

В. С. РЕДЬКОВ

**Руководство
по техническому
нивелированию
и высотным
теодолитным
ходам**

В. С. РЕДЬКОВ

**Руководство
по техническому
нивелированию
и высотным
теодолитным
ходам**



МОСКВА «НЕДРА»

1974

Редьков В. С. Руководство по техническому нивелированию и высотным теодолитным ходам. М., «Недра» 1974, 72 с.

В руководстве изложены способы, инструменты и методы прокладывания ходов технического нивелирования и высотных теодолитных ходов.

В главе I рассмотрено техническое нивелирование. Показаны особенности работы нивелиром с наклонным визирным лучом. Описаны поверки и юстировки уровенных нивелиров и нивелиров с самоустанавливающейся линией визирования (с компенсатором), порядок выполнения полевых работ, ведения полевых журналов, обработки результатов нивелирования.

В главе II освещены особенности, точность и сфера применения высотных теодолитных ходов. Приведены характеристики теодолитов и оптических дальномеров, их исследования и юстировки. Описаны полевые работы при прокладывании высотных теодолитных ходов с измерением расстояний с помощью оптических дальномеров и постоянного вертикального базиса; даны полевые журналы с примерами их ведения и обработки.

В главе III показаны способы закрепления съемочного обоснования в различных условиях, даны рисунки знаков.

Книга предназначена для инженерно-технических работников строительных, проектно-изыскательских и прочих организаций, занимающихся техническим нивелированием, и может быть полезна студентам при изучении ими курса «Инженерной геодезии».

Таблиц 11, рисунков 34, список литературы — 45 названий.

ПРЕДИСЛОВИЕ

При создании **крупномасштабных** планов, строительстве и эксплуатации различных сооружений выполняется большой объем работ по определению превышений и отметок, выносу точек с заданными (проектными) отметками и т. д. Как правило, на этих работах применяют геометрическое нивелирование, однако все большее распространение получают методы тригонометрического нивелирования (проложением высотных теодолитных ходов). Под высотным теодолитным ходом понимается совокупность точек на местности, отметки которых определены методами тригонометрического нивелирования (дополнительно к пунктам государственной геодезической сети). Опыт показывает, что уже сейчас высотные теодолитные ходы во многих случаях могут заменить техническое нивелирование, а иногда и нивелирование более высокого класса точности.

Большие перспективы открывает применение новых оптических теодолитов. Использование новой геодезической техники требует от исполнителей хорошего знания ее, поэтому в предлагаемой работе значительное внимание уделено описанию новых геодезических инструментов, их исследованию и юстировкам.

Весьма важным является вопрос о рациональных способах закрепления пунктов на местности, рассмотренный в применении к ходам съёмочного обоснования.

Автор выражает глубокую признательность доцентам В. С. Кириленко и М. Е. Пискунову за ценные критические замечания, которые были учтены при подготовке рукописи к изданию.

Отзывы и пожелания по книге будут приняты автором с благодарностью.

Глава I

ТЕХНИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ

§ 1. Назначение и требования точности

Ходы технического нивелирования предназначены для создания обоснования топографических съемок масштаба 1:5000—1:500, привязки опознаков, а также для производства различных инженерных работ. Так, техническое нивелирование применяется при окончательном трассировании железных дорог, проложении ходов по существующим железным дорогам, создании съемочных полигонов для транспортных узлов, при трассировании воздушных линий для передачи электроэнергии и т. д.

По классификации геодезических сетей СССР невязки в ходах и полигонах технического нивелирования не должны превышать

$$f_{\text{доп}} = \pm 50 \sqrt{L} \text{ мм,}$$

где L — длина хода в километрах.

Отсюда предельная ошибка определения превышения на станции не должна быть больше ± 10 , 20 и 30 мм при расстояниях от нивелира до рейки 25, 75 и 150 м соответственно.

Однако методами технического нивелирования могут определяться превышения и с меньшей точностью: так, на изысканиях трасс автодорог требуется производить высотные измерения с ошибками не более ± 100 мм на 1 км и т. д. Часто меньшей, чем 50 мм на 1 км, точности требуют работы на строительных площадках (при оценке объемов работ, предварительной передаче отметок в котлован и т. д.). Однако методика измерений и инструменты применяются такие, какие приняты для технического нивелирования.

§ 2. Инструменты для технического нивелирования

Техническое нивелирование производится при помощи нивелиров, реек, костылей, башмаков.

Нивелиры

Согласно ГОСТ 10528—69 для технического нивелирования предназначены нивелиры НТ, НТС, НЛС; кроме того, возможно применение нивелиров, используемых для работ более высокого класса точности: НС4, НЗ и равных им по точности нивелиров прежних выпусков НВ-1, НГ и других инструментов, выпускаемых предприятиями СССР.

Возможно также и применение нивелиров, изготовленных в ГДР: Ni 060, Ni 030, Ni 025, Ni 050 и Венгрии: NiE1(2), NiB3(4), 5(6) и др.

Из всех инструментов для технического нивелирования оригинальным устройством отличается нивелир отечественного производства НЛ-3, позволяющий нивелировать как горизонтальным, так и наклонным визирным лучом. На основе этого инструмента по ГОСТ 10528—69 намечен выпуск нивелира НЛС.

Нивелир НЗ (рис. 1, а) является глухим нивелиром с элевационным винтом. Назначение нивелира — производство нивелирования III и IV классов; с успехом применяется он и при техническом нивелировании. Им возможно определение превышений со средними квадратическими ошибками ± 4 мм на 1 км и $\pm 1,5$ мм на станции при расстоянии до реек 75 м.

Цена деления цилиндрического уровня НЗ равна $15''$ на 2 мм, расстояние минимального визирования — 2 м (табл. 1). Инструмент имеет современный вид, грубая установка нивелира по круглому уровню 1 производится подъемными винтами 2.

Изображение концов пузырька цилиндрического уровня 3 передается в поле зрения зрительной трубы (рис. 1, б). Точная установка оси цилиндрического уровня в горизонтальное положение производится элевационным винтом 4. Перемещение зрительной трубы нивелира в горизонтальном направлении грубое производится от руки при открепленном зажимном винте, расположенном

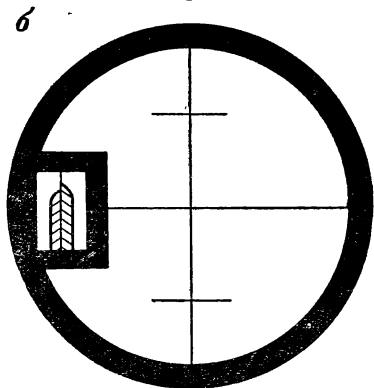
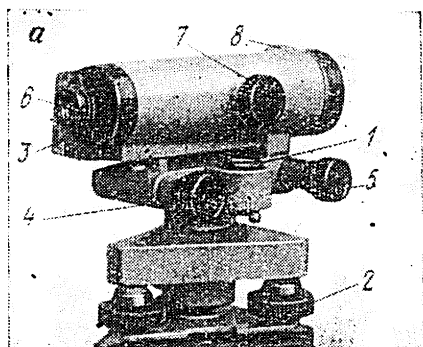


Рис. 1. Нивелир НЗ и поле зрения его визирной трубы.

