеты по задней и передней шкалам, фиксируя их положения относительно концов измеряемой линии,

— измеряют температуру воздуха,

— смещают шкалы на 3—4 см и, не изменяя положения длиномера, измеряют аналогичным образом длину линии в обратном направлении.

Отсчеты по длиномеру и шкалам берут с точностью до 1 мм.

5.10. Эталонирование мерного диска длиномера выполняется на полевом компараторе длиной 120 м до начала и по окончании полевых работ, а также в течение полевого сезона, не реже одного раза в месяц.

Если длиномер разбирался или подвергся сильному удару, а также если была заменена проволока, то необходимо выполнить контрольное эталонирование. Коэффициент эталонирования длиномера вычисляют по результатам измерения длины компаратора шестью приемами при натяжении проволоки гирями.

5.11. При измерении линий длиномером должны выдерживаться допуски, приведенные в табл. 9.

5.12. При измерении сторон длиной более 250 м они разбиваются на секции. Установка штативов на концах секций вы-

Таблица 9

Разряд полигонометрии	Натяжение	Допустимое расхождение между полуприемами	Допустимое расхождение между приемами
1	Гири 10 кг	1:7000	1:10 000
2	Гири 10 кг или динамометр	1:5000	

полняется с отклонением от створа линии не более чем на 1 : 1000 длины секции.

5.13. Для определения поправок за наклон линий при измерении длиномером измеряются превышения между концами линий (секций) геометрическим или тригонометрическим нивелированием.

5.14. В измеренные длиномером расстояния должны быть введены поправки за провес проволоки, эталонирование мерного диска, наклон линии и температуру.

5.15. При измерении сторон параллактическим методом следует выдерживать требование, чтобы величины параллактических углов в полигонометрии 1 разряда были не менее 8°, а в полигонометрии 2 разряда — не менее 4°.

5.16. В качестве базиса при параллактических измерениях сторон используется инварная проволока длиной 24 м. Для натяжения проволоки используются гири. Длина проволоки определяется эталонированием на компараторе с точностью 0,2 мм.

5.17. Базис следует располагать перпендикулярно к измеряемой линии с ошибкой не более 2′, при помощи теодолита 30″ точности. В противном случае измеряется угол между измеряемой линией и линией базиса с точностью 1′.

Допустимое расстояние от вершины параллактического звена до базиса длиной 24—170 м в полигонометрии 1 разряда и 340 м в полигонометрии 2 разряда. При измерении линии большей длины следует пользоваться симметричным звеном, в виде ромба с базисом в середине. В полигонометрии 1 разряда стороны, превышающие 340 м, следует измерять по частям.

5.18. Для измерения параллактических углов применяют теодолиты Т2, Theo-010 и им равноточные. Параллактические углы измеряют четырьмя приемами. Средняя квадратическая ошибка угла, вычисленная по сходимости приемов, должна быть не более 1,5″. Расхождения значений из разных приемов не должны превышать 3″, в противном случае делаются дополнительные измерения. Измерение параллактических углов выполняют на одной части лимба, точность нанесения штрихов которой тщательно исследуют. Если ошибки в положении штрихов превышают 1″, в измеренные параллактические углы следует вводить поправки. Поправки вводят также и за рен оптического микрометра.

5.19. Для измерения линий в полигонометрии 1 и 2 разрядов на застроенной территории применяют короткобазисный параллактический метод. При измерении линий этим методом применяют оптические теодолиты Т2, ТБ-1, Theo-010 и им равноточные и различной конструкции двух или трехметровые жезлы (рейки Bala) и визирные марки. Эталонирование базисных реек в лабораторных условиях должно выполняться с погрешностью ±0,01 мм, а в полевых — ±0,04 мм.

5.20. Длину сторон определяют из простых или сложных параллактических звеньев в зависимости от местных условий и разряда полигонометрии.

5.21. Оптический топографический дальномер двойного изображения ОТД, редукционный тахеометр Редта-002, тахеометр ТП употребляются для измерений сторон в полигонометрии 2 разряда, причем линии измеряют в прямом и обратном направлениях. Линии длиннее 170 м, в случае использования инструментов ТП и Редта-002, измеряют по частям, при этом отклонение промежуточных точек от створа линии не должно превышать 0,4 м. Измерение стороны в одном направлении выполняют двумя приемами. Предельное расхождение результатов измерений сторон должно быть не более 1 : 3000 между приемами и 1 : 5000 между прямым и обратным измерениями.

5.22. В измеренные оптическими дальномерами расстояния вводят поправки за величину постоянного слагаемого и коэффициента дальномера, если последние не равны соответственно 0 и 100. Постоянное слагаемое и коэффициент дальномера определяют на полевом компараторе перед началом и после окончания работ, а также, если тахеометр подвергся удару или сильной тряске.

6. ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ В ПОЛИГОНОМЕТРИИ

6.1. Для измерения углов в полигонометрии применяют инструменты, перечисленные в табл. 10.

Таблица 10

Полигонометрия	Инструменты
1 класса	Т05, Т1* и им равноточные**
2 класса	Т05, Т1 и им равноточные
3 класса	Т1, Т2 и им равноточные
4 класса	Т1, Т2, Theo-010 и им равноточные
1 и 2 разрядов	Т2, Theo-010, Т5 и им равноточные

* Т1 разрешается применять в труднодоступных районах.

** При измерении углов инструментами, к которым приложено несколько окуляров, надлежит пользоваться окуляром с увеличением 40$^{\times}$.

6.2. Все инструменты перед началом полевых работ проверяют и исследуют в соответствии с программой, изложенной в прил. 12.

Пригодность инструментов к работе определяют по результатам выполненных исследований отделы технического контроля и руководители работ.

6.3. При измерении углов в полигонометрии со столиков геодезических сигналов наблюдатель перед наблюдениями на пункте обязан убедиться в устойчивости и прочности сигнала и его столика. При обнаружении недостатков наблюдатель обязан их устранить.

В полигонометрии 4 класса и 1 разряда измерение углов должно выполняться, как правило, с применением трехштативной системы, при этом принимают меры, обеспечивающие устойчивость инструмента: ноги штатива устанавливают на прочно забитые в землю колья.

6.4. При работе со столиков геодезических сигналов элементы центрировки и редукции на пункте стояния инструмента определяет лично наблюдатель: дважды непосредственно перед началом наблюдения на данном пункте и один раз после их окончания.

Дополнительные определения выполняют в тех случаях, когда имеются сомнения в отношении устойчивости геодезических знаков.

6.5. Элементы центрировок и редукций определяют графически на центрировочном листе (прил. 10).

Длина сторон треугольников погрешностей не должна превышать 3 мм при проектировании центров знаков, 5 мм при проектировании оси инструмента и 10 мм при проектировании оси визирного цилиндра.

Линейные элементы центрировки и редукции (l и l_1) измеряют с точностью до 1 мм. Вершинами углов θ и θ_1 являются проекции оси инструмента и визирной цели и измеряют их при помощи транспортира по ходу часовой стрелки от направления на проекцию центра данного пункта до двух прочерченных на пункты направлений, причем угол между направлениями на пункты, полученный как разность измеренных графических направлений, не должен отличаться от угла, измеренного на пункте инструментом, более чем на 2° при l меньше 10 см, на 1° при l от 10 до 20 см и 0,5° при l больше 20 см. Окончательные значения θ и θ_1 берут как среднее из двух измерений, приведенное к начальному направлению.

Кроме того, на листе измеряют углы между направлениями на пункты геодезической сети и ориентирные пункты, которые в дальнейшем используют для контроля (в целях избежания грубых ошибок) правильности выписанных в карточки значений направлений на ориентирные пункты.

На каждом центрировочном листе должно быть подписано название пункта, время определения значения величины l и l_1, θ и θ_1, измеренные углы на ориентирные пункты, фамилия и подпись лица, определившего элементы центрировки или редукции.

Листы графического определения элементов центрировки и редукции должны храниться так же тщательно, как и журналы измерения углов.

6.6. Расхождения величин линейных элементов центрировки и редукции по данным двойных определений не должны превышать 10 мм. Изменение положения проекции центра инструмента или визирной цели относительно центра пункта, по данным повторного определения элементов центрировки и редукции на каждом пункте, также не должно превышать 10 мм.

Если расхождение превышает 10 мм, то делается контрольное определение этих элементов, а вопрос об использовании результатов измерений решает руководитель работ.

6.7. При использовании в наблюдениях трехштативной системы измерение углов выполняют на марки, входящие в комплект визирных целей (КВЦ) и на аналогичные зарубежные марки, причем инструмент и визирные цели должны устанавливаться над центрами с точностью не ниже 1 мм.

6.8. Если вследствие значительной величины линейного элемента приведения (более 30 см) или невозможности непосредственной установки инструментов над центрами пунктов нельзя применить графический способ определения, то элементы приведения определяют аналитическим способом.

6.9. Горизонтальные направления и углы не должны измеряться при неблагоприятных условиях видимости, при расплывчатых или сильно колеблющихся изображениях. В солнечные дни время, близкое к восходу и заходу солнца, для измерения углов также не рекомендуется.

Инструмент при наблюдениях должен быть защищен от непосредственного действия лучей солнца и от ветра.

6.10. При наблюдении углов в полигонометрии 1 и 2 классов инструментами, имеющими окулярный микрометр, точные наведения на визирные цели производят окулярным микрометром трубы; при этом на визирную цель делают подряд три наведения биссектора нитей трубы. В процессе всех наблюдений биссектор нитей должен располагаться вблизи нульпункта.

Колебания отсчетов по барабану окулярного микрометра трубы должны находиться в пределах трех делений.

При наблюдениях этими же инструментами углов в полигонометрии 3 и 4 классов нити окулярного микрометра трубы устанавливают в нульпункт и точные наведения биссектора трубы выполняют микрометренным винтом алидады.

6.11. При наблюдениях необходимо соблюдать следующие правила:

а) правильно фокусировать зрительную трубу инструмента до начала наблюдений на данном пункте и сохранять установленную фокусировку на все время наблюдений;

б) не завинчивать закрепительные винты алидады и трубы слишком сильно, при работе пользоваться средней частью наводящих винтов алидады и трубы;

в) следить, чтобы вращение алидады и трубы было плавным; при приближенной установке алидады от руки рекомендуется пользоваться заранее определенными отсчетами по горизонтальному кругу;

г) величина двойной коллимационной ошибки не должна быть более 20″;

д) уклонение пузырька уровня от нульпункта не должно быть более 3 делений для накладного уровня и 2 делений для уровня при алидаде горизонтального круга;

е) наведения на визирные цели биссектора нитей трубы, выполняемые как окулярным микрометром, так и микрометренным винтом алидады, должны всегда заканчиваться ввинчиванием винта; если при этом нити переходят через предмет, то наведение выполняют снова;

ж) если зенитные расстояния наблюдаемых предметов в полигонометрии 1 и 2 классов отличаются от 90° на величину более 2°, то в процессе наблюдений необходимо определять наклон вертикальной оси вращения инструмента и в последующем вводить в измеренные горизонтальные направления поправки за наклон вертикальной оси (прил. 2);

з) отсчеты по лимбу при наблюдениях полигонометрии 1 и 2 классов производят при электрическом освещении лимба.

6.12. Приемы, в течение которых были нарушены нормальные условия наблюдений (сбит или задет инструмент, внезапный порыв ветра, ухудшение видимости, просчет и т. п.), не заканчивают и наблюдают вновь на тех же установках.

Если законченные приемы не удовлетворяют установленным допускам, то приемы с наименьшим и наибольшим значениями углов повторяют на тех же установках лимба.

В обработку принимаются средние значения углов между основным и повторным приемами, если значения углов в этих приемах находятся между собой в пределах допусков и если их средние значения также находятся в пределах допусков с остальными приемами.

Если расхождение между значениями углов в основном и повторном приемах превышает допуск, то результат основного приема в обработку не включается, включается только значение угла повторного приема, при условии, что значение этого угла находится в пределах допусков с результатами остальных приемов.

Если повторенный на этой же установке прием подтверждает первоначальное измеренное значение угла, рекомендуется изме-

рить его на измененной (на 5°) установке лимба, а первоначальное значение из обработки исключить.

Если число приемов, не удовлетворяющих установленным допускам, превышает 30%, то вся программа измерения углов на пункте повторяется заново.

6.13. Основными способами измерения углов в полигонометрии являются способ во всех комбинациях и способ круговых приемов.

Записи результатов измерений углов (направлений) ведутся в журнале установленного образца (прил. 12, 13).

6.14. При измерениях углов способом во всех комбинациях алидаду вращают только по ходу часовой стрелки или только против хода часовой стрелки, предварительно повернув алидаду несколько раз в направлении предстоящего вращения при измерении угла.

При измерениях углов способом круговых приемов в первом полуприеме алидаду вращают по ходу часовой стрелки, а во втором — только против хода часовой стрелки. Перед началом каждого полуприема алидаду вращают несколько раз в сторону движения алидады в данном полуприеме. Между первым и вторым полуприемами трубу инструмента переводят через зенит.

6.15. В способе круговых приемов при переходе от одного приема к другому лимб переставляют на угол $\sigma = \frac{180°}{m}$, где m — число приемов плюс 10′ или 5′.

Невязка на начальное направление вычисляется в виде $\frac{\Delta}{m}$, где Δ — незамыкание в приеме, m — число приемов. Если величина невязки более 0,1″, то она распределяется с обратным знаком на все осредненные направления пропорционально номерам направлений.

6.16. В способе во всех комбинациях, в соответствии с весом наблюдений и в зависимости от числа направлений, каждый угол измеряют числом приемов, указанным в прил. 14. Там же приведены и таблицы установок лимба.

6.17. На пунктах полигонометрических ходов 1 класса, где имеется, как правило, всего по два направления, измеряют поочередно левые и правые по ходу лежащие углы, каждый с весом 24 (12 приемами). При переходе от одного приема к другому лимб теодолита переставляют на угол 15° и плюс 4′ или 5′, причем если для первого приема левого угла начальной установкой лимба является отсчет 0,0°, то для правого угла — 7°30′.

На пунктах полигонометрических ходов других классов и разрядов, где имеется всего по два направления, измеряют на всем протяжении хода левые или правые по ходу лежащие углы.

6.18. Измерение углов на пунктах полигонометрии 1 класса выполняют не менее чем в две видимости примерно равными частями, причем если первая половина программы измерялась в утренние часы видимости, то окончание работы лучше всего производить в вечерние часы и наоборот. На этом основании измерение углов можно выполнять и в течение одного дня, если программа измерения будет равномерно охватывать различные часы видимости.

Во всех остальных классах и разрядах полигонометрии наблюдения разрешается выполнять в течение одной видимости.

6.19. Количество приемов в зависимости от способа измерения, класса или разряда полигонометрии, инструментов приведено в табл. 11.

Таблица 11

Полигонометрия	Инструменты	Способ измерений	
		во всех комбинациях	круговые приемы
		$m \cdot n$	число приемов
1 класс	Т05 (ТТ-2/6) Т1 (ОТ-02)	24×2* 24×2*	—
2 класс	Т05 (ТТ-2/6) Т1 (ОТ-02)	24 24	
3 класс	Т1 (ОТ-02) Т2 (ТБ-1, Theo-010)	18 при $n < 4$ 24 »	9 12
4 класс	Т1 (ОТ-02) Т2 (ТБ-1, Theo-010)	< 3 18 »	6 9
1 разряд	Т2 (ТБ-1, Theo-010) Т5	6 » 12 »	3 6
2 разряд	Т2 (ТБ-1, Theo-010) Т5	4 » 8 »	2 4

* В полигонометрии 1 класса измеряют два угла: левый и правый по ходу лежащие.

6.20. Результаты измерения отдельных углов или направлений на пунктах полигонометрии должны находиться в пределах допусков, указанных в табл. 12.

6.21. Направления на стенные знаки в полигонометрии 4 класса измеряют тремя круговыми приемами после окончания наблюдений на пункты ходовой линии. При этом колебания в отдельных приемах на указанные направления, приведенные к общему нулю, не должны превышать 10″ при расстояниях свы-

Таблица 12

Основные элементы угловых измерений	Допуски для инструментов			
	Т05 (ТТ-2/6)	Т1 (ОТ-02)	Т2 (ТБ-1, Theo-010)	Т5
1. Расхождения в полуприемах . .	6,0″	6,0″(8,0)*	12,0	0,2′
2. Расхождения в приемах	3,0	4,0	6,0	0,2
3. Колебания значений 2С в приеме	6,0	6,0(8,0)*	12,0	—
4. Отклонения суммы среднего значения левого и правого углов на пункте полигонометрии I класса от 360°	2,0	2,0	—	—
5. Колебания между повторными наблюдениями начального направления в начале и конце полуприема в способе круговых приемов . . .		5,0	6,0	0,2
6. Колебания направлений в отдельных приемах, приведенных к общему нулю в способе круговых приемов		5,0″	6,0″	0,2′

Примечания. 1. Разность отсчетов по барабану оптического микрометра при совмещении штрихов противоположных краев лимба не должна быть более 1″ для теодолитов Т05, Т1, ОТ-02 и 2″ для теодолитов Т2, ТБ-1 и других им равноточных.

2. Колебания средних значений угла, полученных по непосредственному измерению и по вычислению из комбинаций, не должны быть более 2″ при числе направлений (n), равном 3, 3″ при числе направлений, равном 4, и 4″ при числе направлений больше 4.

* Для инструментов, не имеющих окулярный микрометр (ОТ-02).

ше 10 м и 15″ при расстояниях менее 10 м от вспомогательного до стенного знака.

В полигонометрии 1 и 2 разрядов измерение направлений на стенные знаки производится по программе измерения основных углов.

7. ОРИЕНТИРНЫЕ ПУНКТЫ

7.1. Направления на ориентирные пункты наблюдают одновременно с наблюдением пунктов полигонометрии 1, 2 и 3 классов, тремя приемами. Углы между стороной полигонометрического хода и направлениями на ориентирные пункты следует измерять со средней квадратической ошибкой не более ±2,5″.

7.2. Перед наблюдениями над центром ориентирного пункта устанавливают хорошо выверенный оптический центрир, который после тщательного центрирования его над маркой служит визирной целью.

При отсутствии оптического центрира центр марки выносят на центрировочный столик, установленный в горизонтальное положение, проектированием с трех станций. Прочерченные на столике следы проектирующих плоскостей должны пересекаться в одной точке. Для визирования на проекцию центра, выне-

сенного на центрировочный столик, на последнем устанавливают визирный целик высотой около 10 см и диаметром около 0,5—0,7 см. Визирный целик должен устанавливаться отвесно и строго над проекцией центра ориентирного пункта.

7.3. Расстояния до ориентирных пунктов измеряются непосредственно или аналитическим способом с обязательным обеспечением надежного контроля. Расхождения с контрольными измерениями не должны превышать $^1/_{500}$ измеренного расстояния.

7.4. При построении государственных геодезических сетей методом трилатерации дирекционные углы на ориентирные направления с точностью $\pm 5''$—$\pm 7''$ могут быть определены из астрономических наблюдений (прил. 16).

8. ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ

8.1. Зенитные расстояния измеряют в периоды достаточно четких изображений визирных целей, исключая периоды, близкие (в пределах двух часов) к восходу и заходу солнца.

Измерения выполняют по всем без исключения сторонам в прямом и обратном направлениях. Односторонние измерения не допускаются.

Измерение зенитных расстояний на пункте необходимо выполнять последовательно по всем направлениям четырьмя приемами по одной нити при одном положении, а затем при втором положении вертикального круга. Горизонтальную нить следует наводить на верхний срез визирной цели, при этом следить, чтобы пузырек уровня при алидаде вертикального круга был приведен на середину.

Колебания зенитных расстояний и места зенита, выведенные из отдельных приемов, не должны быть более 15″ или 0,2′. Образец записи в журнале помещен в прил. 15.

8.2. На каждом пункте дважды в разное время тщательно измеряют металлической рулеткой или лентой и записывают в полевом журнале высоты над маркой верхнего подземного центра, горизонтальной оси инструмента и верхнего среза визирного цилиндра с точностью до 1 см.

Для знаков высотой более 20 м одно измерение должно быть выполнено аналитическим способом.

9. ПОЛЕВАЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

9.1. К предварительной обработке результатов наблюдений в полигонометрии и трилатерации относятся все вычисления, необходимые для получения:

— горизонтальных направлений и длин линий, приведенных к центрам знаков и редуцированных на плоскость в проекции Гаусса — Крюгера;

— рабочих координат пунктов полигонометрии и трилатерации;

— рабочих высот пунктов полигонометрии и трилатерации.

9.2. В период полевых измерений исполнители выполняют следующие виды предварительной обработки материалов:

— проверку и обработку журналов измерения горизонтальных углов (направлений) и вычисление расстояний до ориентирных пунктов, определенных аналитически или непосредственно измеренных;

— проверку и обработку журналов измерения длин линий;

— проверку и оформление листов графического определения элементов центрировок и редукций угловых и линейных измерений или вычисление элементов приведения по результатам их аналитических определений;

— проверку и обработку журналов измерения зенитных расстояний и вычисление высоты знака, если она определялась аналитически;

— составление сводок результатов измерения углов;

— составление ведомостей вычисления средних зенитных расстояний;

— составление ведомостей вычисления наклонных расстояний;

— составление сводной таблицы элементов центрировок и редукций;

— для выявления грубых промахов в измерениях и предварительной оценки их качества, по возможности, при замыкании полигонов или ходов выполняют вычисление угловых и линейных невязок, а также прямых и обратных превышений, полученных из тригонометрического нивелирования.

9.3. По окончании полевых работ исполнители сдают следующие, соответствующим образом оформленные, документы:

— журналы угловых и линейных измерений;

— листы графического определения элементов центрировок и редукций;

— материалы исследований инструментов;

— ведомости уравнивания горизонтальных углов (направлений);

— материалы эталонирования дальномеров;

— ведомости вычисления наклонных расстояний;

— ведомости вычисления средних зенитных расстояний;

— схемы участков работ, являющиеся копиями проектной схемы на весь объект;

— списки невязок ходов и полигонов;

— объяснительную записку о выполненных работах.

9.4. Принимающий полевые материалы от исполнителей обязан:

— провести проверку материалов в отношении их полноты и

точности занесенных в них сведений, правильности начальной обработки измерений и заполнения ведомостей;

— вести рабочую схему всей сети, на которой отмечать ход выполнения работ;

— составить объяснительную записку о проведенных работах на объекте.

9.5. Ведение рабочей схемы сети начинается с момента получения сведений об исходных пунктах, которые наносятся на схему по координатам. Определяемые пункты наносятся на схему путем засечек по результатам выполненных измерений.

Нумерация пунктов на рабочей схеме должна быть такой же, как и на проектной. Если какие-либо пункты на проектной схеме не занумерованы, то им могут быть присвоены любые номера с соблюдением требования неповторяемости номеров. Номера пунктов не должны содержать более четырех значащих цифр.

У каждого пункта на схеме должно быть подписано его точное название, которое впоследствии войдет в издательский каталог координат и высот пунктов.

9.6. В процессе полевой предварительной обработки результатов наблюдений следует иметь в виду следующее:

— обработку журналов измерений и вычисление длин сторон полигонометрии и трилатерации выполняют, соблюдая требования соответствующих руководств по работе с данным типом дальномера;

— при вычислении расстояния, измеренного электронным дальномером, значение скорости распространения электромагнитных волн в вакууме принимают равным 299792,5 км/с, а величину модуля показателя преломления $N=(n-1)\cdot 10^6$ вычисляют по формуле:

а) для электромагнитных волн оптического диапазона (N_c)

$$N_c = \alpha_1 p + \alpha_2 e,$$

$$\alpha_1 = \frac{A + 3B\left(\frac{1}{\lambda^2}\right) + 5C\left(\frac{1}{\lambda^4}\right)}{(1+\alpha t)\,760}\cdot 10^6, \quad \alpha_2 = -\frac{55\cdot 10^{-3}}{1+\alpha t};$$

б) для электромагнитных волн радиодиапазона (N_p)

$$N_p = \beta_1 p + \beta_2 e,$$

$$\beta_1 = \frac{103{,}49}{273^\circ{,}16 + t}, \quad \beta_2 = \frac{495822{,}48}{(273^\circ{,}16 + t)^2} - \frac{17{,}23}{273^\circ{,}16 + t}.$$

В приведенных выше формулах приняты следующие обозначения и коэффициенты:

A, B, C — коэффициенты, имеющие по Бареллю и Сирсу следующие значения:

$A=2876{,}04\cdot 10^{-7}$, $B=16{,}288\cdot 10^{-7}$, $C=0{,}136\cdot 10^{-7}$, $\alpha=0{,}003661$ — коэффициент объемного расширения воздуха; λ — длина волны

света (в микрометрах), используемая при измерениях (эффективная длина волны; значения эффективной длины волны приводятся в руководствах по эксплуатации приборов);

t — температура воздуха в градусах Цельсия;

p — давление воздуха в мм рт. столба;

e — абсолютная влажность в мм рт. столба.

При использовании психрометра Ассмана температура воздуха определяется по показаниям сухого термометра $t = t_c$, а абсолютная влажность вычисляется по формуле

$$e = E' - kp(t_c - t_м),$$

где $k = \frac{872{,}8 \cdot a}{872{,}8 + t_м}$, $t_м$ — температура смоченного термометра, a — постоянная психрометра Ассмана, E' — максимальное давление водяных паров в мм рт. ст. при температуре смоченного термометра;

— при оформлении листов графического определения элементов приведений записи измеренных величин и подписи названий направлений должны быть сделаны тушью или чернилами. Все основные линии и следы проектирующих плоскостей, прочерченные на листе карандашом, не вычерчивают (кроме ориентирных направлений);

— в измеренные и уравненные на станции углы предварительно должны быть внесены поправки за центрировку и редукции. Эти поправки определяют любыми приближенными способами (по номограммам, таблицам и т. д.), обеспечивающими точность вычислений в пределах 0,1″—0,2″. Поправки за центрировку и редукцию в измеренные линии получают непосредственно с листа определения.

Значения измеренных углов или направлений в отдельных приемах (в зависимости от класса построения) вычисляют до 0,1″ или 0,1′, средние значения углов или направлений в полигонометрии 1 и 2 классов — до 0,01″, в полигонометрии 3 и 4 класса — до 0,1″, в полигонометрии 1 и 2 разрядов — до 0,1′, на ориентирные пункты и зенитные расстояния — до 1″;

— поправки за показания винтового окулярного микрометра зрительной трубы теодолита вычисляют по формулам (при счете оборотов в поле зрения трубы в направлении к барабану микрометра):

$-\mu(M - 10{,}00)$ — при барабане микрометра справа,

$+\mu(M - 10{,}00)$ — при барабане микрометра слева,

где μ — цена деления окулярного микрометра трубы; M — отсчет по микрометру; 10,00 — отсчет в нульпункте микрометра, выраженный в оборотах микрометра;

— для вывода места зенита (MZ) и зенитных расстояний (Z) или места нуля (MO) и угла наклона (α) пользуются формулами:

$$MZ = Л + П - 180°, \quad Z = П - Л + 90°,$$

$$МО = \frac{Л + П \pm 180°}{2}, \qquad \alpha = Л - МО = МО - П = \frac{Л - П \pm 180°}{2},$$

где Л и П — средние отсчеты при «круге лево» и «круге право»;

— расхождение между вычисленным значением высоты знаков и измеренным непосредственно не должно превышать 10 см. В обработку принимается среднее значение, вычисленное с точностью до 0,01 м.

9.7. Предельные допуски угловых невязок ходов и полигонов не должны превышать значений, полученных по формуле

$$W_{пред} = \pm 2{,}5\sqrt{\mu^2 n + 2m_a^2},$$

где μ — установленная Инструкцией средняя квадратическая ошибка измерения угла, соответствующая классу хода;

m_a — средняя квадратическая ошибка исходного азимута;

n — число углов в передаче азимута.

9.8. Для оценки результатов угловых измерений полигонометрии вычисляют угловую невязку хода W по следующим формулам:

для полигона

$$W_\beta = \Sigma\beta - 180°(n - 2),$$

где $\Sigma\beta$ — сумма всех левых по ходу углов полигона,

n — число углов полигона.

Для хода, опирающегося на две твердые стороны,

$$W_\beta = \alpha_0 - \alpha_n + \Sigma\beta - 180°(n - 1),$$

где α_0, α_n — исходные дирекционные углы соответственно на начальной и конечной точках хода; $\Sigma\beta$ — сумма всех левых углов хода (считая и примычные); n — число всех углов хода (считая и примычные).

На основании этих невязок вычисляют среднюю квадратическую ошибку измерения углов в полигонометрии по формулам:

для одиночных ходов или полигонов

$$m_\beta = \pm\sqrt{\frac{\left[\frac{W_\beta^2}{n}\right]}{N}};$$

для сети с узловыми пунктами

$$m_\beta = \pm\sqrt{\frac{\left[\frac{W_\beta^2}{n}\right]}{N - K}},$$

где N — число ходов (полигонов), принятых для вычисления ошибки; K — число узловых пунктов.

9.9. Для оценки точности линейных измерений в ходах и полигонах полигонометрии вычисляют невязки в координатах W_x, W_y и абсолютную линейную невязку хода W_{xy}, при этом в ходах предварительно уравнивают углы путем введения поправок $V_\beta = -\frac{W}{n}$ в каждый измеренный в данном ходе угол. Линейные невязки W_x, W_y, W_{xy} вычисляют по формулам

$$W_x = \sum_1^n \Delta x - (x_к - x_н),$$

$$W_y = \sum_1^n \Delta y - (y_к - y_н),$$

$$W_{xy} = \pm\sqrt{W_x^2 + W_y^2},$$

где Δ_x, Δ_y — приращения координат;

$x_н$, $y_н$ — координаты начального исходного пункта;

$x_к$, $y_к$ — координаты конечного исходного пункта;

n — число измеренных сторон в ходе.

В каждом ходе или полигоне вычисляют относительную линейную невязку $\frac{W_{xy}}{\Sigma s}$, где Σs — периметр хода. Среднюю квадратическую ошибку m_s измерения стороны в полигонометрических сетях вычисляют по формуле:

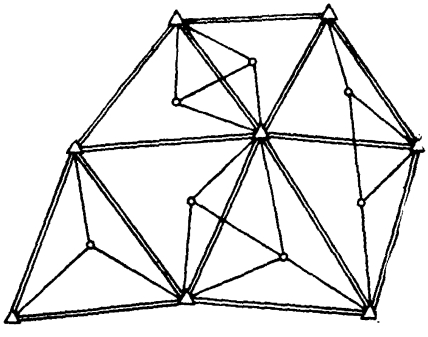
$$m_s = \pm\sqrt{\frac{\left[\frac{W_{xy}^2}{n}\right]}{N}},$$

где N — число ходов, принятых для вычисления ошибки.

9.10. Угловые и линейные невязки в полигонометрических ходах и полигонах определяют в процессе вычисления рабочих (предварительных) координат пунктов сети.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

СХЕМА СГУЩЕНИЯ СЕТИ МЕТОДОМ ТРИЛАТЕРАЦИИ



Условные обозначения

Пункты и стороны существующей сети высшего класса

Вновь определяемые пункты и стороны сети сгущения

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

УКАЗАНИЯ О ВВЕДЕНИИ ПОПРАВОК В НАПРАВЛЕНИЯ ЗА НАКЛОН ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСИ ВРАЩЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА ПРИ НАБЛЮДЕНИЯХ НА ПУНКТАХ ПОЛИГОНОМЕТРИИ

1. Перед началом наблюдений горизонтальных углов или направлений измеряют зенитные расстояния всех направлений и определяют, для каких из них должны вводиться поправки за наклон оси (см. 6.11).

2. Поправка за наклон оси вычисляется по формуле

$$\Delta'' = b \operatorname{ctg} z \frac{\tau''}{2},$$

где b — наклон горизонтальной оси в полуделениях уровня;

$\frac{\tau''}{2}$ — цена полуделения уровня;

z — зенитное расстояние направления.

3. При наблюдениях оптическими теодолитами влияние наклона вертикальной оси учитывается с помощью уровня при алидаде. Уровни при алидаде оптических теодолитов обычно имеют подписи делений с нулем на краю трубки. При наблюдениях всегда берут сначала отсчет по левому концу пузырька, затем по правому, стоя лицом к наблюдаемому предмету.

Наклон b вычисляют по формуле:

$$b = 1/2\,[{}_0(Л + П) - (Л + П)_0],$$

где $(Л+П)_0$ — есть сумма отсчетов по левому и правому концам пузырька для случая, когда нуль делений находится справа, и ${}_0(Л+П)$ — когда нуль слева.

Для контроля постоянства нульпункта уровня вычисляют его значение по формуле:

$$x = 1/2\,[(Л_1 + Л_2) + (П_1 + П_2)],$$

где $Л_1$ и $П_1$ — отсчеты уровня по левому и правому концам пузырька уровня в первом полуприеме, а $Л_2$ и $П_2$ — во втором.

4. Поправки Δ вычисляются по таблице, составленной для данного значения $\frac{\tau''}{2}$ по величинам b и z. Поправки вводятся в направление непосредственно в журнале.

Пример записи отсчетов уровня и введение поправок Δ при наблюдении по способу во всех комбинациях

$$\left(\frac{\tau''}{2} = 3{,}5''\right)$$

Зенитное расстояние	Угол, прием	Круг	Название направления. Отсчет уровня	Отсчеты по лимбу	Отсчеты по микрометру	Значение в полуприеме направления	Значение в полуприеме угла	Среднее значение угла
$z = 95°10'$		Л	1	0°00'	12,0			
		(1)	3,5—30,0		12,1	00'12,0"		
		(4)	31,0—4,5			$\Delta_1 = +0{,}3$		
			$b = -1{,}0$				18'02,4"	
			$x = 34{,}5$				—0,6	
$z = 86°40'$	1—2		2	54°18'	14,5			
		(2)	3,7—30,2		14,3	18'14,4"		
		(3)	31,5—5,0			$\Delta_2 = -0{,}3$		
			$b = -1{,}3$				54°18'	02,8"
								—0,6
	1	П	$x = 35{,}2$	234 18	17,0			
			2		17,0	18'17,0"		
							18'03,1"	
							—0,6	
			1	180 00	13,9	00'13,9"		
					13,9			

Пример записи отсчетов уровня и введения поправок Δ при наблюдении способом круговых приемов

Зенитное расстояние	Название направлений, отсчет уровня	Полуприем	Отсчет по лимбу	Отсчет по микрометру A	Отсчет по микрометру B	$\frac{A+B}{2}$	$\frac{I+II}{2}$	Значение направлений
$z=95°50'$	1	I	24°08'	29,4	29,6	29,5		
(1)	42,0—30,0						31,4	0°00'00,0"
(8)	31,3—5,5	II	204 08	33,4	33,3	33,4	+0,5	
	$b = -1{,}3$							
	$x = 35{,}5$							
$z=87°20'$	2							
(2)	4,8—30,6	I	78 26	26,6	26,8	26,7		
(7)	31,3—5,5	II	258 26	29,5	29,3	29,4	28,0	54 17 56,6
	$b = -0{,}7$						—0,1	—0,6
	$x = 36{,}1$							
$z=89°00$	3							
(3)	5,0—30,8	I	203 38	57,1	57,0	57,0		
(6)	31,5—5,7	II	23 38	59,3	59,0	59,2	58,1	179 30 26,7
	$b = -0{,}7$						0,0	—0,5
	$x = 36{,}5$							
	1							
(4)	4,2—29,9	I	24 08	30,7	30,5	30,6		
(5)	31,2—5,4	II	204 08	32,7	32,9	32,8	31,7	
	$b = -1{,}2$						+0,5	
	$x = 35{,}4$							

Примечание: (1), (2), (3),...,(8) — указана очередность записи отсчетов уровня.

Таблица поправок $\Delta_i = b \frac{\tau}{2} \operatorname{ctg} z$ **для** $\frac{\tau}{2} = 1''$

$+z$ \ b	1	2	3	4	5	6	7	8	9	b / $z-$
80°00′	0,18	0,35	0,53	0,71	0,88	1,06	1,23	1,41	1,59	100°00′
10	17	35	52	70	87	04	21	39	56	50
20	17	34	51	68	85	02	19	36	53	40
30	17	33	50	67	84	00	17	34	51	30
40	16	33	50	66	82	0,99	15	31	48	20
50	16	32	48	65	81	97	13	29	45	10
81°00′	0,16	0,32	0,48	0,63	0,79	0,95	1,11	1,27	1,43	99°00′
10	16	31	47	62	78	93	09	24	40	50
20	15	30	46	61	76	91	07	22	37	40
30	15	30	45	60	75	90	05	20	35	30
40	15	29	44	59	73	87	03	17	32	20
50	14	29	43	57	72	86	00	15	29	10
82°00′	0,14	0,28	0,42	0,56	0,70	0,84	1,98	1,12	1,26	98°00′
10	14	28	41	55	69	83	96	10	24	50
20	13	27	40	53	67	81	94	08	21	40
30	13	26	39	53	66	79	92	05	18	30
40	13	26	39	51	64	77	90	03	16	20
50	13	25	38	50	63	75	88	01	13	10
83°00′	0,12	0,25	0,37	0,49	0,61	0,74	0,86	0,98	1,11	97°00′
10	12	24	36	48	60	72	84	96	08	50
20	12	23	35	48	58	70	82	94	05	40
30	11	23	34	46	57	68	80	91	03	30
40	11	22	33	44	55	66	78	89	00	20
50	11	22	32	43	54	65	76	86	0,97	10
84°00′	0,11	0,21	0,32	0,42	0,53	0,63	0,74	0,84	0,94	96°00′
10	10	20	31	41	51	61	72	82	92	50
20	10	20	30	40	50	60	69	79	89	40
30	10	19	29	39	48	57	67	77	87	30
40	09	19	28	37	47	56	65	75	84	20
50	09	18	27	36	45	54	63	72	81	10
85°00′	0,09	0,17	0,26	0,35	0,44	0,52	0,61	0,70	0,79	95°00′
10	08	17	25	34	42	51	59	68	76	50
20	08	16	24	33	41	49	57	65	73	40
30	08	16	24	31	39	47	55	63	71	30
40	08	15	23	30	38	45	53	61	68	20
50	07	15	22	29	36	44	51	58	66	10
86°00′	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,56	0,63	94°00′
10	07	13	20	27	34	40	47	54	60	50
20	06	13	19	26	32	38	45	51	58	40
30	06	12	18	24	31	37	43	49	55	30
40	06	12	17	23	29	35	41	47	52	20
50	06	11	17	22	28	33	39	44	50	10
87°00′	0,05	0,10	0,16	0,21	0,26	0,31	0,37	0,42	0,47	93°00′
10	05	10	15	20	25	30	35	40	45	50
20	05	09	14	19	23	28	33	37	42	40
30	04	09	13	17	22	26	31	35	39	30
40	04	08	12	16	20	24	29	33	37	20
50	04	08	11	15	19	23	26	30	34	10

$+z$ \ b	1	2	3	4	5	6	7	8	9	b / $z-$
88°00′	0,03	0,07	0,10	0,14	0,17	0,21	0,24	0,28	0,31	92°00′
10	03	06	10	13	16	19	22	26	29	50
20	03	06	09	12	15	17	20	23	26	40
30	03	06	08	10	13	16	18	21	24	30
40	02	05	07	09	12	14	16	19	21	20
50	02	04	06	08	10	12	14	16	18	10
89°00′	0,02	0,03	0,05	0,07	0,09	0,10	0,12	0,14	0,16	91°00′

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ЖУРНАЛ №

измерения длин сторон светодальномером «Кварц»

Район _____

Трапеция _____

197—г.