Таблица 1

Технические характеристики нивелиров

Тип инструмента, страна-изготовитель	Зрительная труба			Цена деления уровней (на 2 мм)		Компенсатор		Ошибка отсчета по лимбу горизонтального круга (с оценкой на глаз)	Средняя квадратическая ошибка (мм на 1 км хода)	Масса, кг			Размер инструмента, мм	
	увеличение	поле зрения	наименьшее расстоя- ние визирования, м	круглого или уста- новочных	цилиндрического	пределы работы	средняя квадра- тическая уста- новки визирной оси			нивелира	штатива	фугляра	длина трубы	высота инструмента
НЗ, СССР	30х	1°20'	2,0	5'	15"	—	—	—	4	2,0	3,5	2,0	230	175
НС4, СССР	30х	1°20'	2,0	10'	—	±15'	±0",4	—	8	2,0	3,5	2,0	188	142
НТ, СССР	23х	1°30'	1,5	10'	45"	—	—	0°,1	15	1,0	4,5	0,7	140	95
НЛ-3, СССР	31х	1°15'	2,0	10'	30"	—	—	—	25	2,1	3,5	—	180	160
Ni 025, ГДР	20—25х	1°40'	1,5	8'	—	10'	0",5	—	2,5	1,7—1,9	5,0	1,7	190	140
Ni 030, ГДР	25х	1°6	1,8	8'	30"	—	—	1',0	3	1,8	4,5	—	195	120
Ni 050, ГДР	16—18х	—	0,8	25'	—	30'	1",0	0°,1	5—10	1,0	5,0	—	—	—
Ni 060, ГДР	19х	2°,1	1,5	8'	60"	—	—	—	6	0,9	3,17	1,15	138	98
Ni B5, ВНР	28—32*	1°20'	3,0	8'	—	15'	0",4	1',0	2	2,3	5,1	0,9	272	130
Ni E1, ВНР	6*	4°	0,8	30'	—	30'	—	0°,1	20	0,5	1,5	0,5	52	110

под объективом, а точное — наводящим винтом 5 при закрепленном зажимном винте.

Резкого изображения сетки нитей добиваются вращением диоптрийного кольца 6 окуляра; резкого изображения рейки — вращением головки 7. Грубая наводка трубы на рейку производится по удлиненной мушке 8.

Нивелир НС-4 предназначен для производства нивелирования IV класса; с успехом применяется он при техническом нивелировании. Этим инструментом можно определять превышения со средними квадратическими ошибками до ± 8 мм на 1 км и ± 3 мм на станции при расстоянии от реек до нивелира 100 м. Характеристики нивелира даны в табл. 1.

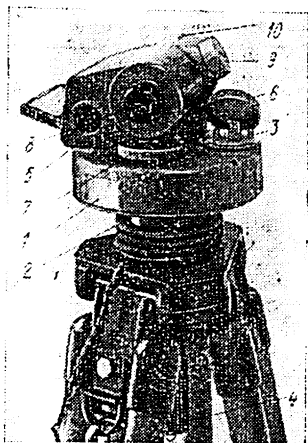


Рис. 2. Нивелир НТ.

Основная особенность инструмента: наличие компенсатора для приведения линии визирования в горизонтальное положение. Пределы работы компенсатора $\pm 15'$, точность автоматической установки линии визирования $\pm 0''{,}4$; для приведения оси вращения нивелира в отвесное положение есть круглый уровень; расстояние наименьшего визирования равно 2,0 м; нивелир НС-4 имеет бесконечный наводящий винт.

Нивелир НС-4 изготавливается с горизонтальным кругом, что делает очень удобным применение его для высотной съемки, особенно в местности с равнинным рельефом.

Нивелир НТ (рис. 2) является глухим уровнем нивелиром с элевационным винтом. Назначение его — производство технического нивелирования. Возможно изготовление его с компенсатором (НТС).

Технические возможности нивелира (см. табл. 1) позволяют определять превышения со средней квадратической ошибкой ± 15 мм на 1 км, а на станции с расстоянием до реек 150 м — ± 6 мм.

Нивелир НТ изготавливается с металлическим горизонтальным кругом 1; он имеет особое устройство 2 для установки по круглому уровню 3; это устройство — шаровая пята с закрепительной гайкой 4 вместо подъемных винтов — позволяет устанавливать инструмент по круглому уровню при ослабленной гайке 4 одним движением. Изображение концов пузырька цилиндрического уровня 5 передано в окуляр зрительной трубы. Учитывая довольно большую цену деления цилиндрического уровня ($45''$ на 2 мм), незначительную массу (1 кг) и малое расстояние минимального визирования, инструмент наиболее пригоден для производства работ на строительной площадке, а также при производстве высотных

съемок застроенной территории в равнинной местности. Для удобства наблюдения за круглым уровнем имеется зеркало *б*, а приведение пузырька цилиндрического уровня на середину производится элевационным винтом *7*. Вращением диоптрийного кольца *8* окуляра получают резкое изображение сетки, а фокусирование изображения рейки производится вращением головки *9*.

Для грубого визирования на трубе имеется удлиненная мушка *10*. Точное наведение визирной оси на рейку осуществляется перемещением алидады нивелира от руки. Во время транспортировки головка штатива должна быть закрыта крышкой.

Нивелир НЛ-3 является первым отечественным нивелиром с наклонным лучом, нашедшим практическое применение. Этот инструмент позволяет определять превышения с предельными ошибками ± 50 мм на 1 км при длине визирного луча не более 200 м. С одной станции возможно определение превышения до ± 15 м. Технические характеристики инструмента приведены в табл. 1.

Общий вид инструмента представлен на рис. 3. Зрительная труба *1* наклоняется в вертикальной плоскости наводящим винтом

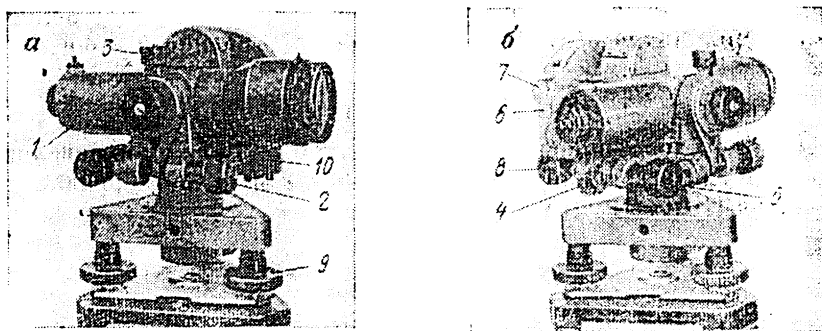


Рис. 3. Нивелир НЛ-3.

2 при закреплённом положении зажимного винта *3*. Перемещение зрительной трубы в горизонтальной плоскости возможно грубо «от руки» при ослабленном положении винта *4* и точно — наводящим винтом *5* при зажатом винте *4*.

Оптические детали высотомера — устройства для определения превышения наклонным лучом — расположены в коробке *б*, соединённой с контактным уровнем *7*, который устанавливается в рабочее положение наводящим винтом *8*. В рабочее положение нивелир приводится подъёмными винтами *9* по круглому уровню *10*.

В поле зрения трубы нивелира НЛ-3, кроме трех нитей *а*, *б*, *в* обычной сетки (рис. 4), из коробки высотомера *б* передается изображение высотного штриха *г*.

Не останавливаясь на принципе устройства высотомера, рассмотрим порядок работы при определении превышений из середины (рис. 5). Пусть n_a и n_b — отсчеты по средней нити сетки по задней и передней рейкам, установленным в точках A и B , а a и

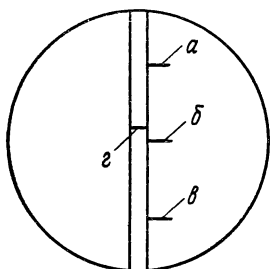


Рис. 4. Поле зрения визирной трубы нивелира НЛ-3.

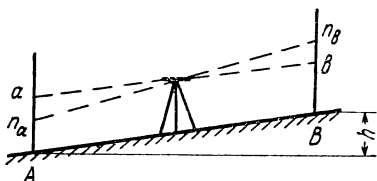


Рис. 5. Схема определения превышения нивелиром НЛ-3 из середины.

b — отсчеты по штриху высотомера при горизонтальном положении оси цилиндрического уровня. Тогда превышение h вычислится как:

$$h = K(a - b) + (K - 1)(n_a - n_b),$$

где $K=5$ — коэффициент высотомера НЛ-3. Если при нивелировании наводить средний штрих на задней и передней рейках на одинаковые отсчеты, т. е. делать

$$n_a = n_b,$$

то

$$h = K(a - b).$$

При нивелировании вперед формула для определения превышений имеет следующий вид:

$$h = K(n_b - b) + i - n_b,$$

где i — высота нивелира.

Нивелиром НЛ-3 можно производить обычное геометрическое нивелирование, если при горизонтальном положении оси цилиндрического уровня совместить среднюю нить сетки b со штрихом высотомера z .

Нивелир Ni025 производства Народного предприятия «Карл Цейсс» (Иена, ГДР) (рис. 6). По данным предприятия-изготовителя, при помощи этого инструмента можно определять превышения со средними ошибками $\pm 2,5$ мм на 1 км при двойном нивелировании; технические данные приведены в табл. 1.

Инструмент выпускается как с горизонтальным кругом, так и без него. Особенности Ni025: наличие компенсатора для установ-

ки линии визирования в горизонтальное положение, прямое изображение в зрительной трубе, наводящий винт фрикционного типа с двусторонним расположением рукоятки 1, возможность откладывать или измерять горизонтальные углы (если инструмент имеет горизонтальный круг).

Небольшое расстояние минимального визирования (1,5 м) позволяет применять этот инструмент при техническом нивелировании в стесненных условиях (на строительной площадке при установке оборудования в крупном машиностроении). При работе ось вращения инструмента устанавливается в отвесное положение подъемными винтами 4 при помощи круглого уровня 2, изображение которого наблюдается в зеркале 3. Резкого изображения сетки добиваются вращением диоптрийного кольца 5 окуляра, рейки — вращением маховичка 6.

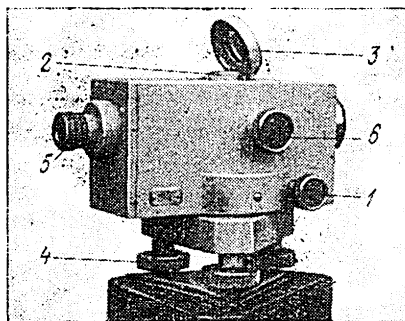


Рис. 6 Нивелир Ni 025.

На предприятиях СССР, кроме Ni 025, распространено много инструментов для технического нивелирования, изготовленных в ГДР. Например, Ni030 — уровенный нивелир с техническими данными, близкими к НЗ (см. табл. 1) и нивелир Ni 060 — уровенный нивелир, пригодный в основном для работ на строительной площадке.

Одной из последних моделей нивелира, предназначенного для производства технического нивелирования, работ на строительной площадке и монтажа оборудования, является Ni 050, позволяющий определять превышения со средней квадратической ошибкой ± 5 мм на 1 км (см. табл. 1). Инструмент снабжен компенсатором для автоматической установки линии визирования в горизонтальное положение, наводящим винтом фрикционного типа, оригинальным устройством для приведения инструмента в рабочее положение.

Нивелир NiB 5 (рис. 7, а) Венгерского оптического завода (Будапешт) является инструментом с компенсатором и горизонтальным кругом с точностью отсчитывания порядка $1'$. Зрительная труба дает прямое изображение. Инструмент обеспечивает определение превышений со средней квадратической ошибкой ± 2 мм на 1 км. Грубая наводка инструмента на цель производится от руки, а точная — наводящим винтом 1 с фрикционным зажимом. Отсчет по горизонтальному кругу производится через окуляр 2; горизонтальный круг может переставляться при помощи диска смещения лимба. Технические данные нивелира приведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, инструмент достаточно портативен (масса 2,3 кг) и имеет хорошие качества: средняя квадратическая ошибка установки визирной оси компенсатором в горизонтальное

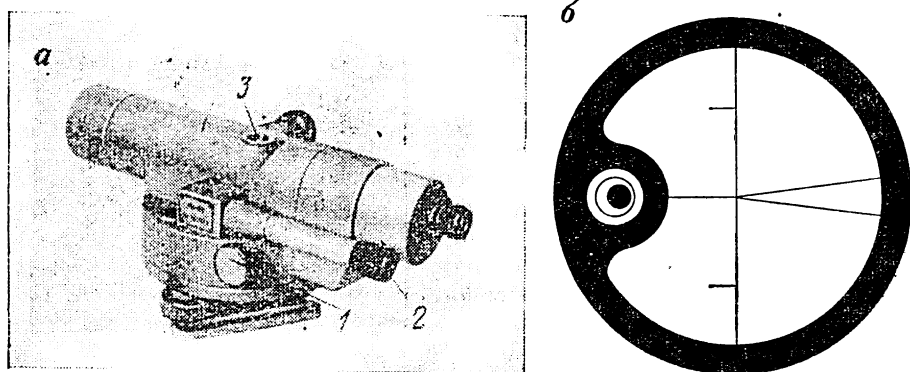


Рис. 7. Нивелир NiB5 и поле зрения его визирной трубы.

положение $\pm 0''{,}4$ с диапазоном работы $\pm 8'$. Изображение пузырька круглого уровня 3 (см. рис. 7, а), расположенного в верхней части корпуса нивелира трубы, передается в поле зрения трубы (рис. 7, б). Нивелир может применяться при проложении нивелирных ходов III и IV классов, нивелировании трасс линейных сооружений, разбивках на строительной площадке и при городских съемках.

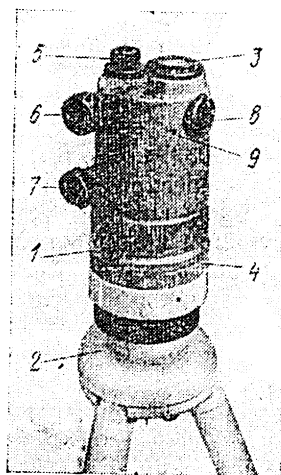


Рис. 8. Нивелир NiE1.

Предприятием МОМ выпускаются также нивелиры: NiB6, по конструкции аналогичный представленному, но без горизонтального круга; NiB3 и NiB4 — варианты без передачи изображения пузырька круглого уровня в поле зрения трубы (NiB3 — с горизонтальным кругом).

Нивелир NiE1 (рис. 8) Венгерского оптического завода (Будапешт) позволяет, по данным предприятия-изготовителя, определять превышения со средней квадратической ошибкой ± 20 мм на 1 км и предназначен в основном для производства нивелирных работ на строительной площадке.

Нивелир снабжен компенсатором с пределами работы $\pm 30'$, металлическим горизонтальным кругом 1 со средней квадратичес-

кой ошибкой отсчета порядка $0^{\circ},1$ и сферическим шарниром 2 вместо подъемных винтов. Для установки оси вращения нивелира в отвесное положение зажимной винт 4 ослабляется и наклоном верхней части нивелира от руки пузырек круглого уровня 3 приводится на середину.

Окуляр зрительной трубы 5 расположен вертикально; наведение трубы на резкость по предмету осуществляется винтом 6; точный поворот трубы в азимутальном направлении производится наводящим винтом 7 с фрикционным зажимом, грубый — от руки.

Малая масса нивелира, небольшое расстояние минимального визирования в сочетании с компенсатором большого диапазона действия делает этот инструмент удобным для работы в стесненных условиях.

Рейки и штативы

Рейки, применяемые при производстве технического нивелирования, изготавливаются по ГОСТ 11158—65 с шашечными делениями по 10 мм. Для изготовления реек применяются деревянные бруски, предварительно пропитанные олифой и окрашенные; концы брусков укрепляются металлическими оковками. Деления на рейках могут быть нанесены на одной стороне (односторонние рейки) или на двух (двусторонние), причем на двусторонних рейках деления наносятся краской разного цвета: на основной стороне — черной, на дополнительной — красной.

Рейка РНЗ — нивелирная рейка цельная двусторонняя; предназначена для нивелирования III и IV классов. Длина рейки 3 м.

Рейка РН4 — складная трех- или четырехметровая с делениями на одной стороне (или двусторонняя), предназначенная для нивелирования IV класса и технического (для подземного нивелирования длина рейки 2,1 м).

Рейка РНТ — для технического нивелирования складная двусторонняя длиной 4 м.

Применяются рейки и другой конструкции. Так, широко распространены раздвижные односторонние четырехметровые рейки отечественного производства, а также двусторонние рейки Венгерского завода МОМ с полусантиметровыми делениями.

Штативы для геодезических инструментов изготавливаются по ГОСТ 11897—66 раздвижные (ШР) и нераздвижные (ШН).

Штативы раздвижные изготавливаются высотой 120, 140, 160 см, а нераздвижные — 120—200 см.

Головки и башмаки ножек штативов изготавливаются из металла, а ножки — из дерева или из легких антимагнитных сплавов (дюралюминий).