Светодальномер «Кварц» № _____

Постоянная поправка светодальномера и отражателя _____

Наблюдатели _____

Нашедшего журнал просят возвратить его по адресу _____

_____

Дата 19.8.69
Начало приема 8 ч 00 мин
Конец приема 8 ч 08 мин

Погода **ясно. Слабый ветер**
Видимость **хорошая**
Отраженный сигнал **спокойный**

Температура

Место измерения	Время	№ психрометра	t_c°	$t_{вл}^\circ$
Приемо-передатчик	8 ч 00 мин	1621	+18,4	+13,4
Отражатель	8 ч 05 мин	1623	+18,0	
Среднее	8 ч 02 мин		+18,2	

Давление

Место измерения	Время	№ анероида	P, мм	$t^\circ_{анер}$	Поправки			$P_{испр}$, мм
					шк.	темп.	доб.	
Приемо-передатчик	8 ч 00 мин	127	740	+18,0	+0,2	+0,1	—0,3	740,0
Отражатель	8 ч 05 мин	243						741,0
Среднее	8 ч 02 мин							740,5

Прием I

Частота	Отсчеты по шкале фазовращателя				φ	l
	отр.	о. л.	о. л.	отр.		
I	230,1	48,0	146,2	332,4		
	29,2	245,8	343,4	27,8		
	229,6	46,9	144,8	330,1		
	182,7			185,3	184,0	2,298

Прием II

Частота	Отсчеты по шкале фазовращателя				φ	l
	отр.	о. л.	о. л.	отр.		
	230,4	48,2	146,4	332,0		
	29,4	246,0	343,0	128,0		
	229,9	47,1	144,7	330,0		
	182,8			185,3	184,0	2,298

$l_{ср} = 2,298$

Вычисление чисел N

Сторона базис п. Сельцы — п. Никольское

l_1	2,300	$20 \cdot m$	120,00
l_2	0,852	$-4,0(l_3-l_1)$	—1,13
l_3	2,582	$+0,2(l_4-l_1)$	0,00
l_4	2,324	S	119
l_2-l_1	—1,448	S'	118,87
l_3-l_1	+0,282		
l_4-l_1	+0,024	$20 \cdot S$	2380,00
$D_{пр.\ км}$	20		
$0,025 \cdot D_{пр.\ км}$	+0,50	$-3,8(l_4-l_1)$	—0,09
$+0,2(l_2-l_1)$	—0,28	N_1'	2379,91
P'	+0,22	N_1	2380
P	0,0		
$20p$	0,0		
$-4,0(l_2-l_1)$	+5,79	N_2-N_1-p	2380
$+0,2(l_3-l_1)$	+0,06	N_3-N_1-m	2374
m'	+5,85	N_4-N_1-S	2261
m	6	Постоянные	Поправки
		$\delta_ц$	+0,045 м
		$\delta_ч$	—0,031
		$K_{отр}$	—0,051
		K	—0,180
		$\Sigma S+K$	—0,217 м

Элементы формул	Вычисления		
	предварительные	окончательные	Δ (оконч.—предв.)
$\Delta t,\ p$	+26,7	+26,3	
ΔD_e	+0,5	+0,5	
$\Sigma\Delta D$	+27,2	+26,8	
$D'_м \cdot 10^{-6}$	11,9	11,9	
$\Delta D_{метео}$	+0,323	+0,319 м	—0,004 м

Элементы формул	Вычисления
$\frac{\lambda}{2}$	4,995 0425
N	2380
$\frac{\lambda}{2} \cdot N$	11 888,201 м
$l_{ср}$	+2,303
$\Delta D_{мет}$	+0,323
D''	11 890,827 м

Сводная ведомость измерения расстояния между пунктами

Дата	Время	№ приемов	D''	$\Delta D_{мет}$	$\Sigma\Delta D+K$	D	V
29.V.69	8 ч 02 мин	1	11890,827	—0,004	—0,217	11890,606	+24
	07	2	842	—0,004		621	+9
	11	3	878	—0,003		658	—28
	15	4	849	—0,003		629	+1
	19	5	868	—0,004		647	—17
	23	6	851	—0,004		630	0
	28	7	859	—0,005		637	—7
	8 ч 32 мин	8	832	—0,005		610	+20
			11890,851	—0,004	—0,217	11890,630	2180

$$\mu = \pm\sqrt{\frac{[VV]}{n-1}} = \pm 17 \text{ мм} \qquad M = \pm\frac{\mu}{\sqrt{n}} = \pm 6 \text{ мм} \qquad \frac{M}{D} = 1 : 2\,000\,000$$

ЖУРНАЛ №

измерения длин сторон светодальномером «СГ-3»

Район _____

Трапеция _____

19__ г.

Светодальномер «СГ-3» № _____

Постоянная поправка светодальномера и отражателя _____

Наблюдатели _____

Нашедшего журнал просят возвратить его по адресу _____

_____

Наименование пункта ..... Ореховатка
Измеряемая линия. . . . . Ореховатка — Копанки
Дата измерений 28.05.68
Время вкл. прибора .... 18 ч 00 мин Время выкл. прибора .... 20 ч 00 мин
Высота над центром пункта J 12,13 м V 12,07 м
Центрировочные листы № 1, 2 δ_c—0,061 м δ_r+0,021 м

Метеорологические наблюдения

Погода ... ясно, ветер умеренный
У приемо-передатчика:
Психрометр № 2162
Барометр-анероид № 6626

Видимость .... удовлетворит.
У отражателя:
Психрометр № 2171
Барометр-анероид № 6631

Место наблюдений	Температура						Давление				
	нач.	кон.	ср.	нач.	кон.	ср.	нач.	кон.	ср.	попр. бар.	$P_{испр}$
	t°_c			$t^\circ_м$			P'				
ППБ	16,0	15,4	15,7	8,0	9,2	8,6	751,0	751,0	751,0	+0,6	751,6
ОТР	15,7	15,7	15,7	11,4	11,4	11,4	753,5	753,5	753,5	+0,4	753,9
		Ср.	15,7		Ср.	10,0				Ср.	752,8

Линейные измерения

№ п/п	Расстояние «Грубо» в м	Отсчеты в режиме ручного наведения	Время измерений	Калибровочный отсчет	Отсчеты в режиме автоматического наведения	Уклон V, мм
1	8396	8394,58	19 ч 50 мин	15 344,752	8394,584	—1
2		58			589	+4
3		58			584	—1
4					586	+1
5					584	—1
6					579	—6
7					588	+3
8					580	—5
9					582	—3
10			19 ч 55 мин	15 344,753	589	+4
	Среднее	8394,58	Среднее	15 344,752	8394,585	$[VV]=115$

Оценка точности

$$m = \pm\sqrt{\frac{[VV]}{n-1}} = \pm 36 \text{ мм}; \quad M = \pm\frac{m}{\sqrt{n}} = \pm 1{,}1 \text{ мм}; \quad \frac{M}{D} = \pm\frac{1}{7\,600\,000}$$

ЖУРНАЛ №

измерения длин сторон светодальномером «СМ-3»

Район _____

Трапеция _____

19—г.

Светодальномер «СМ-3» №_____

Постоянная поправка светодальномера и отражателя_____

Наблюдатели _____

Нашедшего журнал просят возвратить его по адресу _____

_____

Вычисление расстояния

φ_1 $\varphi_1-\varphi_2$ $\varphi_1-\varphi_3$	342,8 254,3 308,9	d_1 d_{1-2} d_{1-3}	4,756 29,971 1248,793	d_2 $d_{2ц}$ D_2	1,364 1282,094 1283,458	d_3 $d_{3ц}$ D_3	0,472 1283,041 1283,513
		D_1	1283,520	$\Sigma D_i : 3 = D$			1283,497
						$\Sigma\Delta D$ $D_{ист}$	—0,412 1283,085

Примечание

Линия п. п. 6215—п. п. 8028 СМ-3 № 60708

Дата 3 августа 1973		$D_{приб}$ 0,92		$P_{торр}$	746	$K_{отр}$	—0,155
Время 14 ч 10 мин—14 ч 50 мин				$t°$ C	25	$K_{пр}$	—0,339
$H_{пр}$		$H_{отр}$		$K_{мет}$	$+7\cdot10^{-6}$	$\Delta D_{атм}$	+0,06
$h_{пр}$		$h_{отр}$					
$H_{пр}+h_{пр}$		$H_{отр}+h_{отр}$				$\Sigma\Delta D$	—0,488

Линия п. п. 6215—п. п. 8028 Дальномер СМ-3 № 60708

Дата 20 апр. 1970 г.
Начало 15 ч 53 мин
Конец 16 ч 06 мин
Наблюдатель **Лютов Н. П.**
Помощник **Грибов П. С.**

Температура воздуха +9°С
Давление воздуха 763
Метеокоэффициент K —1,2·10^{-5}
Высота дальномера 1,51 м
Высота отражателя 1,44 м

Поправки

Атмосферные, $\Delta D = KD = -0{,}015$ м
Постоянная дальномера $P = -0{,}350$ м

$\Sigma\Delta D = -0{,}412$

	F_1				F_2				F_3			
	Нуль		Дистанция		Нуль		Дистанция		Нуль		Дистанция	
	A_0^H	$Б_0^H$	A_0^D	$Б_0^D$	A_0^H	$Б_0^H$	A_0^D	$Б_0^D$	A_0^H	$Б_0^H$	A_0^D	$Б_0^D$
1	105	285	90	269	329	150	59	238	93	273	127	308
2	107	287	89	268	330	150	58	240	94	273	127	308
3	106	286	90	269	331	151	60	240	95	275	128	308
4												
5												
Ср.	106,0	286,0	89,7	268,7	330,0	150,3	59,0	239,3	94,0	273,7	127,3	308,0

$\varphi_1' = A_0^D - A_0^H = 343{,}7$
$\varphi_2' = Б_0^D - Б_0^H = 342{,}7$

$\varphi_{F_1} = 343{,}2$

$\varphi_1'' = 89{,}0$
$\varphi_2'' = 89{,}0$

$\varphi_{F_2} = 89{,}0$

$\varphi_1''' = 33{,}3$
$\varphi_2''' = 34{,}3$

$\varphi_{F_3} = 33{,}8$

	A^H_{90}	$Б^H_{90}$	A^D_{90}	$Б^D_{90}$	A^H_{90}	$Б^H_{90}$	A^D_{90}	$Б^D_{90}$	A^H_{90}	$Б^H_{90}$	A^D_{90}	$Б^D_{90}$
1	353	173	335	156	79	259	168	348	338	159	11	191
2	353	173	335	156	80	260	167	347	338	160	13	194
3	354	174	336	157	79	259	167	347	338	157	12	193
4												
5												
Ср.	353,3	173,3	335,3	156,3	79,3	259,3	167,3	347,3	338,3	158,7	12,0	192,7
$\varphi'_1 = A^D_{90} - A^H_{90} = 342{,}0$ / $\varphi'_2 = Б^D_{90} - Б^H_{90} = 343{,}0$	$\varphi_{F_1+90} = 342{,}5$				$\varphi''_1 = 88{,}0$ / $\varphi''_2 = 88{,}0$		$\varphi_{F_2+90} = 88{,}0$		$\varphi''_1 = 34{,}0$ / $\varphi'''_2 = 34{,}0$		$\varphi_{F_3+90} = 34{,}0$	
$\varphi_1 = (\varphi_{F_1} + \varphi_{F_1+90}) : 2$	342,8				$\varphi_2 = (\varphi_{F_2} + \varphi_{F_2+90}) : 2$		88,5		$\varphi_3 = (\varphi_{F_3} + \varphi_{F_3+90}) : 2$		33,9	

F_1				F_2				F_3			
0°		90°		0°		90°		0°		90°	
отр	окз	окз	отр	отр	окз	окз	отр	отр	окз	окз	отр
112	74	334	10	222	9	266	120	250	77	336	146
292	254	154	190	41	188	85	299	74	258	156	333
112	74	334	10	221,5	8,5	265,5	119,5	252	77,5	336	150,5
38,0			36,0	213,0			214,0	174,5			174,5
		φ_1	37,0			φ_2	213,5			φ_3	174,5
		l_1	0,513			l_2	3,292			l_3	2,429

F_1				F_2				F_3			
0°		90°		0°		90°		0°		90°	
отр	окз	окз	отр	отр	окз	отр	окз	отр	окз	окз	отр
112	74	333	11	222	10	264	119	250	78	336	148
292	254	153	191	41	189	83	299	71	258	157	331
112	74	333	11	221,5	9,5	263,5	119	250,5	78	336,5	149,5
38,0			38,0	212,0			215,5	172,5			173,0
		φ_1	38,0			φ_2	213,8			φ_3	172,8
$l_{1ср}$	$\boxed{0,520}$	l_1	0,527	$l_{2ср}$	$\boxed{3,294}$	l_2	3,296	$l_{3ср}$	$\boxed{2,417}$	l_3	2,405

Вычисление расстояния

l_1-l_2	$-2,776$	$-0,18\ (l_1-l_2)$	$+0,50$	$+1,8(l_1-l_2)$	$-5,0$	N_1	185
l_1-l_3	$-1,897$	$30P+6\ (l_1-l_3)$	$+18,6$	$10\cdot n$	190	N_2	166
P	1	n	19	N	185	N_3	184

	F_1	F_2	F_3		
l	0,520	3,294	2,417	Δh	
$1\cdot 2/2$	24,976	33,301	20,048	ΔD_h	

Продолжение

10·2/2	399,615	333,013	400,952	ΔD_H	
100·2/2	499,518	555,021	501,189		
D'	924,640	924,629	924,606	ΔD_L	
$D_{ср}$			924,625	$D_{изм}$	
$\Sigma\Delta D$			—0,488		
$D_{изм}$			924,137	D	

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ЖУРНАЛ №

измерения длин сторон светодальномером «ЕОК-2000»

Район _____

Трапеция _____

19__ г.

Светодальномер «ЕОК-2000» № _____

Постоянная поправка светодальномера и отражателя _____

Наблюдатели _____

Нашедшего журнал просят возвратить его по адресу _____

_____

Линия
Дата 8 июня 1973 г.
Время 11 ч 50 мин
Погода

ЕОК 2000 №
t°C 24
$P_{торр}$ 750
$S_{приб.\ км}$ 0,58

R_3	1	5	3				Вычисление поправок	
R_2		5	1	2				
R_1			0	9	7	5	$K_{мет}$	+0,005
			0	9	7	3	K_f	+0,002
			0	9	6	5	$K_{мет} + K_f$	+0,007
							$(K_{мет} + K_f) \cdot S_{км}$	+0,004
							K_G	+0,001
$R_{1\,ср}$			0	9	7	1	$K_{пр}$	+0,163
$2S_o$	1	5	0	9	7	1	$K_{отр}$	—0,004
S_o		7	5	4	8	6	$\Sigma K = \Delta S_o$	+0,164
$n \cdot 500$	5	0	0				ΔS_H	
S_o'	5	7	5	4	8	6	ΔS_L	
ΔS_o		+	0	1	6	4	$\Delta S_h + \Delta S_H + \Delta S_L$	
S'	5	7	5	6	5	0	S	

$h_{пр}$		$h_{отр}$	
$H_{пр}$		$H_{отр}$	
$h_{пр} + H_{пр}$		$h_{отр} + H_{отр}$	
Δh		ΔS_h	

Примечание: _____

ЖУРНАЛ №

измерения длин сторон радиодальномером «Луч»

Район _____

Трапеция _____

19__ г.

Радиодальномер «Луч» № _____

Постоянная поправка радиодальномера _____

Наблюдатели _____

Нашедшего журнал просят возвратить его по адресу _____

_____

Прием Дата **20.06. 69 г.**

Линия п. Семеновка — п. Планерное $S = 28$ км

Оператор ведущей **Иванов А. А.** Помощник ведущей **Климов О. А.**

ведомой **Сизов О. К.** ведомой **Петров В. С.**

+П **Разрешение неоднозначности** **—П**

$+A\ B\ \frac{45,0}{54,5}$	$+A\ C\ \frac{45,0}{29,0}$	$+A\ D\ \frac{45,0}{90,0}$	$+A\ -A\ \frac{45,0}{54,0}$	$+A\ B\ \frac{44,0}{51,5}$	$+A\ C\ \frac{44,0}{27,0}$	$+A\ D\ \frac{44,0}{89,5}$	$+A\ -A\ \frac{44,0}{45,0}$
90,5	16,0	55,0	91,0%/₂	92,5	17	54,5	99,0%/₂
19	1	5	45,5	9	1	5	49,5

Метеорологические данные

Облачность **высокая кучевая** Видимость **15 км, дымка**

Осадки **нет** Ветер **слабый с.-з.**

№ станции	t_c°	$t_{вл}^\circ$	Давление							
			№ баром.	$P_{измер}$	t баром.	Поправки			$P_{норм}$
						шкал.	темп.	добав.	
93	15°,0	8°,2	327	756,7	—	+0,1	—0,4	—0,5	755,9
	14,9	8,1		756,7	—				755,9
93.II	13,7	7,6	1058	757,6	—	0	—0,7	+1,0	757,9
	13,9	7,9		757,7	—				758,0
$t_{ср}$ =	14,4	8,0	$k/a = 0,000669$ $M = 0,3599$					$P_{ср}$ =	756,9
$\Delta t_{ср}$ =	0,0	0,0	$N = 5,936$ $E' = 8,04$						
$t_{ср.\ окон}$=	14,4	8,0	$P \cdot k/a \cdot (t_c - t_{вл}) = 3,24$					$P_{ср}(t_c - t_{вл})$=	4844

$(t_c - t_{вл})$= 6,4

$e = 4,80$

$P \cdot M = 272,4$ $C = 0,1498511$

$e \cdot N = 28,5$

$\Delta n = 300,9$ $D' = 28703,334$

Точные отсчеты

Начало 15 ч 14 мин Конец 15 ч 22 мин

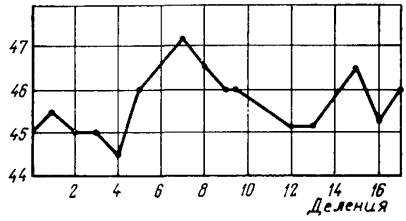
№ п/п	№ дел.	$(+A)$ $(+A)\times$ $\times(-П)$	$(-A)$ $(-A)-$ $-(-П)$	I II	$\frac{I+II}{2}$	$\frac{1}{2}$		Ведущ.	Ведом.
		1	2	3	4	5			
1	4,5	44,5	54,0	90,5	90,0	45,0	Клистрон	33	24
	6,0	95,5	6,0	89,5					
2		45,0	54,0	91,0	91,0	45,5	АРУ	82	77
		96,5	5,5	91,0					
3		45,0	55,0	90,0	90,0	45,0	Стабиловольт $\Sigma_1-\Sigma_2=\Sigma_3$ $\frac{\Sigma_3}{4}=\Sigma_5$	68	65
		96,0	6,0	90,0					
4		45,0	55,0	90,0	90,0	45,0			
		96,5	6,5	90,0					
5		45,0	55,5	89,5	89,0	44,5			
		96,0	7,5	88,5					
6		46,0	54,5	91,5	92,0	46,0			
		98,0	5,5	92,5					
7		47,0	54,5	92,5	93,0	46,5			
		99,0	5,5	93,5					
8		47,0	53,0	94,0	94,5	47,2			
		99,5	04,5	95,0					
9		46,5	53,5	93,0	93,0	46,5			
		98,0	0,5	93,0					

№ п/п	№ дел.	(+A) (+A)× ×(−П)	(−A) (−A)− −(−П)	I II	I+II / 2	1/2		Ведущ.	Ведом.
		1	2	3	4	5			
10		46,0	54,5	91,5	92,0	46,0			
		98,0	5,5	92,5					
11		45,5	54,5	91,0	91,5	45,8			
		98,0	6,0	92,0					
12		45,5	54,0	91,5	91,0	45,5			
		97,5	7,0	90,5					
13		45,0	54,0	91,0	90,5	45,2			
		97,0	7,0	90,0					
14		45,0	54,5	90,5	90,5	45,2			
		97,5	7,0	90,5					
15		46,0	54,5	91,5	91,5	45,8	Клистрон	30	20
		97,5	6,0	91,5					
16		46,5	53,5	93,0	93,2	46,6	АРУ	82	75
		98,0	4,5	93,5					
17		46,0	56,0	90,0	90,5	45,2	Стабило-вольт	68	65
		97,5	6,5	91,0					

Продолжение табл.