Штативы для зарубежных инструментов, как правило, имеют деревянные ножки (NiE1 — металлические).

§ 3. Исследования и поверки инструментов

Все инструменты до применения их должны быть исследованы, поверены и отъюстированы с тем, чтобы исполнитель был уверен в их безусловной надежности.

При получении инструмента необходимо убедиться в наличии всех его частей и механической их исправности. Иногда эта работа называется приемочными поверками инструмента. Определение постоянных инструмента называется его исследованием. Выяснение соответствия инструмента определенным геометрическим требованиям называют полевыми поверками инструмента, а операции по приведению частей инструмента в положение, отвечающее этим требованиям, — юстировками.

Во время эксплуатации инструментов может быть нарушена их регулировка, поэтому некоторые из поверок и юстировок необходимо повторять иногда даже ежедневно, чтобы в результатах измерений не появлялись систематические ошибки.

Исследования и приемочные поверки нивелиров, реек, штативов

При производстве приемочных поверок инструмента проверяется наличие и правильность действия наводящего, элевационного и подъемных винтов; все они должны плавно перемещать соответствующие части как при прямом, так и при возвратном движениях, а действие элевационных винтов не должно иметь люфта, т. е. перемещение должно прекращаться сразу после прекращения вращения и начинаться одновременно с началом вращения винта.

У некоторых нивелиров, имеющих фрикционный зажим оси вращения инструмента, необходимо проверить действие его на всей окружности.

Если наводящий винт погнут, его необходимо сменить. При неравномерном возвратном движении трубы необходимо растянуть или сменить пружину, сменить смазку в обойме. Слишком тугое или свободное вращение наводящих винтов исправляется вращением регулировочных гаек в нужную сторону. Слишком слабое или тугое вращение подъемных винтов также устраняется соответствующей их регулировкой. Для этого подъемные винты вывинчиваются до тех пор, пока в отверстиях их стаканов не появятся отверстия регулировочных гаек. В совмещенные отверстия вставляется шпилька, и вращением подъемных винтов совместно с регулировочными гайками добиваются нормального вращения винтов. Подъемные винты зарубежных инструментов регулируются согласно соответствующим заводским инструкциям.

Неустойчивое состояние инструмента объясняется выгибом пластинчатой пружины. Эта неисправность требует разборки всего трегера, съема пружины и выправки ее, что производится в мастерской.

Необходимо также проверить плавность хода инструмента при вращении вокруг своей оси и при тугом ходе смазать ее. Для этого трубу снимают с трегера, осевую систему разбирают, ось протирают чистой тряпкой с бензином и затем смазывают небольшим (5—6 капель) количеством смазки, которая имеется в комплекте ЗИП инструмента.

При исследовании зрительных труб необходимо убедиться в возможности получения резкого изображения сетки и предметов. Исправление параллакса сетки нитей должно легко производиться незначительным перефокусированием зрительной трубы.

Исследование постоянных инструментов, применяемых для технического нивелирования, сводится к определению увеличения зрительной трубы и цены деления цилиндрического уровня. Увеличение определяется одновременным рассматриванием нивелирной рейки через зрительную трубу и невооруженным глазом. Для этого рейку устанавливают в хорошо освещенном месте на расстоянии 5 м от инструмента. Затем рассматривают рейку одновременно одним глазом в трубу, а другим глазом — мимо нее и считают число делений рейки, увиденных невооруженным глазом, попавшее на одно деление рейки, увиденное через трубу, что и дает увеличение $v\times$.

Определение цены деления τ'' уровней производится по рейке, установленной на ровной площадке на расстоянии l порядка 50 м от инструмента.

Цена деления вычисляется как угол, на который наклонится визирная ось при перемещении пузырька уровня на одно деление:

$$\tau'' = \frac{\rho'' (a_1 - a_2)}{nl},$$

где n — число делений уровня, на которое переместился пузырек его между отсчетами по рейке a_1 и a_2 . При этом делается не менее трех установок пузырька цилиндрического уровня в разных местах шкалы с одновременными отсчетами по рейке.

Если на ампуле уровня нет делений, то к ней приклеивается полоска бумаги с предварительно нанесенными делениями через 2 мм.

У инструментов с компенсатором исследуется правильность работы компенсатора в пределах его действия вдоль линии визирования и перпендикулярно к ней. Об исправности компенсатора судят по постоянству отсчетов по рейке, взятых вначале при среднем положении пузырька установочного уровня, а затем при смещении его подъемными винтами вперед, назад и в стороны по отношению к линии визирования на величину диапазона действия компенсатора (с учетом цены деления уровня). Если отсчеты при этом меняются более чем на ошибку отсчитывания, то нивелир следует отправить в мастерскую для ремонта.

При исследовании нивелира НЛ-3, кроме увеличения трубы и цены деления уровня, определяется коэффициент K высотомера.

Для этого на местности кольями закрепляют две точки на расстоянии 100—120 м с превышением $h=1-2$ м. Превышение вначале определяют многократно геометрическим нивелированием из середины хорошо выверенным инструментом, а затем также многократно — исследуемым нивелиром НЛ-3, причем среднюю нить сетки необходимо наводить на одинаковые отсчеты. Определив средние отсчеты $a_{\text{ср}}$ и $b_{\text{ср}}$ по рейкам, вычисляют коэффициент как

$$K = \frac{h}{a_{\text{ср}} - b_{\text{ср}}}.$$

Если значение коэффициента не равно 5, то инструмент направляют в мастерскую, где соответствующим перемещением компонентов объектива высотомера устанавливают $K=5$.

Рейки, применяемые при производстве технического нивелирования, подвергаются следующим исследованиям.

1. Определение цены делений рейки.

Исследованию подвергаются метровые и дециметровые интервалы реек.

Для исследования рейку укладывают в горизонтальное положение без прогиба и на ее поверхность кладут контрольную линейку или натягивают компарированную рулетку с миллиметровыми делениями.

Для фиксирования начала шкалы к пятке рейки плотно прижимают лезвие бритвы и делают отсчеты по линейке (рулетке) в начале шкалы и на границах всех исследуемых интервалов. Затем сдвигают линейку (рулетку) на 1—2 мм, производят все отсчеты повторно и вычисляют разности отсчетов. Колебания одноименных разностей отсчетов должны быть не более $\pm 0,2$ мм.

Отклонения измеренных величин метровых интервалов рейки (деления 0—10, 10—20, 20—30, 30—39) от их номинального значения должны быть не более ± 3 мм, а дециметровых — не более ± 1 мм.

2. Определение разности положения нулей черной и красной сторон реек производится сравнением отсчетов по красной и черной сторонам. Для этого рейку устанавливают на расстоянии 20 м от нивелира. При положении пузырька цилиндрического уровня строго на середине делают не менее пяти пар отсчетов по черной и красной сторонам при разных высотах инструмента и вычисляют среднюю разность положения нулей.

Штативы геодезических инструментов должны быть устойчивы. Если штатив неустойчив, то необходимо подтянуть крепежные болты и расклинить или замочить в воде его деревянные части в местах соединения с головкой штатива и башмаками.

Для установки реек на связующих точках, кроме обычных башмаков и костылей, применяются также простейшие металлические костыли и деревянные икс-колья, имеющие приспособления для удобной их переноски (рис. 9).

Полевые поверки и юстировки нивелиров

Полевые поверки производятся в такой последовательности.

1. Поверка круглого уровня.

Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.

Вращением подъемных винтов пузырька уровня приводят на середину, а затем трубу нивелира поворачивают на 180° . Если пу-

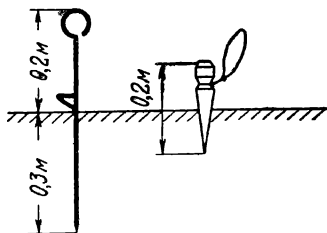


Рис. 9. Костыли и икс-колья для технического нивелирования.

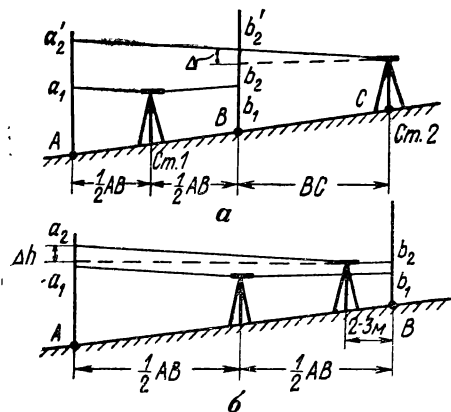


Рис. 10. Схема поверки главного условия геометрического нивелирования.

зырек уровня отклонился от среднего положения, то половину его отклонения исправляют юстировочными винтами уровня. Затем поверку, а при необходимости и юстировку повторяют.

2. Поверка сетки нитей.

Горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна к оси вращения нивелира.

Для производства поверки ось вращения нивелира устанавливают отвесно и берут отсчет по рейке при расстоянии до нее 20—30 м; после этого наводящим винтом зрительную трубу перемещают в азимутальном направлении. Если отсчет по рейке при этом меняется, то поворотом оправы сетки после ослабления крепежных винтов добиваются такого положения нитей, чтобы отсчет при движении трубы наводящим винтом оставался постоянным.

3. Поверка главного условия уровненных нивелиров.

Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы. Поверка делится на две части.

1-я часть. *Ось цилиндрического уровня и визирная ось зрительной трубы должны лежать в параллельных отвесных плоскостях.*

Для производства поверки нивелир устанавливают в рабочее

положение так, чтобы один из его подъемных винтов был расположен по направлению визирной оси. На расстоянии 60—100 м устанавливают рейку и берут отсчет по ней при среднем положении пузырька цилиндрического уровня. Затем, вращая подъемные винты, расположенные перпендикулярно к визирной оси, в разные стороны на 2—3 оборота, наклоняют нивелир в поперечном к линии визирования направлении. Элевационным винтом устанавливают отсчет по рейке, равный исходному, и замечают положение пузырька цилиндрического уровня. То же самое делают, наклонив нивелир в противоположную сторону. Если при наклонах нивелира в разные стороны пузырек цилиндрического уровня отклоняется в разные стороны более чем на 4 деления, то необходимо отъюстировать нивелир, переместив горизонтально расположенными исправительными винтами конец уровня (или сетку трубы) в нужную сторону.

2-я часть. *Ось цилиндрического уровня и визирная ось трубы должны лежать в параллельных горизонтальных плоскостях.*

Поверку этого условия рекомендуется производить по следующей схеме (рис. 10, а). На местности закрепляют три точки А, В, С на одной прямой с расстояниями $AB=20,6$ м, $BC=20,0$ м.

На точках А и В устанавливают рейки, затем строго на середине между ними устанавливают нивелир (Ст. 1) и производят отсчеты по рейкам a_1 и b_1 , после чего нивелир ставят в точке С (Ст. 2) и производят еще два отсчета a'_2 и b'_2 . При этом

$$\begin{aligned}a_1 - b_1 &= h, \\a'_2 - b'_2 &= h'.\end{aligned}$$

Превышение h , определенное со станции 1, свободно от влияния ошибки за несоблюдение исследуемого условия и тогда $h - h' = \Delta$, а угол i'' между визирной осью и осью уровня вычислится как

$$i'' = 10 \cdot \Delta.$$

Исправление угла i'' нивелира производится после установки элевационным винтом на рейке в точке В отсчета

$$b_2 = b'_2 + \Delta$$

и последующим приведением пузырька цилиндрического уровня на середину юстировочными винтами.

Эту поверку можно производить также нивелированием на равных и значительно не равных визирных плечах. На местности устанавливают две рейки на расстоянии 50—60 м (рис. 10, б); установив нивелир на середине, берут два отсчета a_1 и b_1 по рейкам и определяют превышение

$$h_1 = a_1 - b_1.$$

Затем устанавливают нивелир на расстоянии минимального визирования от одной из реек и определяют превышение

$$h_2 = a_2 - b_2.$$

Сравнивая результаты нивелирования и считая отсчет b_2 безошибочным, получают

$$\Delta h = h_1 - h_2.$$

Для юстировки главного условия элевационным винтом на дальней рейке устанавливают отсчет, исправленный на величину Δh . Затем пузырек цилиндрического уровня приводят на середину юстировочными винтами.

Поверка, а при необходимости и юстировка повторяются, пока Δh будет не более ± 4 мм.

Поверки и юстировки нивелиров с компенсатором

Поверки круглого уровня и сетки нитей производятся аналогично поверкам уровенных нивелиров.

Главное условие нивелиров с компенсатором формулируется так: *в пределах работы компенсатора визирный луч зрительной трубы должен быть горизонтальным*. Поверка делается так же, как и поверка главного условия уровенных нивелиров (см. рис. 10). Юстировка производится установкой исправленного отсчета при помощи винтов сетки; у нивелира NiE1 нужный отсчет устанавливается вращением оправы 8 (см. рис. 8) оптического клина после ослабления стопорного винта 9.

Поверка и юстировка нивелира НЛ-3

У нивелира НЛ-3 в полевых условиях производят две поверки.

1. Поверка круглого уровня — аналогична поверкам уровенных нивелиров.

2. Поверка главного условия:

при горизонтальном положении оси цилиндрического уровня и визирной оси зрительной трубы высотный штрих должен совпадать с горизонтальной нитью сетки.

Поверка делается двойным нивелированием вперед при расстоянии между точками 50—60 м и наведении средней нити сетки на отсчет, равный высоте инструмента.

Пусть i_a , i_b — высота инструмента, a , b — отсчеты по высотному штриху в точках A и B соответственно. Тогда ошибка x в отсчете по рейке из-за несоблюдения главного условия вычислится по формуле

$$x = \frac{i_a + i_b}{2} - \frac{a + b}{2}.$$

При $x > 4$ мм вращением винта 8 (см. рис. 3) устанавливают высотомерный штрих на отсчет, равный $(b - x)$, и юстировочными винтами цилиндрического уровня приводят его пузырек на середину.

Поверка повторяется.

§ 4. Полевые работы

Техническое нивелирование производится, как правило, способом «из середины» при нормальной длине визирных лучей, равной 100 м; при благоприятных условиях работы: увеличении зрительной трубы не менее 25×, цене деления цилиндрического уровня не более 15" на 2 мм и хорошей погоде (тихо, пасмурно) возможно увеличить длину визирных лучей до 150 м. Расстояния до рек измеряются шагами, допустимое неравенство визирных лучей на станции — 10 м.

По характеру организации и выполнения геодезических работ при техническом нивелировании ходы бывают:

- разомкнутые, прокладываемые между двумя точками с известными отметками — реперами;

- замкнутые (полигоны), когда ход кончается на начальной точке;

- висячие, опирающиеся на одну точку с известной отметкой, применяющиеся как исключение и обязательно нивелирующиеся дважды (в этом случае допустимое расхождение превышений равно $\pm 50\sqrt{L \cdot \sqrt{2}} = \pm 70\sqrt{L}$ мм).

При производстве технического нивелирования можно выделить следующие три группы задач:

- определение отметок точек или превышений между ними;

- построение профилей местности по заданному направлению;

- вынос точек на местности с заданными (проектными) отметками.

При решении первой группы задач нивелирование ведется по точкам, плановое положение которых не определяется и выбирается из условия удобства и производительности нивелирования. Для получения профиля местности при решении второй группы задач до нивелирования по заданному направлению размечаются и закрепляются точки через 100 (иногда 50 или 20) м, а также перегибы рельефа. Нивелирование при этом ведется по строго заданному направлению, и на станциях кроме связующих могут быть промежуточные точки. Решение третьей группы задач сводится к отложению на местности заранее вычисленного превышения.

Рассмотрим порядок работы при техническом нивелировании. При двусторонних рейках на станции без промежуточных точек реечники под руководством наблюдателя забивают колышки (или икс-колья) в выбранных точках и ставят на них рейки. Нивелир устанавливают в рабочее положение по круглому уровню, затем берут отсчет по верхней и средней нитям сетки черной стороны задней (1, 2) и передней реек (3, 4, табл. 2). После этого рейки поворачивают к наблюдателю красной стороной и снимают отсчеты только по средней нити передней и задней (5, 6) реек. До перехода на следующую станцию производят такие вычисления. Контролируют правильность отсчетов по рейкам, для чего вычисляются разности высот нулей пяток реек.