№ п/п	№ дел.	$\frac{(+A)}{(+A)\times(-П)}$ 1	$\frac{(-A)}{(-A)-(-П)}$ 2	$\frac{I}{II}$ 3	$\frac{I+II}{2}$ 4	$\frac{1}{2}$ 5		Ведущ.	Ведом.
18	18,0	47,5	55,5	92,5	92,2	46,1			
	16,3	98,0	5,5	92,5					
Σ		4378,0	1086,0	3292,0			$\frac{\Sigma_3}{4} =$		
					Ср.	45,74	$\tau_{ок} = 191545,72$		

График



ПРИЛОЖЕНИЕ 8

ЖУРНАЛ №

измерения длин сторон радиодальномером «РДГ» («РДГВ»)

Район _____

Трапеция _____

19__ г.

Радиодальномер «РДГ» («РДГВ») № _____

Постоянная поправка радиодальномера _____

Наблюдатели _____

Нашедшего журнал просят возвратить его по адресу _____

_____

Прием 1

Линия **п. Фомино — п. Семеновская** $S \approx 40$ км Дата **15 июля 1969 г.**

Операторы: ведущей. **Смирнов** ведомой—**Петров**

Ефремов **Горелов**

Точные отсчеты Время **12 ч 46 мин — 13 ч 06 мин**

Грубые отсчеты Таблица 8.1

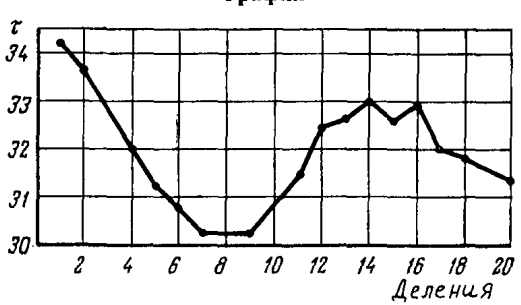
Несущая		0° / 180°	Среднее	Клистрон АРУ Батарея	
№ п/п	№ делений	1	2	ведущ.	ведом.
				Начало	
1	2,0	34,0	34,2	39	20
	5,0	34,3			
2		33,8	33,8	23	30
		33,8			
3		32,9	32,9	27	32
		32,9			
4		31,9	32,0		
		32,1			
5		31,2	31,2		
		31,1			
6		31,1	31,0		
		31,0			
7		30,5	30,3		
		30,1			
8		30,3	30,3		
		30,3			
9		30,6	30,3		
		30,0			
10		30,8	30,8		
		30,7			
11		31,5	31,4		35
		31,3			
12		32,5	32,4		34
		32,3			
13		32,7	32,6		33
		32,5			
14		33,0	33,0		32
		33,0			

Несущая		0° / 180°	Среднее	Клистрон АРУ Батарея	
№ п/п	№ делений	1	2	ведущ.	ведом.
15		32,8 / 32,5	32,6		31
16		33,0 / 33,0	33,0		30
17		32,0 / 31,9	32,0	конец	
18		32,0 / 31,8	31,9	27	46
19		31,8 / 31,6	31,7	23	32
20	21,0 / 24,0	31,5 / 31,3	31,4	23	29
	Σ	1277,4	638,8	$\frac{\Sigma_1}{2n} = \frac{\Sigma_2}{n}$	
τ_0	Ср.	31,94	31,94		

Грубые отсчеты Таблица 8.2

0°	*Б* 35,4 / 2*Б* 70,8	*В* 04,0 / 2*В* 08,0	*Г* 36,6 / 2*Г* 73,2	*А* 31,7
τ	2 7	0	7	31,7
180°	*Б* 36,0 / 2*Б* 72,0	*В* 03,5 / 2*В* 07,0	*Г* 37,2 / 2*Г* 74,4	*А* 31,7
τ	2 7	0	7	31,7

График



Метеорологические данные

Облачность	ясно
Осадки	нет
Видимость	30—40 км
Ветер	западный слабый

Таблица 8.3

№ станции	t°_c	$t^\circ_{вл}$
5	15,8°	7,9°
	16,0	8,0
6	16,8	9,0
	17,0	9,0
$t^\circ_{ср}$	16,4	8,5
Δt°	7,9	
$P_{ср} \cdot \Delta t = 5814$		

Таблица 8.4

№ станции	5	6
№ барометра	1058	3028
$P_{изм}$	735,3	737,5
$t^\circ_{баром}$	15,9	16,9
$\Delta_{шк}$	+0,4	—0,3
$\Delta_{темп}$	—0,8	—0,7
$\Delta_{доб}$	+0,1	+0,5
P	735,0	737,0
$P_{ср}$	736,0	

$a = 0,000670$

Таблица 8.5

Вычисление расстояния

K_1	0,3574	K_2	5,85
E'	8,32	$K_1 \cdot P_{ср}$	263,0
$P_{ср} \cdot \Delta t a$	3,90	$K_2 \cdot e$	25,9
e	4,42	$(n-1)\ 10^6$	288,9
$\tau_{ок}$	270731,94	u	0,149852 96

$D' = 40569,983$ м

ЦЕНТРИРОВОЧНЫЙ ЛИСТ (ЛИНЕЙНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ)

Трапеция 0—40—15

20 июня 1961 г.

Пункт Головино, сигн. 1 кл.

Контрольный угол Храпки — Головино — Черноголовка

На чертеже 167°00′

Из наблюдений 166°31′

Элементы центрировки:

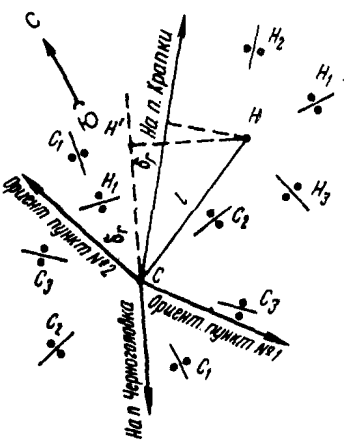
δ_c _____ м на пункт _____

δ_c _____ м на пункт _____

Элементы редукции:

$\delta_r = +0{,}074$ м на пункт Храпки

$\delta_r = -0{,}071$ м на пункт Черноголовка



Определение производил **Иванов** Проверял **Петров**

Обозначение проекций:

С — центр пункта

I — точка относимости светодальномера

Н — точка относимости отражателя.

Примечание. Знак величины $\delta_c(\delta_r)$ будет положительным, если основание перпендикуляра (точки *I′* или *H′*) находится на линии, проведенной из проекции центра пункта на пункт стояния светодальномера или отражателя, и отрицательным, если основание перпендикуляра находится на продолжении этой линии.

ЦЕНТРИРОВОЧНЫЙ ЛИСТ (УГЛОВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ)

Трапеция 0—40—90

Пункт Подгорный, сигн. 2 кл. 21 августа 1961 г.

Контрольный угол Сосновка — Подгорный — Быково

на чертеже 117°30′; 116°00′

Из наблюдений 116°33′

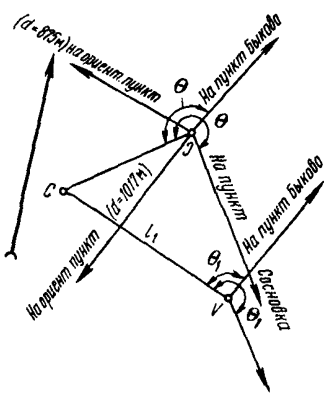
Элементы центрировки:
$l = 0{,}068$ м
$\theta = 154°30'$ на п. Быково
$\theta = 272\ 00$ на п. Сосновка
Начальное направление на п. Быково

Элементы редукции:
$l_1 = 0{,}094$ м
$\theta_1 = 96°30'$ на п. Быково
$\theta_1 = 212°30'$ на п. Сосновка

Начальное направление на п. Быково

Направление на ориентирные пункты

	На чертеже	Из наблюдений
Быково	0°00′	0°00′
Сосновка	117 30	116 33
Ориентирный пункт № 2	177 30	178 00
» » № 1	257 30	258 30



Определение произвел **инж. Соколов**

Обозначение проекций: C — центра пункта
I — оси инструмента
H — оси гелиотропа (фонари)
V — оси визирной цели

Проверил **инж. Никитин**

ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЙ УГЛОМЕРНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

1. Исследование правильности работы и ошибок оптических микрометров:

а) исследование систематических ошибок оптического микрометра, которые для теодолитов типа Т05, Т1 не должны превышать 1″ и 1,5″ у теодолитов Т2;

б) определение ошибок совмещения штрихов по горизонтальному и вертикальному кругам. Средняя квадратическая ошибка одного совмещения у теодолитов Т05, Т1 не должна превосходить 0,3″ для микрометра горизонтального круга и 0,6″ для микрометра вертикального круга; у теодолитов типа Т2 соответствующие величины должны быть меньше 0,5″ и 0,6″;

в) определение мертвого хода оптического микрометра. Отдельные разности «право минус лево» должны лежать в пределах от —1″ до +1″ у теодолитов Т05, Т1.

2. Исследование полных ошибок диаметров кругов угломерных инструментов.

Полные ошибки диаметров у теодолитов Т05 не должны превышать ±1,0″, а теодолитов Т1—±1,2″.

3. Исследование эксцентриситета горизонтального круга.

Эксцентриситет лимба не должен превышать 40″.

4. Испытание правильности вращения алидады вокруг вертикальной оси.

Правильность вращения алидады характеризуется наибольшим уклонением измеренных значений эксцентриситета от плавной кривой, которое должно быть не более 15″, и показаниями накладного уровня.

5. Исследование уровней на экзаменаторе по способу проф. Васильева.

6. Определение цены деления барабана окулярного микрометра.

7. Определение рена оптического микрометра. Величины

$$r = \frac{r_в + r_н}{2} \quad \text{и} \quad \Delta r = r_в - r_н$$

не должны превышать 0,5″ у теодолитов Т05, Т1 и 1″ у теодолитов Т2.

ЖУРНАЛ ИЗМЕРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ ВО ВСЕХ КОМБИНАЦИЯХ

Инструмент Т05 № 01
Цена одного деления шкалы оптического микрометра 1″
Цена одного деления барабана микрометра главной трубы 1″
Цена одного деления накладного уровня 2,5″

Дата **24.V. 70 г.** $t = +17{,}4°$ Погода **ясно** Ветер **слабый**

Время **09 ч 15 мин** Видимость **хорошая** Изображения **спокойные**

№ направления. Визирная цель	Круг	Отсчеты по микрометрам		Отсчеты по		Среднее	Поправка за «рен» Г. т. П. т. Сумма	Значение в полуприеме	
		главной трубы	поверительной	штрихам лимба	шкале микрометра			направления	угла
	Угол 1—2	Прием II		Среднее значение угла 153°31′19,6″					
1	Л	98,0 98,2 98,2 98,1		185 05	29,8 29,8	29,8	—1,9	27,9	19,5
2	Л	98,9 98,9 98,7 98,8		338 36	48,8 48,4	48,6	—1,2	47,4	
2	П	4,0 4,4 4,4 4,3		158 36	37,7 37,3	37,5	+4,3	41,8	19,8
1	П	1,9 1,7 1,7 1,8		5 05	20,5 20,0	20,2	+1,8	22,0	

$\Delta\ (1-2) = -0{,}3$

ЖУРНАЛ ИЗМЕРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ КРУГОВЫМИ ПРИЕМАМИ

Инструмент Т2
Цена одного деления шкалы оптического микрометра 1″
Цена одного деления уровня на алидаде 15″

Дата 14. VI $t = +21°$ Погода облачно Ветер умеренный

Время 17 ч 30 мин Видимость удовлетворительная Изображения спокойные

Название направления	Отсчеты по штрихам лимба	Отсчеты по микрометру a_1	Отсчеты по микрометру a_2	$\frac{a_1 + a_2}{2}$	$2c$	$\frac{Л + П}{2}$	Значение направлений
Степаново Л	0°01′	03,2″	03,6″	03,4″	—3,6″	5,2″	0°00′00,0″
П	180 01	06,8	07,2	07,0			
Андрейково Л	71 40	26,0	26,4	26,2	—5,0	28,7	71 38 23,5
П	251 40	31,4	31,0	31,2			
Голенищево Л	107 18	52,6	52,6	52,6	—2,5	53,8	107 17 48,6
П	287 18	54,8	55,4	55,1			
Еловая Л	183 35	12,0	12,0	12,0	—4,8	14,4	183 34 09,2
П	3 35	16,6	17,0	16,8			
Курган Л	254 26	28,2	28,4	28,3	—4,6	30,6	254 25 25,4
П	74 26	32,8	33,0	32,9			
Степаново Л	0 01	07,6	07,8	07,7	—2,2	08,8	
П	180 01	10,0	09,8	09,9			

$\Delta_л = +4,3''$ $\Delta_п = 2,9''$ $\Delta_{ср} = +3,6''$

Таблицы установок лимба при наблюдении на пунктах полигонометрии

$n = 2$ $m = 9$

Угол	Приемы								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1.2	0°00′	20°05′	40°10′	60°15′	80°20′	100°25′	120°30′	140°35′	160°40′

$n = 3$ $m = 6$

Угол	Приемы					
	I	II	III	IV	V	VI
1.2	0°0′	30°5′	60°10′	90°15′	120°20′	150°25′
1.3	10 5	40 10	70 15	100 20	130 25	160 30
2.3	20 10	50 15	80 20	110 25	140 30	170 35

$n = 4$ $m = 5$

Угол	Приемы				
	I	II	III	IV	V
1.2	0°00′	36°03′	72°10′	108°15′	144°20′
1.3	12 05	48 10	84 15	120 20	156 25
1.4	24 10	60 15	96 20	132 25	168 30
2.3	24 15	60 20	96 25	132 30	168 35
2.4	12 10	48 15	84 20	120 25	156 30
3.4	0 00	36 05	72 10	108 15	144 20

$n = 5$ $m = 4$

Угол	Приемы			
	I	II	III	IV
1.2	0°00′	45°05′	90°10′	135°15′
1.3	9 5	54 10	99 15	144 20
1.4	18 10	63 10	108 20	153 25
1.5	27 15	72 20	117 25	162 30
2.3	18 10	63 15	108 20	153 25
2.4	27 15	72 20	117 25	162 30
2.5	36 20	81 25	126 30	171 35
3.4	36 20	81 25	126 30	171 35
3.5	0 00	45 05	90 10	135 15
4.5	9 05	54 10	99 15	144 20

$n = 2$ $m = 12$

Угол	Приемы					
	I	II	III	IV	V	VI
1.2	0°0′	15°5′	30°10′	45°15′	60°20′	75°25′

Угол	Приемы					
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1.2	90°30′	105°35′	120°40′	135°45′	150°50′	165°35′

$n = 3$ $m = 8$

Угол	Приемы							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1.2	0°0′	22°5′	45°10′	67°15′	90°20′	112°25′	135°30′	157°35′
1.3	8 5	30 10	53 15	75 20	98 25	120 30	143 35	165 40
2.3	15 10	37 15	60 20	82 25	105 30	127 35	150 40	172 45

$n = 4$ $m = 6$

Угол	Приемы					
	I	II	III	IV	V	VI
1.2	0°0′	30°5′	60°10′	90°15′	120°20′	150°25′
1.3	10 5	40 10	70 15	100 20	130 25	160 30
1.4	20 10	50 15	80 20	110 25	140 30	170 35
2.3	20 10	50 15	80 20	110 25	140 30	170 35
2.4	10 5	40 10	70 15	100 20	130 25	160 30
3.4	0 0	30 5	60 10	90 15	120 20	150 25

$n = 5$ $m = 5$

Угол	Приемы				
	I	II	III	IV	V
1.2	0°0′	36°5′	72°10′	108°15′	144°20′
1.3	7 5	43 10	79 15	115 20	151 25
1.4	14 10	50 15	86 20	122 25	158 30
1.5	21 15	57 20	93 25	129 30	165 35
2.3	14 10	50 15	86 20	122 25	158 30
2.4	21 15	57 20	93 25	129 30	165 35
2.5	28 20	64 25	100 30	136 35	172 40
3.4	28 20	64 25	100 30	136 35	172 40
3.5	0 0	36 5	72 10	108 15	144 20
4.5	7 5	43 10	79 15	115 20	151 25

ЖУРНАЛ ИЗМЕРЕНИЯ ЗЕНИТНЫХ РАССТОЯНИЙ

Инструмент Т1 №02
Цена деления уровня при вертикальном круге равна 12″.

Пункт **Долгий** Погода **пасмурная** Ветер **слабый**
Дата **26.VI** Видимость **удовлетворительная**
Время **11 ч 50 мин** Изображения **колеблющиеся**

Название направления, место наведения		Отсчеты по вертикальному кругу		Среднее	Место зенита	Зенитное расстояние
		I	II			
Степной	Л	91°58′52,2″	52.2	91°58′52,2″	359°59′28,7″	91°59′23,5″
Верх в. ц.	П	268 00 05,5	05.0	268 00 05,2		
Перевал	Л	88 25 23,8	23.8	88 25 23,8	359 59 29,3	88 25 54,5
	П	271 33 35,0	34.5	271 33 34,8		
Высокий	Л	89 25 23,8	23.4	89 25 23,6	359 59 32,9	89 25 50,7
Верх в. ц.	П	270 33 41,8	42.5	270 33 42,2		

ТЕХНИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ АСТРОНОМИЧЕСКИХ АЗИМУТОВ НА ОРИЕНТИРНЫЕ ПУНКТЫ СО СРЕДНЕЙ КВАДРАТИЧЕСКОЙ ОШИБКОЙ ±5″—±7″

Дирекционные углы направлений на ОРП (ориентирные пункты) могут быть получены из астрономических определений азимутов.

Из астрономических наблюдений можно найти астрономический азимут, и от него перейти к геодезическому или же определить геодезический азимут непосредственно из астрономических наблюдений. Зная геодезический азимут, по известным формулам переходят к дирекционному углу направления.

Определение азимутов на ОРП имеет ряд особенностей.

1. Наблюдения выполняются на пунктах триангуляции, для которых с большой точностью известны геодезические координаты.

2. Стороны, азимут которых определяется, как правило, очень короткие, и большое значение приобретают вопросы, связанные с измерением центрировки и редукции.

3. Определения азимутов носят массовый характер и поэтому способы и методы не могут быть рассчитаны на специалистов высокой квалификации, работающих только с высокоточными астрономическими инструментами.

4. Наблюдения азимутов выполняются с земли, со штативов, так как в случае наличия знаков на пунктах триангуляции целесообразно дирекционные углы направлений на ОРП получать из угловых измерений.

В качестве основного способа рекомендуется способ определения астрономического азимута по часовому углу Полярной.

Инструменты и часы

Для определения азимута могут использоваться следующие инструменты: Т2, Theo-010, ТБ1 и ТеВ1. Все инструменты должны иметь электроосвещение и призмы для визирования на высокорасположенные цели и для отсчета кругов. Выбранный для измерений инструмент должен быть исследован по программе для угловых измерений 4 класса, а перед наблюдениями должны быть выполнены обычные поверки. Уровни — накладной или алидадный — исследуются на экзаменаторе. Цена деления уровней должна быть известна с ошибкой ±0,1″. У инструментов, не имеющих накладного на горизонтальную ось уровня, особое внимание должно быть обращено на перпендикулярность горизонтальной и вертикальной осей. Угол между осями должен отличаться от прямого на величину не более 15″.

Пример на исследование часов

Время (московское) передачи радиосигналов	Показания рабочих часов	Поправка часов	Ход часов	Уклонения
$10^h00^m00^s$	$9^h59^m59,5^s$	$+0,5^s$		
11 00 00	10 59 59,0	+1,0	$+0,5^s$	$+0,6^s$
12 00 00	12 00 00,0	0,0	—1,0	—0,9
13 00 00	13 00 01,0	—1,0	—1,0	—0,9
14 00 00	14 00 00,0	0,0	+1,0	+1,1
15 00 00	15 00 00,5	—0,5	—0,5	—0,4
16 00 00	16 00 00,0	0,0	+0,5	+0,6

$$\Sigma v^2 = 3{,}71 \qquad m = \pm\sqrt{\frac{3{,}71}{5}} = \pm 0{,}86'' \text{ Ср.} - 0{,}1^s + 0{,}1$$

Для наблюдений астрономического азимута с указанной выше точностью в качестве хранителей времени используются морские хронометры, палубные часы, секундомеры 51 *CD* и прецизионные наручные часы с центральной секундной стрелкой «Восток». Для хронометров, часов и секундомеров определяются средние квадратические колебания часового хода. Для этого каждый час определяется поправка часов. Всего необходимо получить не менее шести часовых ходов. Среднее квадратическое колебание часового хода находят по формуле:

$$m = \pm\sqrt{\frac{\Sigma v^2}{n-1}},$$

где n — число ходов, v — уклонения отдельных значений ходов от его среднего значения. Величина m должна быть меньше $\pm 1{,}0^s$.