Журнал технического нивелирования по двусторонним рейкам

Ход от стен. реп. 24 до врем. реп 11

Номера станций точек	Дальномерное расстояние	Отсчеты по рейкам, мм		Превышения, мм		Примечание
		задний З	передний П	вычисленное $h_{н, к}$	среднее $h_{ср}$	
$\frac{1}{\text{стен.}}$ реп. 24—1	310(13) 311(14)	1008(1) 1318(2) 6006(6) 4688(7)	1300(3) 1611(4) 6296(5) 4685(8)	—0293(9) —0290(10) —3(11)	—0292(12)	Разности: рейка № 1 —4686 рейка № 2 —4686
$\frac{2}{1—2}$	501 470	1315 1816 6500 4684	1455 1925 6613 4688	—0109 —0113 +4	—0111	$H_K = 101,585$ $H_H = 103,438$ $h_o = -1,853$
$\frac{3}{2—3}$	417 400	0700 1117 5805 4688	1217 1617 6307 4690	—0500 —0502 +2	—0501	
$\frac{4}{3—\text{врем.}}$ реп. 11	520 502	0500 1020 5704 4685	1490 1992 6677 4687	—0972 —0973 +1	—0972	

$$L = \frac{3431}{686 \text{ м}}$$

$$\frac{\Sigma \text{З } 29286 \Sigma \text{П } 33038}{-3752:2 = -1876}$$

$$h_{\text{п}} = -1876$$

$$f_h = -1876 + 1853 = -23 \text{ мм}$$

$$f_{\text{доп}} = \pm 50 \sqrt{0,7} = \pm 42 \text{ мм}$$

$$(7) = (6) - (2),$$

$$(8) = (5) - (4),$$

которые должны в пределах ± 5 мм равняться известным значениям (см. примечание табл. 2); затем вычисляют превышения по черной и красной сторонам реек

$$(9) = (2) - (4),$$

$$(10) = (6) - (5)$$

и их разность

$$(11) = (9) - (10) = (8) - (7).$$

Разность (11) превышений, вычисленных по черной и красной сторонам реек, не должна превышать ± 10 мм (с учетом разности

высот нулей пяток реек). При соблюдении этого допуска вычисляются среднее превышение $h_{\text{ср}}$ на станции

$$(12) = \frac{1}{2} [(9) + (10)].$$

Дальномерные расстояния вычисляют как разности отсчетов по верхней и средней нитям сетки

$$(13) = (2) - (1),$$

$$(14) = (4) - (3).$$

Неверные отсчеты, записанные в журнал, перечеркивают одной четкой чертой, а новые отсчеты пишут на следующей строке.

При нивелировании для построения профилей местности может быть применен журнал иной формы. Порядок работы на станции остается прежним, но так как расстояния по ходу профилей измерены заранее, отсчетов по верхней нити не делается. Журнал заполняется в следующем порядке. После установки реек и нивелира производят отсчет (1) по черной стороне задней рейки и записывают в журнал (табл. 3). Затем визируют на переднюю рейку и берут отсчет (2) по черной ее стороне и записывают этот отсчет в журнал. После этого реечники поворачивают рейки красной стороной к наблюдателю и берут передний (3), а затем задний (4) отсчеты с записью в соответствующие строки и столбцы. При этом задний и передний отсчеты по рейке заносят в одну строку. Контролем правильности работы на станции является равенство превышений в пределах ± 10 мм с учетом разности высот нулей реек на красной стороне (в рассмотренном примере высоты нулей на красной стороне одинаковы)

$$(5) = (1) - (2);$$

$$(6) = (4) - (3).$$

Переход на следующую станцию производится после определения среднего превышения

$$(7) = \frac{1}{2} [(5) + (6)].$$

При техническом нивелировании рейки не снабжаются уровнями; для исключения ошибок за наклон реек при отсчитывании их покачивают в плоскости визирования и берут минимальный отсчет.

При наличии промежуточных точек на станции после отсчета (8) по черной стороне задней рейки передний реечник ставит рейку последовательно на все точки, начиная от задней по ходу в пределах возможной длины визирного луча. Отсчеты (9) — (12) на промежуточных точках берутся только по черной стороне рейки с записью в графе «промежуточные». Затем рейку устанавливают на передней точке и делают отсчет по черной (13) и красной (14)

Журнал технического нивелирования по двусторонним рейкам

Ход от врем. реп. 11 до врем. реп. 12

Номера нивелируемых точек	Отсчеты по рейке, мм			Превышения измеренные, мм		Поправки Δh , мм	Превышения исправленные, $h_{испр}$, мм	Горизонт инстру-мента ГИ, м	Отметки вычисленные H_v , м	Поправки ΔH , мм	Отметки исправленные $H_{испр}$, м	Примечание
	задние 3	промежуточные	передние 11	вычисленные $h_{г, к}$	средние $h_{ср}$							
Врем. реп. 11	1417 (1)			-0409 (5)	-0408 (7)	+2	-0406				101,585	$H_K = 99,342$
	6105 (4)			-0407 (6)		+2	-0946				101,179	$-H_H = 101,585$
x	1218	1826 (2)		-0948	-0948	+2					100,233	$h_o = -2,243$
	5907	6512 (3)		-0947		+2	-0864				99,369 (20)	
x	1125	2166		-0867	-0866	+2					99,349 (21)	
	5816	6856		-0864		+2	-0394	100,851 (19)			97,976	
ПК 0	1482 (8)	1992		-0398 (16)	-0396 (18)	+2					97,891	
	6171 (15)	6680		-0395 (17)		+2	+0367				99,280	
+37		1502 (9)									98,975	
+39		2875 (10)										
+43		2960 (11)										
+45		1571 (12)										
ПК 1	1570	1880 (13)		+0367	+0365	+2					99,342	
	6255	6566 (14)		+0363								
Врем. реп. 12		1203										
		5892										

-2,243

 $h_H = -2253$ +10 -2243

$$\Delta_{1ст} = + \frac{10}{5} = +2 \text{ мм}$$

$$f_H = -2253 + 2243 = -10 \text{ мм}$$

$$f_{доп} = \pm 50 \sqrt{0,3} = \pm 27 \text{ мм}$$

 $\Sigma 37066$ $\Sigma_{II} 41573$

$$-4507:2 = -2254$$

сторонам передней рейки, а затем и по красной стороне задней рейки (15).

Контроль правильности работы на станции аналогичен предыдущему

$$\begin{aligned}(16) &= (8) - (13); \\(17) &= (15) - (14); \\(16) - (17) &\leq \pm 10 \text{ мм}; \\ \frac{(16) + (17)}{2} &= (18).\end{aligned}$$

Для того чтобы при нивелировании не пропустить точек, закрепленных при разбивке пикетажа, наблюдателю полезно иметь с собой выписку из пикетажной книжки о расположении реперов, пикетов, плюсовых и других характерных точек.

Нивелирование с односторонними рейками может производиться с одного или двух горизонтов инструмента. Если нивелирование ведется с двух горизонтов, то порядок операций на станции остается тем же, что и при работе с двусторонними рейками; отсчеты при втором горизонте играют роль отсчетов по красной стороне рейки.

Нивелирование с односторонними рейками и при одном горизонте имеет более упрощенный характер. После установки реек на точках нивелир устанавливают посередине, приводят в рабочее положение и берут отсчеты по задней рейке (1, табл. 4) и по передней рейке (2) с последующим вычислением превышения на станции

$$(3) = (1) - (2).$$

Если на станции имеются промежуточные точки, то после отсчета по задней рейке (4) передний реечник ставит рейку, а нивелировщик берет отсчеты на промежуточных точках (5) — (8) в пределах возможной длины визирного луча, а затем и на передней точке (9), после чего нивелировщик переходит на новую станцию и т. д. Работа на станции получается бесконтрольной, поэтому такая нивелировка применяется как исключение.