Подготовка к наблюдениям

Определения азимутов на ОРП выполняются со штативов. Особое внимание следует обратить на устойчивость штативов, для чего их ножки устанавливаются на колья. Для наблюдателя следует сделать помост из досок, препятствующий сдвигу инструмента при перемещении наблюдателя и обеспечивающий постоянство наклона инструмента на период выполнения отдельных приемов определения азимута. Для получения необходимой точности определения азимута важным является точность определения элементов центрировки и редукции. Предельные расхождения в определении элементов центрировки и редукции не должны превосходить величин, приведенных ниже в табл.

Наблюдения выполняются на световую точечную цель, которая устанавливается на штативе точно над центром ОРП. Световой целью может служить маленькое отверстие в марке, освещаемое сзади горящей в полнакала лампочкой для карманного фонаря.

S (в м)	Допустимые расхождения определений элементов в мм
250	±2
500	2
750	4
1000	5
2000 и более	10

Из двух ОРП для определения азимута при прочих равных условиях следует выбирать наиболее удаленный от центра пункта. Следует избегать определения азимута по лучу с большим наклоном. Запись всех результатов наблюдений и приема радиосигналов времени должны выполняться в одном журнале в соответствии с прилагаемыми образцами. В этом же журнале обязательно и своевременно должны быть записаны все исходные данные (цена деления уровня, результаты исследований инструмента, выполняемые поверки и т. д.). Вычисления необходимо выполнять в две руки или в одну, но с применением контрольных формул. Окончательные вычисления выполняются в камеральных условиях.

Для исполнителей, впервые приступающих к определению азимута, обязательна предварительная тренировка — пробные определения азимута на

одном из пунктов триангуляции 1—2 класса с хорошо известным азимутом. При этом необходимо убедиться в отсутствии заметной систематической ошибки у инструмента, предназначенного для азимутальных определений.

Определение поправки часов

Непосредственно перед наблюдениями азимута определяется поправка часов из приема радиосигналов времени. Во всех случаях вполне достаточно принимать радиосигналы обычной поверки времени (шесть точек), подаваемые широковещательными радиостанциями. Шестая точка соответствует ровно 00^m00^s каждого часа. Некоторые зарубежные радиостанции передают сигналы типа «шесть точек» и в другие минуты часа. Для приема радиосигналов достаточно иметь обычный широковещательный радиоприемник. Ошибка определения поправки часов должна быть менее 1^s, чего вполне достаточно для получения азимута с точностью 5—7″ на пунктах с широтой менее 75°. На основании приема радиосигналов времени поправка часов относительно местного звездного времени вычисляется следующим образом.

1. Из Астрономического Ежегодника для данного года наблюдений, из таблицы «Звездное время 19 . . года» выписывается истинное звездное время S_0 до $0{,}1^s$ для гринвичской даты наблюдений.

2. По данным геодезическим координатам и составляющей уклонения отвесной линии в первом вертикале η вычисляют астрономическую долготу $\lambda = L + \eta \sec B$, где L — геодезическая долгота пункта наблюдений, положительная к востоку от Гринвича, B — геодезическая широта пункта.

3. Вычисляют поправку часов относительно местного звездного времени по формуле $u = S_0 + (T_{ом} - 3^h)(1+\mu) + \lambda - T_м$, где S_0—звездное время, выбираемое из Астрономического Ежегодника, как указано в п. 1;
$T_{ом}$ — московское декретное время, соответствующее передаче шестой точки радиосигналов времени (00^m00^s);
$T_м$ — показание рабочих часов в момент приема шестой точки;
$\mu = 0{,}002738$ — коэффициент для перевода интервала, выраженного в среднем солнечном времени в звездное. Этот перевод осуществляется по таблице, имеющейся в Астрономическом Ежегоднике, в разделе «Вспомогательные таблицы».

При наблюдениях с секундомерами и часами радиосигналы следует принимать каждый час. На основании приема смежных радиосигналов вычисляется ход хронометра, т. е. изменение его поправки, отнесенное к единице времени, например к часу:

$$\omega = \frac{u_2 - u_1}{T''_{ом} - T'_{ом}}.$$

В этой формуле u_1 — поправка часов в момент первого приема радиосигналов $T'_{ом}$ а u_2 — в последующий момент $T''_{ом}$. Зная поправку часов в начальный момент $T'_{ом}$ и ход часов ω можно получить поправку часов для любого другого момента времени, заключенного между моментами $T''_{ом}$ и $T'_{ом}$, путем линейного интерполирования.

ПРИМЕР

10 ноября 1970 г. на пункте с координатами $L = 40°01'12{,}8''$, $B = 55°40'20''$ и $\eta = -8''$ приняты радиосигналы типа «шесть точек» в моменты $T'_м = 11^h$ и $T''_{ом} = 12^h$ по московскому декретному времени. Показания рабочих часов, соответствующие моментам $T'_{ом}$ и $T''_{ом}$, были $T'_{ом} = 11^h01^м05{,}3^s$ и $T''_{ом} = 12^h01^м06{,}7^s$. Определить поправку u и ход часов ω.

Вычисляем астрономическую долготу пункта по формуле:

$$\lambda = L + \eta \sec B$$

B	55° 40′ 20″
η	— 8″
$\sec B$	1,77
L	40° 01′ 12″
$\eta \sec B$	— 14″
λ	40° 00′ 58″

В табл. V «Выражение дуги во времени» из Астрономического Ежегодника переводим долготу λ из дуговой меры во временную:

40° 00′ 00″	$02^h 40^m 00,0^s$
0′45″	$03,0^s$
0′13″	$0,9^s$
40°00′58″	$02^h 40^m 03,9^s$.

Вычисляем поправки часов и часовой ход по формулам:

$$u = s_0 + (T_{ом} - 3^h)(1 + \mu) + \lambda - T_м;$$

$$\omega = \frac{u_2 - u_1}{T''_м - T'_м};$$

S_0	$3^h 14^m 57,3^s$	$3^h 14^m 57,3^s$
$T_{ом} - 3^h$	8 00 00,0	9 00 00,0
$(T_{ом} - 3^h)\mu$	+1 18,9	+1 28,7
λ	2 40 08,9	2 40 03,9
$S_0 + (T_{ом} - 3^h)(1 + \mu) + \lambda$	13 56 20,1	14 56 29,9
$T_м$	11 01 05,3	12 01 06,7
u	+2 55 14,8	+2 55 23,2
$u_2 - u_1$	+0 08,4^s	
ω	+ 08,4^s	

Поправка часов в момент u $11^h 18^m$ будет:

$$u = +2^h 55^m 14,8^s + \frac{11^h 18^m - 11^h 01^m}{60} \cdot 8,4^s = +2^h 55^m 17,2^s.$$

Наблюдение Полярной

Для ускорения процесса наблюдений, особенно в светлое время суток, когда Полярная невооруженным глазом не видна, следует пользоваться таблицами высот и азимутов Полярной, помещенной в Астрономическом Ежегоднике. По аргументам местное звездное время и широта пункта наблюдения из указанной таблицы простым интерполированием выбирают азимуты Полярной и величину f. Учитывая знак табличного азимута, вычисляют азимут Полярной в принятой ранее системе его счета (от точки севера). Если местное звездное время S лежит в левой колонке таблицы, то азимут будет равен «360° — табличный азимут». Когда местное звездное время выбирают из правой колонки таблицы, азимут будет «360°+табличный азимут». Зенитное расстояние Полярной вычисляется по формуле $z = 90 - \varphi - f$. Величины a и z рекомендуется вычислять для всего интервала времени наблюдений. Зная место зенита с точностью 2—3′, устанавливают трубу инструмента на зенитное расстояние z Полярной для выбранного момента времени. Определив приближенно направление на север, например по компасу, на-

правляют трубу теодолита на север и медленно поворачивают алидаду по азимуту в одну и в другую сторону от точки севера, отыскивая Полярную в поле зрения трубы. Наводят вертикальную нить на Полярную и берут отсчет по горизонтальному кругу. В дальнейшем наведение трубы на Полярную легко осуществляется по заранее составленным эфемеридам.

Порядок наблюдений в приеме следующий.

1. При помощи микрометренного винта алидады наводят вертикальную нить на земной предмет. Берут отсчет по горизонтальному кругу.

2. Находят Полярную, устанавливают ее приблизительно в центре поля зрения трубы и берут отсчеты по концам пузырька накладного или алидадного уровней. Отсчеты выполняются стоя лицом к Полярной сначала по левому, а затем по правому концам пузырька. Перекладывают уровень на оси*. Микрометренным винтом алидады точно наводят вертикальную нить на Полярную, отмечая момент наведения по часам с точностью до 0,2—0,3^s. Отсчитывают горизонтальный круг.

3. В таком же порядке производят второе наблюдение Полярной.

4. Так же, как и в п. 1, выполняют второе наблюдение земного предмета.

5. Переводят трубу через зенит и незамедлительно повторяют все наблюдения, перечисленные в п. 1—4, при другом положении инструмента.

Непосредственно у инструмента производят контрольные подсчеты сходимости отсчетов на земной предмет при двух его наблюдениях при каждом круге. Расхождение должно быть не более 8″. Расхождение двойной коллимационной ошибки в приеме не должно превышать 10″. Абсолютное значение коллимационной ошибки не должно быть больше 20″.

По отсчетам уровня вычисляют нульпункт его по формуле:

$$x = \frac{1}{2}\left[(Л_1 + Л_2) + (П_1 + П_2)\right].$$

Колебание нульпункта x в приеме не должно превышать 5 единиц. Наклонность горизонтальной оси, выраженная в полуделениях уровня, вычисляется по формуле:

$$b = \frac{1}{2}\left[(Л + П)_0 - {}_0(Л + П)\right].$$

Индекс «0» указывает на положение нуля шкалы уровня соответственно справа или слева от наблюдателя, обращенного лицом к звезде. Для определения азимута с точностью ±5—7″ достаточно выполнить 4 приема с перестановкой горизонтального круга между приемами на угол 45°. В прил. 16.1 приводится образец журнала наблюдений.

Контрольные вычисления в журнале:

— замыкание: +3″; +2″;

— двойная коллимация: +6″; +5″;

— нульпункт уровня: 33,2; 33,2.

Приемы, не удовлетворяющие допускам по этим показателям, повторяются на тех же местах лимба. Количество повторных приемов не должно превышать двух. В противном случае вся программа переделывается заново.

В журнал наблюдений вписываются зенитное расстояние Полярной, непосредственно измеренное инструментом или выбранное из «АЕ» из таблицы высот и азимутов Полярной; величины $\operatorname{ctg} z$ и $\frac{\tau''}{2}\operatorname{ctg} z$, с помощью которых вычисляют поправки Δ в направление на Полярную за наклон горизонтальной оси $\Delta = b\frac{\tau''}{2}\operatorname{ctg} z$.

Вычисление азимута

Для вычисления азимута, кроме сведений, содержащихся в журнале наблюдений, необходимо знать астрономическую широту с точностью ±5″, ас-

* Для уровня при алидаде выводится общая наклонность для приема.

трономическую долготу с точностью $\pm 0{,}5''$ и поправку часов u относительно местного звездного времени, вычисленную по приему радиосигналов времени и приведенную ходом часов к среднему моменту наблюдений Полярной в приеме. Астрономические координаты получают по известным геодезическим координатам B и L и составляющим уклонения отвесной линии в меридиане ξ и в первом вертикале η по формулам:

$$\varphi = B + \xi; \quad \lambda = L + \eta \sec B.$$

Из Астрономического Ежегодника выбирают экваториальные координаты Полярной для даты наблюдений и момента наблюдений $T_{ср}$. Для выборки прямого восхождения α с точностью до $0{,}1 \div 0{,}2^s$ достаточно производить интерполирование, используя аргумент, выраженный во всемирном времени (дробная часть даты наблюдений). Для этого по московскому времени наблюдений Полярной вычисляют всемирное время и переводят его в доли суток. Момент наблюдений выражают датой плюс полученная дробная часть суток. Интерполяционный множитель вычисляют как разность момента наблюдений, выраженного во всемирном времени (с учетом даты), и ближайшей меньшей табличной датой. Например, Полярная наблюдалась в 20 ч по московскому времени 16 августа 1970 года. Всемирное время наблюдений будет $16 + \frac{20-3}{24} = 16{,}71$. В таблице «АЕ» координаты Полярной даны для 16,2 августа. Следовательно, интерполяционный множитель будет равен $16{,}71 - 16{,}2 = 0{,}51$, с которым и производится линейное интерполирование координат α и δ.

Вычисление азимута производится по следующим формулам:

$$\lg \operatorname{tg} A_N = \lg m + \lg \sin t + \lg \nu,$$

$$m = \operatorname{ctg} \delta \sec \varphi, \quad t = T_i - (\alpha - u_i),$$

$$n = \operatorname{ctg} \delta \operatorname{tg} \varphi \cos t, \quad \nu = \frac{1}{1-n},$$

$$M_L = (L) + A_{NL}; \quad M_R = (R) \pm 180^\circ + A_{NR},$$

$$M_N = M_{ср} - \delta A, \quad \delta A = 0{,}16'' \, p \cos \varphi,$$

$$C_{пол} = \frac{1}{p} (M_L - M_R), \quad C_{з.п} = \frac{1}{2} [L - (R + 180^\circ)],$$

$$p = 2 \operatorname{cosec} z,$$

$$N = \frac{1}{2} [L + (R \pm 180^\circ)], \quad a = N - M_N,$$

в которых A_N — азимут Полярной, отсчитываемый от точки севера к западу со знаком «плюс» и к востоку со знаком «минут»; (L), (R) — отсчеты по горизонтальному кругу при наблюдениях Полярной, исправленные поправкой за уровень; a — азимут земного предмета, отсчитываемый от точки севера к востоку от 0° до 360°; T_i — моменты наблюдений Полярной; u_i — поправка часов в момент T_i относительно местного звездного времени; $\lg \nu$ выбирается из табл. 49, помещенной в «Таблицах по геодезической астрономии» (Труды ЦНИИГАиК, вып. 163).

Азимут Полярной можно вычислять и по другим формулам, в частности со средним моментом наблюдений в приеме. В этом случае вычисления будут несколько короче, но из-за отсутствия контроля вычислитель должен быть достаточно опытным. Вычисления азимута со средним моментом наблюдений в приеме производится по формулам:

$$\operatorname{tg} A_N = \frac{m \sin t}{1 - n \cos t}, \quad m = \operatorname{ctg} \delta \sec \varphi, \quad n = \operatorname{ctg} \delta \operatorname{tg} \varphi,$$

$$\Delta A_N = - \operatorname{tg} A_N \frac{1}{4} \Sigma 2\rho'' \sin^2 \frac{\Delta T}{2}.$$

Величина $2\rho''\sin^2\frac{\Delta T}{2}$ выбирается из таблицы прил. 16.3 по аргументу $\Delta T = T_{ср} - T_i$. Место севера: $M_N = \frac{(L_1)+(L_2)+(R_1 \pm 180°)+(R_2 \pm 180°)}{4} + A_N + \Delta A_N$.

Азимут земного предмета вычисляется по формуле $a = N - M_N$. Примеры на вычисление астрономического азимута с отдельными моментами наблюдений и со средним моментом наблюдений в приеме даются в прил. 16.2 и 16.4 соответственно.

Переход от вычисленного астрономического азимута к геодезическому выполняют по формуле

$$A_г = a - \eta \operatorname{tg} \varphi.$$

Непосредственное определение геодезического азимута

Для астрономов, имеющих опыт астрономических определений с контактным микрометром, при наличии инструментов типа АУ2/10, ДКМ-3А, снабженных контактным микрометром, хронографа, хронометра и радиоприемника для приема незатухающих телеграфных сигналов, рекомендуется непосредственное определение геодезического азимута из прохождений звезд в меридиане. Методика наблюдений принимается такой, как она описана в «Инструкции о построении государственной геодезической сети СССР», со следующими изменениями:

1. Азимутальная лично-инструментальная разность не определяется.

2. Наблюдаются две южные и две северные звезды, с перестановкой круга между приемами на 45°. Порядок наблюдений звезд (СЮ или ЮС) безразличен.

3. Земной предмет наблюдается на «постоянной нити», т. е. подвижная нить микрометра устанавливается в нульпункте, а наведение на земной предмет этой нити осуществляется микрометренным винтом алидады. Каждый раз при наблюдении земного предмета выполняется только одно наведение. Вычисления в журнале (прил. 16.5) ведутся до 0,1″. Обработка результатов наблюдений производится с удержанием десятой доли секунды по формулам и схемам, приведенным в «Трудах ЦНИИГАиК», вып. 148, Геодезиздат, 1962.

Наблюдения точными теодолитами типа Theo-010, не имеющих контактного микрометра, производятся по способу «глаз — ухо». В этом случае перед началом полевого сезона астроном определяет азимутальную лично-инструментальную разность по методике, изложенной ниже.

Обычная сетка нитей теодолита должна быть заменена на астрономическую, имеющую по крайней мере три вертикальные нити в центре поля зрения и одну горизонтальную нить. Расстояние между смежными вертикальными нитями должно быть 5—6′. При непосредственном определении геодезического азимута из наблюдений прохождений звезд в меридиане допускается вместо морского хронометра применять двухстрелочный секундомер типа 51СД.

Прием секундных сигналов времени производится при помощи импульсной приставки или других аналогичных средств.

При наличии секундомера 51СД прием сигналов точного времени производится следующим образом. Принимая продолжительный сигнал в начале каждой минуты за нуль, наблюдатель считает радиоимпульсы и в момент сигнала с номером N останавливает нажатием кнопки вспомогательную секундную стрелку и по циферблату по неподвижной стрелке отсчитывает секунды и доли секунд.

При вторичном нажатии этой же кнопки вспомогательная секундная стрелка снова начинает синхронно двигаться с главной секундной стрелкой. Очередное нажатие кнопки в момент сигнала с номером M позволяет сделать следующий отсчет по циферблату секундомера.

Для определения поправки хронометра достаточно принять 5—6 сигналов.

Определение лично-инструментальной разности

В начале каждого полевого сезона производится определение лично-инструментальной разности на пункте с известной астрономической долготой (с ошибкой не более $\pm 0{,}03^s$) из наблюдений прохождений пар звезд в общем вертикале, близком к меридиану.

Каждая пара состоит из южной и северной звезд, причем северные звезды наблюдаются в нижней кульминации. Порядок наблюдений звезд пары всегда следующий:

1. КП (КЛ) — северная звезда.
2. КЛ (КП) — южная звезда.
3. КП (КЛ) — южная звезда.
4. КЛ (КП) — северная звезда.

Одни и те же северные (южные) звезды могут наблюдаться с несколькими южными (северными) при условии, что средний вертикал наблюдений пары звезд отстоит от меридиана не более чем на 4°.

Для полного определения лично-инструментальной разности необходимо отнаблюдать не менее 16 пар звезд, заключенных между приемами радиосигналов времени, нормальный интервал между которыми составляет 2 часа. Простое среднее значение ΔT из всех отнаблюденных на пункте пар является поправкой за лично-инструментальную разность.

При подборе северных и южных звезд для вычисления эфемерид учитывается, что разность между прямыми восхождениями пары звезд не должна превышать $12^h \pm 12^m$, а зенитные расстояния должны находиться в пределах 40—70°. Для подбора звезд используют Астрономический ежегодник СССР.

До начала определения лично-инструментальной разности составляют эфемериды. Из Астрономического Ежегодника (АЕ), пользуясь моментом начала наблюдений $S_н$ и широтой пункта φ_0, выбирают северные звезды с прямым восхождением $\alpha_N = S_н \pm 12^h$, кульминирующими в заданном интервале зенитных расстояний. В таблицу прил. 16.8 выписывают номер звезды, ее величину и экваториальные координаты α и δ. Под строкой, в которую выписывают эти данные северной звезды, оставляют 5—6 свободных строк, в которые заносят те же данные для южных звезд, удовлетворяющих условиям:

$$\alpha_s = \alpha_N \pm 12^h \pm 12^m,$$
$$z = 40° \div 70°,$$

по формулам

$$z_s = \varphi_0 - \delta_s,$$
$$z_N = 180° - (\varphi_0 + \delta_N)$$

вычисляют зенитные расстояния звезд. По таблице прил. 16.9, используя вычисленные зенитные расстояния звезд, выбирают скорости движения их по азимуту $v_{s,N}$. Находим разности

$$\Delta\alpha = \alpha_s - \alpha_N \pm 12^h, \qquad \Delta v = v_s - v_N.$$

Применяя логарифмическую линейку, вычисляют величины

$$\Delta S = \Delta\alpha \frac{v_s}{\Delta v}, \qquad \Delta a = \Delta S v_N.$$

Определяют средний момент наблюдений пары звезд $S_i = \alpha_N \pm 12^h + \Delta S$. Для контроля правильности вычислений применяют формулу $\Delta a = (S - \alpha_s)\ v_s$. По формуле $A = 180° + \Delta a$ находят азимут A северной части среднего вертикала наблюдений звезд пары. По таблице прил. 16.10, по скоростям движения по азимуту северной и южной звезд выбирают угол упреждения ΔA. В таблицу прил. 16.11 выписывают в порядке возрастания средних моментов наблюдений S_i пар следующие данные: номера звезд, их величины m, средний Z момент наблюдений звезд пары S_i, зенитные расстояния звезд z, установочные азимуты A_N и A_s, вычисленные по формулам:

$$A_N = A - \Delta A, \qquad A_s = A \pm 180° + \Delta A.$$

Азимуты A_N и A_s, полученные по этим формулам, считаются от точки юга.

Перед наблюдениями инструмент Theo-010 ориентируют в меридиане с точностью 1—2′. Сетку нитей поворачивают так, чтобы одиночная нить располагалась горизонтально. Контроль горизонтальности этой нити проверяют по удаленному предмету, вращая винтом инструмент по азимуту, добиваются, чтобы предмет не сходил с горизонтальной нити при перемещении его из одного крайнего положения в поле зрения трубы в другое. Инструмент тщательно нивелируют. Нивелирование между наблюдениями пары звезд нежелательно из-за влияния упругих деформаций на стабильность инструмента.

Перед началом наблюдений звезд производят путем секундных сигналов времени при помощи импульсной приставки или других аналогичных средств.

За 5—6 мин до среднего момента наблюдений пары трубы инструмента устанавливают на зенитное расстояние северной звезды пары. Алидаду горизонтального круга закрепляют в вертикале, азимут которого равен A_N. При появлении звезды в поле зрения трубы отсчитывают по шкале накладного уровня. Отсчет производят сначала по левому концу пузырька, а затем по правому, стоя лицом к наблюдаемому светилу. Микрометренным винтом приводят изображение звезды на горизонтальную нить. При наблюдениях с морским хронометром прохождения звезды через три центральные вертикальные нити наблюдают по способу «глаз — ухо». При наблюдениях с секундомером типа 51СД наблюдения прохождений звезды через эти же нити выполняют в следующем порядке. В момент пересечения изображением звезды первой вертикальной нити наблюдатель нажатием кнопки останавливает вспомогательную секундную стрелку и берет отсчет секунд и их долей по неподвижной стрелке. Вторичным нажатием этой же кнопки вспомогательная стрелка снова начинает синхронно двигаться с главной секундной стрелкой. Очередное нажатие кнопки производится в момент пересечения изображения звезды со следующей вертикальной нитью, и опять производится отсчет по циферблату секундомера, по неподвижной вспомогательной стрелке. После регистрации прохождений вторично отсчитывают по шкале накладного уровня. Не сдвигая инструмент по азимуту, осторожно переводят трубу через зенит и закрепляют на зенитном расстоянии южной звезды пары. Наблюдения южной звезды выполняют в том же порядке. Затем переводят трубу через зенит и вновь закрепляют на зенитном расстоянии этой же звезды. Инструмент устанавливают в азимуте A_s. Вторично наблюдают южную звезду на тех же нитях сетки. Не сдвигая инструмента по азимуту, осторожно переводят трубу через зенит и, закрепив ее на зенитном расстоянии северной звезды пары, наблюдают ее в таком же порядке, как и в первый раз. Результаты наблюдений звезд каждой пары записывают в журнал (прил. 16.13).

Обработку результатов определения лично-инструментальной разности выполняют в следующем порядке:

а) вычисляют величины

$$b_i = {}_0[(Л + П_{ср})] - [(Л + П_{ср})]_0;$$

$$P_i = \frac{\tau^s}{4} b_i \cos z_i;$$

б) выводят средние моменты наблюдений звезд пары

$$T_i = \frac{1}{2}(T_л + T_п);$$

в) на основании приема радиосигналов времени двух радиостанций определяют поправку хронометра $u_{ср}$, часовой ход ω^h, средний момент приема радиосигналов времени $x_{ср}$ (прил. 16.12)

$$u_i = s_0 + T_0 + T_0 \mu + \lambda_0 - x,$$

$$u_{ср} = \frac{1}{2}(u_1 + u_2),$$

$$x_{ср} = \frac{1}{2}(x_1 + x_2),$$

$$\omega^h = \frac{u_2 - u_1}{(x_2 - x_1)^h};$$

г) вычисляют поправку за ход хронометра $\Delta u = (T_i - x_{ср})\,{}^h\omega^h$. Величину T_i принимают одинаковой для обеих пары звезд;

д) из «АЕ» выбирают на дату наблюдений видимые координаты отнаблюденных звезд и значение $\sec\delta_i$;

е) вычисляют поправку за наклон горизонтальной оси $\beta = P_i \sec\delta_i$;

ж) в вычислительную ведомость (прил. 16.14) выписывают величины T, $u_{ср}$, Δu, β;

з) находят местное звездное время наблюдений звезд

$$S_i = T_i + u_{ср} + \Delta u + \beta$$

и часовые углы $t_i = S_i - \alpha_i$;

и) на арифмометре, пользуясь шестизначными таблицами тригонометрических функций И. Петерса и С. Ангелова, по формуле

$$\operatorname{ctg} A_i^* = (\sin\varphi_i \cos t_i - \cos\varphi_0 \operatorname{tg}\delta_i)\operatorname{cosec} t_i.$$

вычисляют азимуты $A_{N,S}$ звезд пары. Из таблицы прил. 16.9 по φ_0 и зенитным расстояниям звезд выбирают скорости движения и по азимуту — v_s и v_N. Азимутальную лично-инструментальную разность вычисляют по формуле

$$\Delta T_i = \frac{A_N^* - A_s^*}{v_s - v_N}.$$

Находят среднее из всех значений ΔT (прил. 16.15);

ж) найденное среднее значение $\Delta T'$ исправляют поправкой за «Эталонное время» по формуле $\Delta T = \Delta T' -$«св»;

л) по уклонениям отдельных значений ΔT_i от среднего находят среднюю квадратическую ошибку окончательного значения поправки по формуле

$$M_{\Delta T} = \pm\sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}}.$$

Величина $M_{\Delta T}$ не должна превышать $0{,}10^s$.

Наблюдения на полевом пункте

Перед наблюдениями на каждом полевом пункте составляют рабочие эфемериды. Вычисляют звездное время прохождения звезды через меридиан S_i и ее зенитное расстояние в этот момент Z_i.

$$S_s = \alpha_s \quad \text{для южных звезд,}$$

$$Z_s = \varphi_0 - \delta_s$$

$$S_N = \alpha_N \pm 12^h \quad \text{для северных звезд в нижней кульминации.}$$

$$Z_h = 180° - (\varphi_0 + \delta_N)$$

Звезды выбираются из «АЕ» под условием, что зенитные расстояния Z_i должны заключаться в пределах 50—80°. В каждом приеме наблюдают по одной звезде. Всего на пункте наблюдают три южные и три северные звезды с перестановкой лимба между приемами на 30°. Программу составляют таким образом, чтобы разность средних зенитных расстояний южных и северных звезд была не более 10°.

Пользуясь таблицами высот и азимутов, из «АЕ» выбирают с точностью 1—2′ зенитное расстояние и азимут Полярной. Отыскав на небе Полярную, ориентируют инструмент в меридиане с указанной точностью. Опре-

деляют приближенное значение азимута на ОРП, измерив направление на ОРП при ориентированном инструменте. Для удобства дальнейших наблюдений вычисляют таблицу перестановок лимба по формулам:

$$M = A_0 + (m - 1) \cdot 30°,$$

где M — отсчет по лимбу при наведении трубы на ОРП, m — номер приема, A_0 — приближенное значение азимута на ОРП.

В этой же таблице помещают отсчеты $N_{N,S}$, соответствующие установке трубы для наблюдений прохождений звезд. Для южных звезд: $N_s = M - A_0 \pm 180° \pm \Delta a_s = N'_s \pm \Delta a_s$. Для северных звезд: $N_N = M - A_0 \pm \Delta a_N = N'_N \pm \Delta a_N$. Упреждение по азимуту для северных звезд Δa_N принимают равным 20—30′, а для южных звезд Δa_s—40—50′. Для каждой звезды выбранная величина Δa остается постоянной при наблюдениях при двух положениях инструмента.

Порядок определения азимута на ОРП следующий:

1. Первый прием радиосигналов времени.
2. Наблюдение прохождений звезд (прил. 16.16).
3. Второй прием радиосигналов времени.

За 5—6 мин до прохождения звезды через меридиан наводят среднюю нить трубы на ОРП и берут отсчет по горизонтальному кругу (кр. П). Если угол наклона визирного луча к горизонту превышает 3°, то отсчитывают накладной уровень.

Пользуясь рабочими эфемеридами и данными таблицы перестановок лимба, устанавливают трубу на зенитное расстояние звезды Z_i и закрепляют верхнюю часть инструмента на отсчете по лимбу $N'_i - \Delta a_0$. При появлении звезды в поле зрения трубы отсчитывают накладной уровень и перекладывают его на оси. Отсчет по уровню берут всегда стоя лицом к наблюдаемому светилу сначала по левому, а затем по правому концам пузырька. Для исключения остаточного влияния наклона вертикальных нитей звезду пропускают вблизи горизонтальной нити, причем если при первом положении инструмента звезда наблюдалась несколько выше горизонтальной нити, то при втором положении инструмента ее необходимо пропускать на столько же ниже горизонтальной нити.

Наблюдают прохождения звезды через три центральные вертикальные нити таким же образом, как и при определении лично-инструментальной разности. Отсчитывают горизонтальный круг.

Вторично отсчитывают накладной уровень.

Переводят трубу через зенит, устанавливают ее на зенитное расстояние той же звезды, а алидаду горизонтального круга ставят на отсчет $N'_i + \Delta a_i$. Наблюдают прохождения звезды с отсчетами уровня круга, как при первом положении инструмента.

Наблюдают ОРП при втором положении инструмента кр. П (кр. Л).

Обработка результатов наблюдений

На основании приема радиосигналов времени вычисляют поправку хронометра по формуле

$$u = S_0 + T_0 + T_0\mu + «св» - x - L$$

где S_0 — истинное звездное время в 0^h всемирного времени для даты наблюдений по Гринвичу; T_0 — программный момент передачи радиосигналов по гринвичскому времени; $\mu = 0{,}002738$; L — геодезическая долгота пункта наблюдений (точка стояния инструмента); «св» — поправка к программному моменту передачи радиосигналов времени, выбираемая из бюллетеня «Эталонное время»; x — показание хронометра в средний момент передачи радиосигналов.

Имея поправки хронометра u_1 и u_2 для первого и второго приемов радиосигналов, вычисляют часовой ход хронометра по формуле

$$\omega = \frac{u_2 - u_1}{x_2 - x_1} \text{ с/ч}$$

и среднее значение поправки хронометра $u_{ср} = \frac{u_1 + u_2}{2}$ для момента времени $x_{ср} = \frac{x_1 + x_2}{2}$, вычисляют поправку хронометра для среднего момента наблюдения звезды в приеме $u_i = u_{ср} + \omega(T_i - x_{ср})$.

В журнале наблюдений выполняются следующие вычисления.

Выписывают значение $\operatorname{ctg} z_i$ для зенитного расстояния наблюдаемой звезды и вычисляют вспомогательную величину $\frac{\tau''}{2} \operatorname{ctg} z_i$.

Образуют среднее $T_{л,п}$ из трех моментов наблюдений звезды при каждом положении инструмента и среднее $T_{ср} = \frac{1}{2}(T_л + T_п)$.

Вычисляют наклонность горизонтальной оси для каждого полуприема по формуле $b_i = \frac{1}{2}[(Л+П)_0 - {}_0(Л+П)]$ и значение нульпункта уровня $x = \frac{1}{2}[(Л+П)_0 + {}_0(Л+П)]$. Индекс «0» указывает на положение нуля соответственно слева или справа от наблюдателя.

Колебание нульпункта уровня x в течение вечера (между исправлениями нульпункта) не должно превышать 3 полуделений.

Вычисляют поправки в отсчет по горизонтальному кругу за наклонность горизонтальной оси для каждого полуприема по формуле

$$\Delta_i = b_i \frac{\tau''}{2} \operatorname{ctg} z .$$

Вычисляют направления на ОРП и звезду, исправленные поправками за наклонность горизонтальной оси.

Вычисляют значение двойной коллимационной ошибки ($2c$) по направлениям на ОРП. Абсолютное значение $2c$ не должно быть больше 20″, а колебание между приемами — не более 15″.

Вычисляют значение горизонтального угла Q между направлениями на ОРП и звезду

$$Q = \frac{1}{2}(Л + П)_{орп} - \frac{1}{2}(Л + П)_{зв}.$$

Дальнейшая обработка результатов наблюдений заключается в вычислении свободных членов уравнений поправок, в уравнивании и оценке точности азимута.

Вычисление свободных членов уравнений поправок производится по следующим формулам: $l_i = A_0 - A_{г_i}$, где l_i — свободный член, A_0 — приближенное значение геодезического азимута на ОРП, $A_г$ — азимут направления на ОРП по наблюдениям звезды:

$$A_{г_i} = a_{г_i} + Q_i .$$

Для южных звезд $a_{г_i} = 180° + \frac{15\, t_s}{\sin z_s \sec \delta_s}$.

Для северных звезд в нижней кульминации

$$a_{г_i} = 360° + \frac{15\, t_N}{\sin z_N \sec \delta_N} .$$

Часовой угол звезды вычисляют по формуле:

$$t_i = T_{ср_i} + \Delta T + u_{ср} + \omega\,(T_{ср_i} - x_{ср}) - d_i ,$$

где ΔT — поправка за лично-инструментальную разность. Если ΔT меньше или равна $0{,}15^s$, то поправка за лично-инструментальную разность не вводится. При вычислении часового угла для северных звезд в нижней кульминации к прямому восхождению α_N прибавляют или вычитают 12 часов.

Пример вычисления свободных членов уравнений поправок и уравнивания результатов приведен в прил. 16.17.

ПРИЛОЖЕНИЕ 16.1

Дата 20 мая 1968 г.
Азимут с пункта Раменки на ОРП № 1
Инструмент Theo-010, наручные часы «Восток»

Прием радиосигналов времени

$T_{ом}$ $T_{ом} - 3^h$	$22^h00^m00^s$ 19 00 00	$23^h00^m00^s$ 20 00 00
$(T_{ом} - 3^h)(1 + \mu)$ S_0 λ	19 03 07 15 48 57 2 08 13	20 08 17 15 48 57 2 08 13
S $T_м$	13 00 17 13 00 40	14 00 27 14 00 40
u ω	-23^s $+10^s$	-13^s

Журнал определения азимута

Прием № 1

$z = 35{,}1°$ $\quad \operatorname{ctg} z = 1{,}42$

$\frac{\tau''}{2} = 2{,}05''$ $\quad \frac{\tau}{2} \operatorname{ctg} z = 2{,}91''$

Круг лево

Объект	Время T	Уровень Л П	Горизонтальный круг	Поправка за уровень	Направление
ОРП № 1	—	—	0°00′12″13,0″ 14	—	0°00′13,0″
Полярная	$13^h11^m12{,}0^s$	9,8—24,7 34,5 $b = -1{,}3$	192 40 45 44 0 43	—3,8″	192 40 40,2
Полярная	13 16 14,0	23,4—8,5 31,9	192 42 47 46,5 46	—3,8″	192 42 42,7
ОРП № 1	—	$x = 33{,}2$	0 00 10 10 0 10	—	0 00 10,0

Круг право

ОРП № 1	—	—	180°00′07″07″0 07	—	180°00′07,0″
Полярная	$13^h25^m42{,}0^s$	23,3—8,4 31,7 $b = -1{,}5$	12 46 37 36 0 35	—4,4″	12 46 31,6
Полярная	13 28 55,0	9,9—24,8 34,7	12 48 05 05 0 05	—4,4″	12 48 00,6
ОРП № 1	—	x=33,2	180 00 05 05 0 05	—	180 00 05,0

Вычисление азимута с отдельными моментами наблюдения Полярной в полуприемах

Порядок действий	Обозначения	L_1	L_2	R_1	R_2
4	T_l	$13^h11^m12,0^s$	$13^h16^h14,0^s$	$13^h25^m42,0^s$	$13^h28^m55,0^s$
5	$\alpha - u_l$	1 57 19,0	1 57 18,0	1 57 17,0	1 57 16,0
12	t_l	11 13 58,0	11 18 56,0	11 28 25,0	11 31 39,0
13	$\lg \sin t_l$	9,30 074	9,25 098	9,13 790	9,09 126
14	$\lg \cos t_l$	9,99 115*n*	9,99 299*n*	9,99 586*n*	9,99 667*n*
15	$\lg n$	8,36 024*n*	8,36 208*n*	8,36 495*n*	8,36 576*n*
16	$\lg m + \lg \sin t_l$	7,75 228	7,70 252	7,58 944	7,54 280
17	$\lg \upsilon$	—984	—988	— 995	— 997
18	$\lg \operatorname{tg} A_N$	7,74 244	7,69 264	7,57 949	7,53 283
6	(L), $(R \pm 180°)$	192°40′40,2″	192°42′42,7″	192°46′31,6″	192°48′00,6″
19	A_N	+0 18 59,9	+0 16 56,5	+0 13 03,4	+0 11 44,0
20	M'_L, M'_R	192 59 40,1	192 59 39,2	192 59 35,0	192 59 44,6
21	$M_{ср}$	192°59′39,6″		192°59′39,8″	

Порядок действий	Обозначения	L_1	Примечания
	φ	55°48′00″	Рекомендуемые пособия для полевых вычислений:
	δ	89 05 21	
9	$\lg m$	8,45 154	1. Петерс М. Пятизначные таблицы логарифмов тригонометрических функций через одну секунду времени. М., Редбюро ГУГК, 1938 г.
2	$\lg \sec \varphi$	0,25 020	
3	$\lg \operatorname{ctg} \delta$	8,20 134	
1	$\lg \operatorname{tg} \varphi$	0,16 775	
10	$\lg \operatorname{ctg} \delta + \lg \operatorname{tg} \varphi$	8,36 909	
11	$0,16'' \cos \varphi$	0,1″	2. Пржевальский Е. Пятизначные таблицы логарифмов. М. ГУПИ, 1938 г.
23	P	3,65	
7	L	0°00′11,5″	
8	$R \pm 180°$	0 00 06,0	3. Астрономический ежегодник СССР.
28	$C_{з.п.}$	+5,5	
29	$C_{пол}$	—0,1	
22	$M_{ср}$	192 59 39,7	
24	δ_A	—0,8	
25	N	0 00 08,8	
26	M_N	192 59 39,4	
27		167°00′29,4″	

Величины $2\left(\sin^2 \frac{\Delta T}{2}\right)\rho''$ для вычисления азимута со средним моментом наблюдения в приеме

ΔT	0^s	10^s	20^s	30^s	40^s	50^s	60^s
0^m	0,0″	0,0″	0,2″	0,5″	0,9″	1,4″	2,0″
1	2,0	2,7	3,5	4,4	5,4	6,6	7,8
2	7,8	9,2	10,7	12,3	14,0	15,8	17,7
3	17,7	19,7	21,8	24,0	26,4	28,8	31,4
4	31,4	34,1	36,9	39,8	42,8	45,9	49,1
5	49,1	52,4	55,8	59,4	63,0	66,8	70,7
6	70,7	74,7	78,8	83,0	87,3	91,7	96,2
7	96,2	100,8	105,6	110,4	115,4	120,5	125,6
8	125,6	130,9	136,3	141,8	147,5	153,2	159,0
9	159,0	165,0	171,0	177,2	183,5	189,8	195,3
10	195,3	202,9	209,6	216,4	223,4	230,4	237,5
11	237,5	244,8	252,2	259,6	267,2	274,9	282,7
12	282,7	290,6	298,6	306,7	315,0	323,3	331,7
13	331,7	340,3	349,0	357,7	366,7	375,6	384,7
14	384,7	393,9	403,3	412,7	422,2	431,9	441,6

Вычисление азимута со средним моментом наблюдений в приеме

Порядок действий	Обозначения	Значения
5	T_1	$13^h11^m12^s$
6	T_2	16 14
7	T_3	25 42
8	T_4	28 55
12	ΔT_1	+9 19
13	ΔT_2	+4 17
14	ΔT_3	−5 11
15	ΔT_4	−8 24
16	$2\rho'' \sin^2 \frac{\Delta T}{2}$ (1)	170,4
17	» (2)	36,1
18	» (3)	52,7
19	» (4)	138,5
20	$\left(2\rho'' \sin^2 \frac{\Delta T}{2}\right)_{ср}$	99,4″
11	$T_{ср}$	$13^h20^m31^s$
21	$\alpha - u$	1 57 18
22	t^h	11 23 13
23	t°	170 48 15
30	$m \cdot \sin t$	0,001 520
29	$\sin t$	0,159 809
28	m	0,028 284

Порядок действий	Обозначения	Значения
24	$\sec \varphi$	1,779 095
26	$\operatorname{ctg} \delta$	0,015 898
25	$\operatorname{tg} \varphi$	1,471 455
27	n	0,023 393
31	$\cos t$	−0,987 148
32	$n \cos t$	−0,023 092
33	$1 - n \cos t$	1,023 092
34	$\operatorname{tg} A_N$	+0,004 418
35	A_N'	+0°15′11,2″
36	$\operatorname{tg} A_N$	+0,004
37	ΔA_N	−0,4″
1	φ	55°48′00″
2	α	$1^h56^m58^s$
4	u	-20^s
3	δ	89°05′21″
38	$A_N + \Delta A_N$	+0 15 11
9	$M_{ср}$	192 44 29
10	N	0 00 09
39	M_N	192 59 40
40	a	167°00′29″

Рекомендуемые пособия для полевых вычислений:

1. Петерс И. Шестизначные таблицы тригонометрических функций. М., «Недра», 1966 г.
2. Астрономический ежегодник.