При выносе точек с наперед заданными (проектными) отметками вначале готовят разбивочные данные: вычисляют проектное превышение $h_{пр}$, которое надо отложить как разность отметок выносимой точки $H_{пр}$ и репера H_0 , от которого эта точка выносится

$$h_{пр} = H_{пр} - H_0.$$

Затем на местности устанавливают нивелир с таким расчетом, чтобы он стоял посередине между репером и выносимой точкой. Взяв задний 3 отсчет на репере, вычисляют отсчет, который должен быть получен на выносимой точке

$$\Pi = 3 - h_{пр}$$

Журнал технического нивелирования по односторонним рейкам с одного горизонта инструмента

Ход от врем. реп. 12 до грунт. реп. 25

Номера нивелируемых точек	Отсчеты по рейке, мм			Превышения измеренные, мм		Поправки Δh , мм	Превышения исправленные $h_{испр}$, мм	Горизонт инструмента $H_{И}$, м	Отметки вычисленные $H_{в}$, м	Поправки ΔH , мм	Отметки исправленные $H_{испр}$, м	Примечание
	задние З	промежуточные	передние П	вычисленные $h_{г}$, к	средние $h_{ср}$							
Врем. реп. 12 x x' ПК 2 +25 +28 +32 +35 ПК 3 +55 +75 ПК 4 ПК 5 +66 ПК 6 Реп. 25	1415(1)		2516(2)	—1101(3)				100,757	99,342		99,342	$H_K=93,405$ $-H_N=99,342$ $h_0=-5,937$
	1082		2782	—1700				99,323	98,241	+2	98,242	
	0961		2218	—1257				97,502	96,541	+5	96,546	
	1425(4)			—0663				96,709	95,284	+7	95,291	
		1618(5)							95,091		95,098	
		2214(6)							94,495		94,502	
		2382(7)							94,327		94,334	
		1725(8)							94,984		94,991	
	0862		2088(9)	—1219				95,483	94,621	+10	94,631	
		0925							94,558		94,568	
		1930							93,553		94,563	
		2929							92,554		92,564	
	2862							92,621		92,631		
	2731							92,752		92,762		
	0819		2081					94,221	93,402	+12	93,414	
			0831	—0012					93,390	+15	93,405	

$$-5,952 \quad +15 \quad -5,937$$

$$f_h = -5952 + 5937 = -15 \text{ мм}$$

$$\Delta_{ист} = + \frac{15}{6} = +2,5 \text{ мм}$$

$$f_{доп} = \pm 50 \sqrt{0,45} = \pm 0,33 \text{ мм}$$

и, глядя в зрительную трубу на рейку, передвигают ее над точкой вверх — вниз так, чтобы получить отсчет Π , равный вычисленному; тогда пятка рейки окажется на заданной отметке.

§ 5. Камеральные работы

Камеральная обработка материалов нивелирования делится на предварительные (обработка полевых журналов) и окончательные вычисления. При окончательных вычислениях оценивается точность результатов нивелирования, уравниваются результаты и вычисляются отметки точек.

Предварительные вычисления начинают с тщательной проверки всех записей и вычислений в журналах. Затем на каждой странице подсчитывают суммы задних (ΣZ) и передних ($\Sigma \Pi$) отсчетов и находят их полуразность. После этого вычисляют сумму средних превышений ($\Sigma h_{\text{ср}}$). Постраничным контролем вычислений является равенство

$$\frac{1}{2} (\Sigma Z - \Sigma \Pi) \approx \Sigma h_{\text{ср}}.$$

Расхождение объясняется возможными отклонениями вследствие округлений при выведении среднего.

При наличии отсчетов по верхней нити вычисляют суммы дальномерных расстояний и длину хода, считая коэффициент дальномера равным 200.

Окончательные вычисления начинаются с оценки точности результатов нивелирования путем определения величины невязки хода f_h как разности превышений, полученных между данными точками из нивелирования $h_{\text{п}}$ и известных h_0

$$f_h = h_{\text{п}} - h_0.$$

Величина полученных превышений $h_{\text{п}}$ равняется сумме постраничных сумм средних превышений по данному ходу

$$h_{\text{п}} = \Sigma (\Sigma h_{\text{ср}}).$$

В случае нивелирного хода, опирающегося на две твердые точки, известное превышение h_0 вычисляется как разность известных отметок конечной $H_{\text{к}}$ и начальной $H_{\text{н}}$ точек хода, и тогда

$$h_0 = H_{\text{к}} - H_{\text{н}}.$$

Если нивелирование производится по замкнутому полигону, то известное превышение h_0 будет равно нулю.

Висячие нивелирные ходы нивелируются дважды и тогда превышение h_0 вычисляется как полусумма превышений двух нивелирных ходов.

Качество нивелирования оценивается сравнением полученной невязки f_h с допустимой невязкой $f_{\text{доп}}$.

В нашем примере (табл. 5)

$$\begin{aligned} f_h &= -10,081 - (93,405 - 103,438) = \\ &= -48 \text{ мм} < f_{\text{доп}} = \pm 50 \sqrt{1,45} = \pm 60 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Распределение невязки производится с обратным знаком по-ровну на все станции; поправка вычисляется делением невязки на число станций n с округлением до целого миллиметра

$$\Delta_{1 \text{ ст}} = -\frac{f_h}{n}.$$

Т а б л и ц а 5

Ведомость
вычисления отметок реперов

Наименование и номер точек	Длина хода L , км	Превыше- ние среднее $h_{\text{ср}}$, м	Поправка Δ , мм	Превы- шения исправ- ленные $h_{\text{испр}}$, м	Отметки H , м
Стен. реп. 24					103,438
Врем. реп. 11	0,70	-1,876	+23	-1,853	101,585
Врем. реп. 12	0,30	-2,253	+10	-2,243	99,342
Грунт. реп. 25	0,45	-5,952	+15	-5,937	93,405
	1,45	-10,081	+48	-10,033	-10,033

$$h_n = -10,081 \quad h_0 = 93,405 - 103,438 = -10,033 \text{ м}$$

$$f_h = -10,081 + 10,033 = -0,048 \text{ м} = -48 \text{ мм};$$

$$f_{\text{доп}} = \pm 50 \sqrt{1,45} = \pm 60 \text{ мм};$$

$$\Delta_{1 \text{ км}} = -\frac{f_h}{L} = +\frac{48}{1,45} = +33 \text{ мм}.$$

Возможно также распределение невязки пропорционально дли-не хода между точками. При этом вначале находят $\Delta_{1 \text{ км}}$ — по-правку на 1 км делением всей невязки на всю длину хода, а затем вычисляют поправки на секции пропорционально их длинам.

Сумма всех поправок должна быть равна невязке с обратным знаком

$$\Sigma \Delta = -f_h.$$

Исправленные превышения вычисляются сложением средних превышений с поправками на станции, причем должно быть

$$\Sigma h_{\text{испр}} = \Sigma h_{\text{ср}} + \Sigma \Delta.$$

Отметки всех связующих точек вычисляются последовательным прибавлением превышений к отметке задней точки. Контроль вы-

числений состоит в равенстве суммы исправленных превышений разности отметок конечной и начальной точек на странице

$$\Sigma h_{\text{испр}} = H_{\text{к}} - H_{\text{н}}.$$

Заключительный контроль вычислений по всему ходу состоит в том, что последняя вычисленная отметка должна равняться известному ее значению.

Окончательная обработка журналов нивелирования для построения профилей ведется в самом журнале (см. табл. 3). Отметки связующих точек считают аналогично приведенному в табл. 5. Для вычисления отметок промежуточных точек на станции вначале находят отметку горизонта инструмента (ГИ) прибавлением заднего отсчета по черной стороне к отметке задней точки

$$(19) = (20) + (8).$$

Отметки промежуточных точек получают вычитанием соответствующих отсчетов по рейке из отметки ГИ

$$(21) = (19) - (9) \text{ и т. д.}$$

Обработку журнала нивелирования по односторонним рейкам с одним горизонтом инструмента можно вести с введением поправок в вычисленные отметки (см. табл. 4).

При этом оценку качества нивелирования производят обычным способом, а отметки всех точек вычисляют через горизонт инструмента.