Журнал определения геодезического азимута из наблюдений прохождений звезд в меридиане

17/18 августа 1960 г.

АУ2/10 с контактным микрометром
Хронометр Nardin № 3549
Маркопечатающий хронограф ХПМ—3
Радиоприемник Р-311, № 00385

$1/2\ (M_x + Ш_к) = 0{,}073^s$ $\tau/2 = 2{,}11''$

Объект наблюдений	Положение инструмента	Уровень	Горизонтальный круг
Земной предм.	КЛ —	—	0°00′16,2″ 31,8″ 47,5″ 2C=—5,4″
Земной предм.	КП —	—	180°00′43,0″ 37,2″ 31,5
Звезда 277С	КП Хронограмма	6,1—22,5 26,4—10,2 32,5—32,7 b_1 = —8,0	110°55′42,3″ 55,5″ 68,8
	КЛ Хронограмма	5,0—21,2 27,9—11,7 32,9—32,9 b_2 = —13,4 $b_{ср}$ = —10,7	291°03′07,2″ 05,2″ 03,3″
Земной предм.	КЛ —	—	0°00′13,6″ 31,2″ 48,9 2C = —4,6″
Земной предм	КП	—	180 00 45,1 35,8″ 26,6

$1/2\ (Л + П)_{з.\ п.} = 0°00'34{,}4''$ $1/2\ (Л + П)_{зв} = 290°59'30{,}4''$ $Q = 69°01'03{,}6''$

12 августа 1966 г. Радиостанция РАТ
Радиоприемник Р-311 Хронометр зв. № 384 Хронограф ХПМ-3

Всемирное программное время передачи сигнала, T_0	Показания хронометра, X	Вычисление поправки хронометра	
$10^h30^m50^s$	$10^h23^m01,12^s$	S_0	$21^h19^m58,774^s$
31 00	11,15	$T_{0\,ср} + H$	10 31 35,000
10	21,18	$(T_{0\,ср} + H)\,\mu$	1 43,753
20	31,20	λ	2 30 34,160
30	41,24		
40	51,26		
50	24 01,29	S	10 23 51,687
32 00	11,31	$X_{ср}$	10 23 46,244
10	21,33	v	0,002
20	31,36	u	+05,455
$T_{0\,ср} = 10\ 31\ 35,000$	$X_{ср}$ 10 23 46,244		

S_0 — истинное звездное время в 0^h всемирного времени;
μ — коэффициент для перевода интервала, выраженного в единицах среднего времени, в единицы звездного времени;
v — поправка за скорость распространения радиоволн;
H — поправка за «эталонное время».

ПРИЛОЖЕНИЕ 16.7

Вычисление поправки хронометра по радиосигналам времени и часового хода

Радиостанция	РАТ-18	РАТ-20
S_0	$16^h44^m08,38^s$	$16^h44^m08,38^s$
$T_0 + T_0\mu$	18 06 27,99	20 06 47,70
h + «св»	2 30 39,44	2 30 39,44
s_l	13 21 15,81	15 21 35,52
x_l	13 21 14,34	15 21 33,75
u_l	$+1,47^s$	$+1,77^s$

$u = +1,62^s$ $x_{ср} = 14^h21^m$ $\omega = +0,15^s$

Вычисление эфемерид

п. Москва. $\varphi = 55°46'$

№ звезд	m	δ	α	$\Delta\alpha = \Delta\alpha_s - \alpha_N \pm 12^h$	v'	$\Delta v = v_s - v_N$	$\Delta S = \frac{v_s}{\Delta\alpha} = \frac{v_s}{\Delta v}$	$S = \alpha_N + \Delta S \pm 12^h$	$a = \Delta S \cdot v_N$	A_s	ΔA	z
420_c	4,6	73°18′	$19^h16,1^m$	—	5,6″							46°55′
$202_ю$	4,1	−0 27	7 10,4	−5,7	17,2	11,6″	$-8,5^m$	$7^h07,6^m$	−0°48′	179°12′	19′	60 24
$208_ю$	3,1	+8 21	25,6	+9,5	18,8	13,2	+13,6	29,7	+1 16	181 16	20	51 36
469_c	4,0	53 19	18 16,4		9,5							66 44
$204_ю$	3,6	+16 35	7 16,4	0,0	20,8	11,3	0,0	7 16,4	0 00	180 00	29	43 22
$208_ю$	3,1	+ 8 21	25,6	+9,2	18,8	9,3	18,6	35,0	+2 57	182 57	36	51 36

Скорости движения звезд по азимуту
(в минутах дуги за минуту времени)

z \ φ	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°
40°	23,2′ / 0,3	23,0′ / 1,0	22,5′ / 2,0	21,9′ / 4,1	21,1′ / 6,0	20,2′ / 8,0	19,1′ / 10,1
50°	19,5 / 1,7	19,6 / 3,4	19,5 / 5,1	19,1 / 6,5	18,9 / 8,2	18,4 / 9,8	17,7 / 11,2
60°	15,7 / 4,5	17,1 / 5,9	17,2 / 7,2	17,2 / 8,5	17,1 / 9,9	17,0 / 11,1	16,7 / 12,2
70°	14,5 / 6,8	15,0 / 8,0	15,4 / 9,2	15,6 / 10,1	15,9 / 11,2	15,8 / 12,2	15,8 / 13,1

Угол упреждения «ΔA»

v_s' \ v_N'	2′	3′	4′	5′	6′	7′	8′	9′	10′	11′
13′	12′	12′	14′	15′	15′	18′	25′			
14			14	15	18	24	28			
15			15	15	18	23	28	35′		
16			16	16	18	23	27	35		
17				17	18	21	26	34	40′	
18				18	18	21	26	33	39	40′
19				19	19	21	25	30	38	40
20				20	20	21	25	29	36	40
21					21	21	24	28	34	40
22					22	22	24	27	32	39
23					23	23	24	26	30	37
24					24	24	24	25	28	35
25					25	25	25	25	28	33

ПРИЛОЖЕНИЕ 16.11

Эфемериды для определения лично-инструментальной разности

№ звезд	m	s	z	A_N, s
$470_{ю}$	4,6	$7^h07^m,6$	46°45′	178°53′
$202_{ю}$	4,1		60 24	359 31′
$467_{с}$	3,2	7 08,9	52 26	179 15
$202_{ю}$	4,1		60 24	359 55
$469_{с}$	4,0	7 16,4	66 44	179 31
$204_{ю}$	3,6		43 22	0 29
$467_{с}$	3,2	7 18,3	52 26	180 19
$207_{ю}$	3,6		43 22	1 00

ПРИЛОЖЕНИЕ 16.12

Вычисление поправки хронометра $u_{ср}$, часового хода ω^h и среднего момента приема радиосигналов $x_{ср}$

Радиостанция	РАТ-18	РАТ-20
S_o	$16^h44^m08,38^s$	$16^h44^m08,38^s$
$T_o + T_o\mu$	18 06 27,99	20 06 47,70
λ_o	2 30 39,44	2 30 39,44
S_N	13 21 15,81	15 21 35,52
x_l	13 21 14,34	15 21 33,75
u_i	+1,47	+1,77
$u_{ср}$	$+1,62^s$	
$x_{ср}$	14^h21^m	
ω^h	$+0,15^s$	

Журнал
наблюдений при определении лично-инструментальной разности

3/4 июня 1970 г.

$\frac{\tau^s}{4} = 0{,}181^s$

Инструмент. Теодолит Theo - 010 № 304205
Хронометр. Морской, звездный з-да им. Кирова, № 351

Пара № 6

№ звезд	T	Уровень	T	Уровень	$T_{ср}$
70_c	Кр. Л $14^h26^m02{,}6^s$ 35,0 27 07,3 14 26 34,77	41,0—4,9 41,0—4,9 41,00—4,90 45,90	$14^h32^m20{,}4^s$ 52,9 33 25,7 14 32 53,00	КР П 5,5—41,5 5,5—41,5 5,50—41,50 47,00	$14^h25^m43{,}88^s$
	$x = 46{,}45$ $b = +1{,}10$		$\cos z = 0{,}341$ $\sec\delta = 1{,}652$	$\beta = +0{,}11''$	
$352_ю$	Кр. П $14^h28^m23{,}7^s$ 35,9 48,0 14 28 35,87	4,7—40,8 4,7—40,8 4,7—40,80 45,50	$14^h31^m00{,}9^s$ 12,1 26,1 14 31 13,03	Кр. Л 41,6—5,6 41,6—5,6 41,60 5,60 47,20	$14^h29^m54{,}45^s$
	$x = 46{,}35$ $\cos z = 0{,}742$ $b = -1{,}70$ $\sec\delta = 1{,}043$			$\beta = -0{,}24$	

Вычисление азимутальной лично-инструментальной разности

Дата № пар	3/4 июня 1970 г.	
№ звезд T $u_{ср}$ Δu β	70_c $14^h29^m43,88^s$ +1,62 +0,02 +0,11	$352_ю$ $14^h29^m54,45^s$ +1,62 +0,02 —0,24
s α	14 29 45,63 2 52 06,98	14 29 55,85 14 39 21,70
t δ $\sin\varphi_0$ $\cos t$	12 37 38,65 52 38 31,3 0 826 696 —0 995 247	23 50 34,15 16 32 33,5 0 826 696 0 999 153
$\mathrm{I} = \sin\varphi_0 \cos t$ $-\cos\varphi_0$ $\operatorname{tg}\delta$	—0 822 767 —0 562 649 1 309 936	0 825 996 —0 562 649 0 297 023
$\mathrm{II} = -\cos\varphi_0 \operatorname{tg}\delta$ I+II	—0 737 034 —1 559 801	—0 167 120 —0 658 876
$\sin t$ $\operatorname{tg} A^*$ A^*	—0 097 390 —0 062 438 176°25′38,0″	—0 041 138 —0 062 437 356°25′38,2″
$A_N^* - A_s^*$ $v_s - v_N$ $\Delta T_i'$	—0,2″ 15,5″ —0,01^s	

Сводка результатов определения лично-инструментальной разности

Дата	Программа	ΔT_i
3/4 июня 1970 г.	РАТ-18 — 10 РАТ-20	—0,03^s —0,16 —0,23 —0,07 +0,12 —0,01 +0,14 +0,18 +0,05 —0,21
3/4 июня	РАТ-20 — 8 РАТ-22	+0,03 +0,11 +0,09 —0,18 —0,04 —0,07 +0,13 —0,06

$\Delta T_{ср}$ —0,02^s ± 0,30^s

—„св" +0,06

ΔT = +0,04^s

Журнал определения геодезического азимута из наблюдений прохождений звезд в меридиане

10/11 авг. 1966 г. Зв. № $464_{ю}$. Теодолит Theo - 010 № 304 205
Хронометр з-да им. Кирова № 387, звезд.

$S = 19^h04^m$ $\frac{\tau''}{2} = 5{,}45''$ $\operatorname{ctg} z = 0{,}561$ $\frac{\tau}{2} \operatorname{ctg} z = 3{,}058$ $z = 60°42$.

Объект наблюд.	T	Уровень	Отсчет по лимбу	Поправ. уров.	Направления
ОРП № 1	—	кр. Л —	82°30′53″ 54 53,5″	—	82°30′53,5″
Зв. № $464_{ю}$	$19^h03^m15{,}5^s$ 51,1 $04^m18{,}4^s$ 19 03 48,33	43,5—7,4 8,0—44,0 50,9 52,0 $b = -0{,}55$ $x = 51{,}45$	135°57′19″ 19 19,0″	—1,7″	135°57′17,3″
Зв. № $464_{ю}$	$19^h06^m21{,}0^s$ 58,8 07 33,6 19 06 57,80	кр. П 45,4—9,3 6,0—42,0 54,7—48,0 $b = +3{,}35$ $x = 51{,}35$	317°17′23″ 24 23,5″	+10,2″	327°17′33,7″
ОРП № 1	—	—	262°30′42″ 41″ 41,5″	—	262°30′41,5″

$T_{ср}$ $19^h05^m23{,}06^s$ $2c = +12{,}0''$

$1/2\,(\text{кр. Л} + \text{кр. П})_{орп} = 82°30'47{,}5''$
$1/2\,(\text{кр. Л} + \text{кр. П})_{*} = 136°37'25{,}5''$

$Q = 305°53'22{,}0''$

Вычисление свободных членов уравнений поправок и уравнивание

$B = 44°58,5'$
$L = 2^h17^m$

№ звезд	$464_ю$	$214_с$
$T_{ср}$	$19^h05^m23,06^s$	$19^h38^m27,99^s$
$u_{ср}$	—34,02	—34,02
$\omega(T_{ср} - X_{ср})$	—0,60	—0,09
S	19 04 48,44	19 37 53,88
α	19 04 28,93	19 40 08,16
t	$+19,51^s$	$-2^m14,28^s$
$15'' t$	+292,65″	—2014,20″
z	60°42′	65°27′
$\sin z$	0,8721	0,9096
$\sec \delta$	1,0037	1,9299
$\sin z \cdot \sec \delta$	0,8753	1,7554
δ	—4°56,1′	58°47,5′
$a_{г_l}$	180°05′34,3″	359°40′52,5″
Q	305 53 22,0	126 18 00,9
$A_{г_l}$	125 58 56,3	125 58 53,4
A_o	125 39 00,0	125 59 00,0
l_l	+3,7″	+6,6″

Уравнивание геодезического азимута и оценка точности

№ звезд	$\operatorname{ctg} z_{ср}$	l	$\eta_o \operatorname{ctg} z_{ср}$	$l_{исп}$	v
$685_ю$	0,33	+3,5″	+1,8″	+5,3″	+0,1″
$681_ю$	0,49	+0,7	+2,7	+3,4	—1,8
$464_ю$	0,56	+3,7	+3,1	+6,8	+1,6
Среднее	0,46	+2,6			
$203_с$	0,47	+8,0	—2,6	+5,4	+0,2
$294_с$	0,46	+6,6	—2,5	+4,1	—1,1
$219_с$	0,45	+8,5	—2,5	+6,0	+0,8
Среднее	0,46	+7,7		+5,2	

$[vv] = 7,70$

Приближенное значение составляющей уклонения отвесной линии в первом вертикале η_0 вычисляют по формуле

$$\eta_0 = \frac{[l_N] - [l_s]}{\operatorname{ctg} z_{s_{ср}} + \operatorname{ctg} z_{N_{ср}}} = \frac{7{,}7'' - 2{,}6''}{0{,}46 + 0{,}46} = +5{,}5'';$$

$$A_г = A_0 - l_{ср.испр} = 125° 59' 00{,}0'' - 5{,}2'' = 125° 58' 54{,}8'';$$

$$M_{A_г} = \pm\sqrt{\frac{7{,}70}{30}} = \pm 0{,}5''.$$

Измерение угла между двумя ориентирными пунктами

Угол измеряется тем же инструментом, что и азимут-4 приемами с перестановкой лимба между приемами на 45°. Запись результатов измерений производится в том же журнале, что и измерение азимута. Расхождения двойной коллимационной ошибки (2С) в полуприеме не должно превышать 10″. Абсолютное значение 2С должно быть меньше 20″. Расхождения между значениями измеренного горизонтального угла в отдельных приемах не должно быть больше 15″. Образец записи в журнале наблюдений приведен в прил. № 16.18.

Примечание. Допускается измерение горизонтального угла между двумя ОРП производить одновременно при измерении азимута, т. е. наблюдать по схеме: ОРП № 1—ОРП № 2 — Полярная — ОРП № 2—ОРП № 1 в первом полуприеме и аналогично во втором полуприеме.

ПРИЛОЖЕНИЕ 16.18

Измерение горизонтального угла между двумя ОРП
Прием 1

Объект	Время	Уровень	Горизонтальный круг	Поправка за уров.	Направление	Угол
			Круг Л			
ОРП № 1	—	—	00°00′15″ 15,5″ 16	—	00°00′15,5″	64°05′02,5″
ОРП № 2	—	—	64°05′18″ 18,0 18	—	64°05′18,0″	
			Круг П			
ОРП № 1	—	—	180°00′24″ 24,5″ 25	—	180°00′24,5″	64°05′07,5″
ОРП № 2	—	—	244°05′31″ 32,0″ 33	—	244°05′32,0″	
				$2C_1 = -9{,}0''$ $2C_2 = -14{,}0''$		Ср. 64°05′05,0″

ТЕХНИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО БАРОМЕТРИЧЕСКОМУ НИВЕЛИРОВАНИЮ СПОСОБОМ НЕЗАВИСИМЫХ ТРЕУГОЛЬНИКОВ ПРИ РАЗВИТИИ СЕТИ ТРИЛАТЕРАЦИИ

Общие положения и методика наблюдений

1. Барометрическое нивелирование выполняется с целью получения высот пунктов, необходимых для редуцирования сторон сети трилатерации, и должно обеспечивать определение высот со средней квадратической ошибкой ±0,6—0,8 м.

2. Барометрическое нивелирование выполняется по способу независимых треугольников, при котором на трех или более пунктах сети ведутся синхронные наблюдения по микробарометрам. Давление на пунктах сети измеряют при помощи микробарометров МБНП, ОМБ, МБ-63-I, II или эквивалентных им по точности приборов; средние моменты наблюдений на разных пунктах не должны различаться более, чем на 2 минуты.

3. Синхронные наблюдения на пунктах можно выполнять в любое время суток, в определенные моменты, заранее устанавливаемые по согласованию между наблюдателями на трех и более смежных пунктах. Превышение по каждому направлению должно быть выведено не менее чем по двум сериям наблюдений, интервал между которыми составлял не менее 6 часов. В каждой серии наблюдения выполняют не менее чем в три срока с интервалом 30 минут. Наиболее целесообразно выполнять наблюдения одновременно с измерением сторон радиодальномером, включая в одну серию 5 сроков наблюдений с тем же интервалом.

4. Измерение давления на каждом пункте выполняют не менее чем 3 приборами*. Одновременно с измерением давления измеряют температуру воздуха. Температура воздуха измеряется также, как и при измерении расстояния радиодальномером. Если вычисленное по результатам наблюдений значение барометрической тенденции превышает 0,5 мб/ч, то выполняется еще одна серия наблюдений.

5. При измерении давления по каждому микробарометру выполняют 4 независимых отсчета с таким расчетом, чтобы средний момент наблюдений был одним и тем же для всех пунктов, между которыми определяются превышения. При работе с приборами с микроскопом-микрометрами отсчеты выполняют в следующем порядке:

а) за 2—3 мин до установленного срока наблюдений подводят подвижные биссекторы к тем штрихам шкал, которые будут отсчитывать, и записывают их номера;

б) в установленный момент, по возможности одновременно, точно наводят биссекторы на отсчитываемые штрихи, после чего считывают отсчеты по барабанам микроскоп-микрометров;

в) таким же образом второй раз отсчитывают показания приборов, изменив при этом последовательность точного наведения подвижных биссекторов, т. е. первым наводят тот биссектор, который в первой серии наводили последним;

г) повторяют наблюдения по пунктам б и в.

При наблюдениях по приборам со шкаловыми микроскопами выполняют 4 отсчета по каждому из приборов с таким расчетом, чтобы средние моменты наблюдений на каждом пункте и по различным приборам были одинаковы.

Результаты наблюдений фиксируют в журнале (прил. 17.1), там же фиксируют и все другие необходимые данные: температуру воздуха, превышение точки установки микробарометров над центром и т. д.

---

* При распределении приборов по группам необходимо стремиться к тому, чтобы средние для группы температурные коэффициенты были примерно одинаковыми.

6. Перед началом полевого сезона и после его окончания выполняют исследования всех микробарометров по следующей программе:

а) определяют цену деления на различных отсчетах,

б) определяют добавочные поправки,

в) определяют температурный коэффициент.

Цена деления прибора определяется при помощи водяного или ртутного манометра при температуре прибора 20°С±2°С для различных участков шкалы; разность давлений, соответствующая разности смежных отсчетов при определении цены деления не должна быть больше 15 мбар.

Добавочные поправки приборов определяют по результатам сравнения показаний их с контрольным ртутным барометром.

При определении температурного коэффициента определяют несколько его значений, соответствующих различным температурам; интервал между смежными значениями температур не должен превышать 10°С.

По результатам исследований составляют паспорт прибора (прил. 17.2) и распределяют приборы по группам.

7. Для контроля относительной стабильности и добавочных поправок микробарометров и приведения их к общему нулю по возможности чаще, но не реже, чем 1 раз в месяц, выполняют сравнение барометров, входящих в различные группы, т. е. приборов, при помощи которых измеряют давление на различных пунктах. Приборы при сравнении должны иметь примерно одинаковые температуры (показания датчиков температуры приборов не должны различаться более чем на 2°С). Отсчеты по микробарометрам при их сравнении выполняют независимо все наблюдатели в порядке, описанном в пункте 5, при этом одновременные наблюдения выполняют для всех сравниваемых приборов. Результаты наблюдений фиксируют во всех журналах сравнения приборов (прил. 17.3), за окончательный результат принимают среднее значение отсчета по всем наблюдениям.

8. Обработку показаний микробарометров, вычисление превышений и высот пунктов выполняют в 2 руки в соответствии с требованиями настоящих «Технических указаний».

9. По окончании работ по барометрическому нивелированию представляют следующие материалы:

а) результаты исследования микробарометров;

б) журналы наблюдений на пунктах;

в) журналы сравнения микробарометров;

г) ведомости обработки показаний приборов, вычисления превышений и высот пунктов;

д) схему сети в масштабе 1:300 000, на которой по каждому направлению подписываются неуравненные значения превышений в метрах, длины сторон в километрах и веса измеренных превышений.

Обработка показаний микробарометров, вычисление превышений и высот пунктов

1. Если при наблюдениях по микробарометрам, установленным соответственно в пунктах *А* и *Б*, выполнены одновременные отсчеты u_T^{I} и u_T^{II}, то разность давления $\Delta p_{AБ}$, соответствующая превышению между этими пунктами $h_{AБ}$, вычисляют по следующим формулам:

$$\Delta p_{AБ} = (\Delta p_T)^{\mathrm{II}}_{\mathrm{ср}} - (\Delta p_T)^{\mathrm{I}}_{\mathrm{ср}},$$

$$(\Delta p_T)^{\mathrm{I,II}}_{\mathrm{ср}} = \frac{\sum\limits_{i=1}^{n} \Delta p^{\mathrm{I,II}}_{T_i}}{n};$$

$$\Delta p^{\mathrm{I,II}}_{T_i} = C_i^{\mathrm{I,II}} \left(u^{\mathrm{I,II}}_{T_i} - u^{\mathrm{I,II}}_{o_i}\right),$$

где u_{Ti} и u_{oi} — отсчеты по «*i*»-ому микробарометру, соответственно в мо-

мент «T» при наблюдении на пункте и при сравнении приборов*, а C_i — цена деления «i»-ого микробарометра, соответствующая среднему отсчету $u_{ср} = \frac{u_{Ti} + u_{0i}}{2}$. Индексы I и II относятся к двум группам приборов, расположенным в момент наблюдений «T» на пунктах A и $Б$, n — число приборов в группе.

2. Величины Δp_{T_i}, а соответственно $(\Delta p_T)^{I,II}_{ср}$ вычисляют дважды при различных значениях u_0. Значения u_0 выбирают из журналов сравнения приборов по данным двух, по возможности более близких к моменту наблюдений сравнений, выполненных до и после измерения давления на пунктах. Однако наиболее важно выбрать также значения ближайшие не только по времени, но и по температуре и давлению. Иными словами, в любом случае надо стремиться из нескольких близких по времени сравнений выбрать данные того сравнения, при котором и температура прибора мало отличалась от их значений в момент наблюдений.

Если при наблюдениях температура на разных пунктах различалась более чем на 5°С, то значения u_0 следует выбирать по данным сравнений при различных температурах, причем температура прибора при одном сравнении должна быть близка к температуре приборов на одном пункте, а при втором — к температуре приборов на другом.

3. Постоянство величин Δp^{I}_{Ti} и Δp^{II}_{Ti}, вычисленных по различным приборам, характеризует стабильность нулей приборов (добавочных поправок) в каждой группе, поэтому они должны быть близки между собой, если температура приборов в момент наблюдений по ним незначительно (не более 2—3°С) отличается от температуры при сравнении. В тех случаях, когда значение Δp^{I}_{Ti} или Δp^{II}_{Ti} по какому-либо из приборов отличается от среднего по группе более чем на 0,25 мб, то его в дальнейшую обработку не принимают**.

4. За окончательное значение величин $\Delta p_{АБ}$ принимают среднее значение, выведенное по двум различным сравнениям, при этом следует учесть, что разность значения $\Delta p_{АБ}$ между двумя сравнениями не должна колебаться более чем на 0,15 мб. Если их колебания превышают эту величину, то необходимо выполнить вычисления еще и по третьему сравнению. Пример обработки показаний микробарометров приведен в прил. 17.4

5. Превышение между пунктами A и $Б$ ($h_{АБ}$), вычисляют по формуле:

$$h_{АБ} = -E\Delta P_{АБ} + (\delta h_A - \delta h_Б),$$

где E — значение барометрической ступени, выбираемое из таблиц по среднему абсолютному давлению $p_{ср} = \frac{p_A + p_Б}{2}$ и средней температуре воздуха $t_{ср} = \frac{t_A + t_Б}{2}$ в момент синхронных наблюдений на пунктах A и $Б$; δh_A и $\delta h_Б$ — превышения точек установки приборов над центрами в пунктах A и $Б$.

---

* Значения u_{Ti} по каждому прибору выводятся в журнале для среднего момента наблюдений в серии по трем срокам. Если в одной серии наблюдения выполнены в 5 сроков, то значения u_{Ti} выводятся для двух моментов, симметрично расположенных относительно среднего момента этой серии, причем наблюдения в средний для серии момент используются 2 раза. Пример обработки серии, в которой наблюдения выполнены в 5 сроков, показан в приложении.

** При вычислении величин Δp^{I} и Δp^{II} по данным сравнений, при котором температура приборов значительно отличалась от температуры в момент «T», допустимые колебания могут достигать 0,60 мб.

Пункт Озерецкое
Дата 3.03.71

Погода ясно, видимость 20 км
Превышение инструмента над центром $\Delta h = +0,75$ м

Время	17^h00^m		17^h30^m		18^h00^m		18^h30^m		19^h00^m		Среднее 17^h30^m	Среднее 18^h30^m
$T^o_{возд.}$	20,2°		20,4°		20,7°		20,5°		20,4°		20,4°	20,5°
№ прибора	$T^o_{пр}$	u	$T^o_{пр}$	u	$T^o_{пр}$	u	$T^o_{пр}$	u	$T^o_{пр}$	u		
165	21,2°	115,20	21,5°	115,20	21,0°	115,16	20,8°	115,10	20,8°	115,04		
		20		19		16		11		05		
		21		20		15		10		06		
		21		18		14		11		04		
		115,21		115,19		115,15		115,11		115,05	115,18	115,10
164	19,1	116,43	19,1	116,45	19,2	116,39	19,2	116,34	19,0	116,30		
		42		43		39		36		29		
		42		42		39		34		28		
		40		42		37		36		20		
		116,42		116,43		116,38		116,35		116,29	116,41	116,34
123	19,0	113,18	19,2	113,15	20,0	113,13	19,8	113,10	19,8	113,06		
		17		13		12		12		04		
		18		14		12		11		04		
		17		12		10		10		06		
		113,18		113,14		113,12		113,11		113,05	113,15	113,09

За окончательное значение превышения принимают среднее значение его, выведенное по всем определениям в различные моменты наблюдений. Пример вычисления превышений приведен в прил. 17.4

6. Вычисление высот пунктов выполняют при уравнении сети методом последовательных приближений аналогично тому, как это делают при обработке результатов тригонометрического нивелирования в триангуляции, с той лишь разницей, что веса измеренных превышений вычисляют по формуле:

$$P_h = \frac{kr}{s^2 + \frac{h^2}{100}},$$

где k — коэффициент (порядка 200), $r = \frac{N}{3}$, а N — число определений превышения, использованных при выводе его среднего значения, s — длина стороны $АБ$ в километрах, а h — превышение в метрах.

Пример уравнивания сети и вычисления высот пунктов приведен в прил. 17.5

ПРИЛОЖЕНИЕ 17.2

Паспорт микробарометра МБ-63-П № 58

(по результатам исследований 3.03—25.03.71)

Водяной монометр на полигоне ЦНИИГАиК, контрольный ртутный барометр № 988675

			И	Р	С
			125	1035,55	
			120	1021,26	2,858
			115	1006,92	2,872
			110	992,49	2,886
			105	977,99	2,900
			100	963,41	2,916
			95	948,77	2,930
			90	934,05	2,944
			85	919,25	2,960
			80	904,38	2,974
			75	889,44	2,988
			70	874,44	3,000
t_i	—21,5	—10,0	+0,5	+10,8	+19,5
t_j	—10,0	+0,5	+10,8	+19,5	+30,3
k_t	—0,015	—0,010	—0,006	—0,008	—0,012

Пункт	Троице-Сельцо														
Дата	Иванов В. М. 3.03.1971 г.			Князев Е. А. 3.03.71 г.			Родин И. Н. 3.03.71 г.			Андреев А. С. 3.03.71			Среднее		
№ приб.	$t^{\circ}_{пр}$	u	$u_{ср}$	$t^{\circ}_{пр}$	u	$u_{ср}$	$t^{\circ}_{пр}$	u	$u_{ср}$	$t^{\circ}_{пр}$	u	$u_{ср}$	$t^{\circ}_{пр}$	u	$u_{ср}$
114	14,5°	117,08		14,5°	117,08		15,0°	117,02		15,8°	117,01		14,8°		
		117,07	117,08		117,05	117,06		116,98	117,00		117,01	117,01			117,06
130	15,8	115,22		16,0	115,23		16,0	115,16		16,2	115,14		16,0		
		115,23	115,22		115,21	115,22		115,13	115,14		115,13	115,14			115,18
78	14,7	116,08		15,0	116,05		15,2	116,01		15,8	115,99		15,2		
		116,04	116,06		116,03	116,04		115,99	116,00		115,99	115,99			116,02
165	15,5	115,37		15,5	115,35		15,5	115,29		15,8	115,29		15,6		
		115,34	115,36		115,34	115,34		115,28	115,28		115,27	115,28			115,32
164	14,8	116,58		14,0	116,58		15,0	116,52		15,4	116,50		14,8		
		116,57	116,58		116,58	116,58		116,50	116,51		116,48	116,49			116,54
123	16,0	113,38		15,0	113,36		15,5	113,30		16,2	113,29		15,7		
		113,36	113,37		113,37	113,36		113,29	113,30		113,27	113,28			113,33

Пункт **Большемечетный (1)** Дата 29 мая 1970 г. Рабс.=**1011,1**

Время	18.05.70—30.05.70			8^h00^m				9^h00^m				10^h00^m			
$t^\circ_{возд}$				+15,0°				+16,4°				+18,8°			
$t^\circ_{ср.\ пр}$	+14,0°	+17,5°		+14,8°				+16,8°				+18,7°			
№ прибора	u'_0	u''_0	$c_{1,2}$	u	$\Delta u_{1,2}$	Δp_1	Δp_2	u	$\Delta u_{1,2}$	Δp_1	Δp_2	u	$\Delta u_{1,2}$	Δp_1	Δp_2
52	117,34		3,084	117,65	+0,31	+0,96		117,56	+0,22	+0,68		117,48	+0,14	+0,43	
		117,00	3,084		+0,65		+2,00		+0,56		+1,73		+0,48		+1,48
58	116,83		2,876	117,24	+0,41	+1,18		117,20	+0,37	+1,06		117,16	+0,33	+0,95	
		116,42	2,876		+0,82		+2,36		+0,78		+2,24		+0,74		+2,13
64	116,24		3,072	116,64	+0,40	+1,23		116,62	+0,38	+1,17		117,60	+0,36	+1,11	
		115,84	3,072		+0,80		+2,46		+0,78		+2,40		+0,76		+2,33
68	114,79		3,275	115,15	+0,36	+1,18		115,13	+0,34	+1,11		115,09	+0,30	+0,98	
		114,43	3,275		+0,72		+2,36		+0,70		+2,29		+0,66		+2,16
						+1,14	+2,30			+1,00	+2,16			+0,87	+2,02

Пункт **Молчания (II)** Рабс=1009, 2

Время	18.05.70	30.05.70		8h 00m				9h 00m				10h 00m			
$t^\circ_{возд}$				+16,8°				+17,4°				+18,4°			
$t^\circ_{ср.\ пр}$	+14,0°	+17,5°		+14,8°				+17,7°				+20,4°			
№ прибора	u'_0	u''_0	$c_{1,2}$	u	$\Delta u_{1,2}$	Δp_1	Δp_2	u	$\Delta u_{1,2}$	Δp_1	Δp_2	u	$\Delta u_{1,2}$	Δp_1	Δp_2
78	118,92		2,980	118,72	−0,20	−0,60		118,68	−0,24	−0,72		118,66	−0,26	−0,77	
		118,52	2,980		+0,20		+0,60		+0,16		+0,48		+0,14		+0,42
114	121,06		2,762	120,83	−0,23	−0,64		120,73	−0,33	−0,91		120,69	−0,37	−1,02	
		120,59	2,762		+0,24		+0,66		+0,14		+0,39		+0,10		+0,28
123	117,34		2,821	117,08	−0,26	−0,73		116,98	−0,36	−1,02		116,93	−0,41	−1,16	
		116,90	2,821		+0,18		+0,51		+0,08		+0,22		+0,03		+0,08
130	118,50		2,749	118,63	−0,27	−0,74		118,54	−0,36	−0,99		118,49	−0,41	−1,13	
		118,50	2,749		+0,13		+0,36		+0,04		+0,11		−0,01		−0,03
						−0,68	+0,53			−0,91	+0,90			−1,02	+0,19
					Δp	+1,82	+1,77		Δp	+1,91	+1,86		Δp	+1,89	+1,83

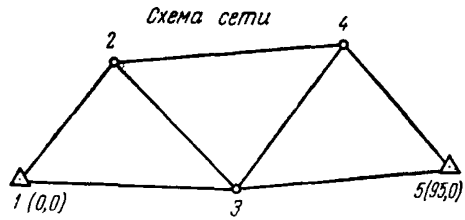
Дата 23 мая 1970 г.

Сторона	Большемечетный—Молчаниха				
Время	$t^{\circ}_{возд}$	p	Δp	E	h
8^h00^m	15,9°	1010,2	+1,79	—8,41	—15,05
9 00	16,9	1010,2	+1,88	—8,44	—15,87
10 00	18,6	1010,2	+1,86	—8,49	—15,79

h=—15,57

ПРИЛОЖЕНИЕ 17.5

Схема сети



Условные обозначения

△ *Исходные пункты с твердыми отметками*

○ *Определяемые пункты*

№ пункта	Превышение с пункта	№	$\frac{1}{\ }$	$\frac{1}{(p)'}$	Приближения I	II	III
2	1+62,5 3+17,8 4—21,2	6 6 4	0,37 0,45 0,41	0,30 0,38 0,32	62,5	62,5 61,2 61,1	62,5 61,4 61,0
			1,23	1,00	62,5	61,6	61,6
3	1+43,7 2—17,8 4—38,3 5—51,9	9 6 3 5	0,42 0,45 1,48 1,10	0,12 0,13 0,43 0,32	43,7 43,1	43,7 43,8 44,0 43,1	43,7 43,8 43,9 43,1
			3,45	1,00	43,4	43,6	43,6
4	2+21,2 3+38,3 5—12,7	4 3 6	0,45 1,48 2,20	0,11 0,36 0,53	 82,3	82,8 81,9 82,3	82,8 81,9 82,3
			4,13	1,00	82,3	82,2	82,2

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения 3
2. Проектирование и рекогносцировка полигонометрии и трилатерации 8
3. Основные требования к наружным и подземным геодезическим знакам 11
4. Измерение сторон полигонометрии и трилатерации 13
5. Измерение сторон полигонометрии 1 и 2 разрядов 16
6. Измерение углов в полигонометрии 19
7. Ориентирные пункты 25
8. Тригонометрическое нивелирование 26
9. Полевая предварительная обработка результатов наблюдений . 26

Приложения:

1. Схема сгущения сети методом трилатерации 32
2. Указания о введении поправок в направления за наклон вертикальной оси вращения инструмента при наблюдениях на пунктах полигонометрии 33
3. Журнал измерения длин сторон светодальномером «Кварц» . 37
4. Журнал измерения длин сторон светодальномером «СГ-3» . 41
5. Журнал измерения длин сторон светодальномером «См-3» . . 43
6. Журнал измерения длин сторон светодальномером «ЕОК-2000» 49
7. Журнал измерения длин сторон радиодальномером «Луч» . . 51
8. Журнал измерения длин сторон радиодальномером «РДГ» («РДГВ») 57
9. Центрировочный лист (линейные наблюдения) 61
10. Центрировочный лист (угловые наблюдения) 62
11. Программа исследований угломерных инструментов . . . 63
12. Журнал измерения горизонтальных углов во всех комбинациях 64
13. Журнал измерения горизонтальных направлений круговыми приемами 65
14. Таблицы установок лимба при наблюдении на пунктах полигонометрии 66
15. Журнал измерения зенитных расстояний 68
16. Технические указания по определению астрономических азимутов на ориентирные пункты со средней квадратической ошибкой ±5″—±7″ 69
17. Технические указания по барометрическому нивелированию способом независимых треугольников при развитии сети трилатерации 96