Постраничным контролем правильности вычислений является равенство разности последней и первой отметок на странице в графе отметки вычисленные и суммы вычисленных превышений. Затем производится распределение невязки по ходам по тому же принципу, что и при двусторонних рейках, но исправляются уже вычисленные отметки с таким расчетом, чтобы при равномерном увеличении поправки последняя отметка была исправлена на величину полной невязки. Все отметки промежуточных точек на станции исправляются на поправку, вводимую в отметку задней точки на станции.

Заключительным контролем правильности вычислений по ходу является равенство вычисленного значения отметки последней точки ее истинному значению.

Уравнивание систем линий технического нивелирования производится способом узлов. Порядок работы при этом рассмотрен на случае системы с одной узловой точкой.

Вначале составляют немасштабную схему нивелирных ходов, где указывают отметки H_i исходных реперов, длины L_i ходов и число n_i станций от реперов до узловой точки, суммы измеренных превышений h_i по ходам (рис. 11). Затем вычисляют веса нивелирных линий

$$P_i = \frac{c}{n_i} \text{ или } P_i = \frac{c}{L_i},$$

где c — постоянный коэффициент, величина которого выбирается из удобства вычислений (значения P должны быть в пределах 1—10). После этого определяют частные значения отметки H'_i узловой точки по суммам измеренных превышений h_i по каждому ходу как $H'_i = H_i + h_i$ и из всех частных значений вычисляют вероятнейшее (среднее весовое) значение отметки точки

$$H_E = \frac{\sum (P_i \cdot H'_i)}{\sum P_i}.$$

Невязки в ходах вычисляют как разности частных значений отметки узловой точки и ее вероятнейшего значения

$$f_i = H'_i - H_e.$$

Качество нивелирования оценивается аналогично одиночным ходам сравнением полученных невязок с допустимыми.

Уравнивание более сложных систем нивелирных ходов может производиться способом эквивалентной замены.

После уравнивания ходов и вычисления отметок точек составляется ведомость отметок точек хода и отчет о выполненной работе. Сдаче подлежат: все полевые журналы, ведомости отметок точек, схема ходов и технический отчет. В отчете необходимо отразить условия работы, применяемые инструменты, методы наблюдений и обработки, исходные данные, краткие результаты работ, а также состав исполнителей, оснащенность, плановые и фактические сроки выполнения работы и замечания по организации работы.

Все документы должны быть подписаны, пронумерованы и сброшюрованы или сложены в папки с составлением описей.

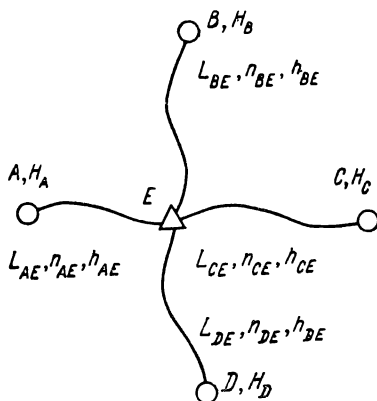


Рис. 11. Схема нивелирных ходов с одной узловой точкой.

§ 6. Особенности работы с нивелиром НЛ-3 (с наклонным лучом)

Нивелиром НЛ-3 обычно работают «из середины» (см. рис. 5). После установки инструмента по круглому уровню производят дальномерный отсчет по рейке и заносят его в журнал в графу 2 (табл. 6). Затем среднюю нить сетки наводят на одно из дециметровых делений рейки с таким расчетом, чтобы при горизонтальном положении оси цилиндрического уровня высотный штрих

Журнал технического нивелирования наклонным лучом (нивелир НЛ-3).

Ход от реп. 43 до реп. 44

Номера пунктов и реперов	Дальность рас- стояния, м	Отсчеты по рейке, м				Разности, м		Превышения, м					отметки H , м	Примечание
		задние		передние		$8(u - v)$	$10(v - b)$	удвоенные		полученные $h_{\text{получ}}$	поправки Δ , мм	$h_{\text{исправленные}}$		
		u	a	u	b			$h_{\text{выч}}$	$h_{\text{ср}}$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Реп. 43	92,0 91,5 1,500 1,400		1,862 1,780										200,000	
ПК 10	100,5 101,5 1,500 1,400		2,962 2,880 1,500 1,400	0,214 0,135		0 0	+16,48 +16,45	+16,48 +16,45	+16,465	+8,232	+5	+8,237	208,237	$H_K = 220,939$ $H_H = 200,000$
ПК 11	159,5 156,0 1,500 1,400		1,418 1,339 1,500 1,400	0,125 0,047		0 0	+28,37 +28,33	+28,37 +28,33	+28,350	+14,175	+5	+14,180	222,417	$h_0 = +20,939$
ПК 12	25,0			1,500 1,611		0	-01,93	-01,93	-1,930			-0,965	221,452	
ПК 13	145,0 148,8 1,500 1,400		0,816 0,734 1,500 1,400	0,681 0,600		+0,8 +0,8	+07,37 +07,39	+08,17 +08,19	+8,180	+4,090	+5	+4,095	226,512	
Реп. 44	103,0 104,5			1,500 1,400	1,931 1,850	0 0	-11,15 -11,16	-11,15 -11,16	-11,155	-5,578	+5	-5,573	220,939	
	$L = 1202,3$		13,791		5,583	+1,6	+82,08	+83,68	+41,840	$h_H = +20,919$	+20		+20,939	

$$f_h = +20,919 - 20,939 = -0,020 = 20 \text{ мм}$$

$$f_{\text{доп}} = \pm 50 \sqrt{1,2} = \pm 55 \text{ мм}$$

$$\Delta_{\text{ист}} = + \frac{20}{4} = +5 \text{ мм}$$

попал на рейку. Отсчеты по средней нити n_a и по высотному штриху a заносят в графы 3 и 4 при взгляде на заднюю рейку и в графы 5 и 6 — при взгляде на переднюю рейку (n_b , b) на каждой станции. Затем для контроля берут отсчеты еще раз, сдвинув среднюю нить сетки на 1—2 дм. Контролем правильности отсчетов будет равенство

$$(a_1 - a_2) = 0,8 (n_1 - n_2) \pm 3 \text{ мм.}$$

Камеральная обработка журнала нивелирования начинается с вычисления разностей $[8(n_b - n_a)]$ в графе 7 и $[10(a - b)]$ в графе 8, а затем удвоенных вычисленных превышений в графе 9

$$2h = 8(n_b - n_a) + 10(a - b)$$

и их средних значений в графе 10. В графе 11 вычисляют полученные превышения, равные половине средних удвоенных.

При обработке журнала для контроля вычисляют суммы граф 2, 4, 6—11. На промежуточных точках берут по одному отсчету (ПК 12) и в постраничном суммировании эти числа не участвуют.

Контролем вычислений являются равенства:

$$\begin{aligned} 10(\Sigma a - \Sigma b) &= \Sigma 10(a - b); \\ \Sigma 8(n_b - n_a) + \Sigma 10(a - b) &= \Sigma h_{\text{выч}}; \\ \frac{1}{4} \Sigma h_{\text{выч}} &= \Sigma h_{\text{получ}} \pm 2 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Вычисление невязок и уравнивание ходов производится обычными методами.

Глава II

ВЫСОТНЫЕ ТЕОДОЛИТНЫЕ ХОДЫ

§ 7. Особенности и точность высотных теодолитных ходов

Принципиальное отличие высотных теодолитных ходов от ходов геометрического нивелирования заключается в определении превышений по углу наклона визирного луча и расстоянию между точками (рис. 12). Превышения вычисляются по формуле одно-стороннего тригонометрического нивелирования

$$h = h' + i - l, \tag{1}$$

где i — высота инструмента, l — высота визирования (высота

рейки от плоскости пятки до видимого положения на ней средней нити).

Величина h' вычисляется по формулам

$$-h' = d \operatorname{tg} \alpha, \quad (2)$$

если измерено горизонтальное проложение d расстояния между точками (α — угол наклона визирного луча);

$$-h' = D \sin \alpha, \quad (3)$$

если измерено наклонное расстояние D , и

$$-h' = \frac{1}{2} Kn \sin 2\alpha, \quad (4)$$

если расстояние определено нитяным дальномером (здесь K — коэффициент дальномера, n — дальномерный отсчет по рейке).

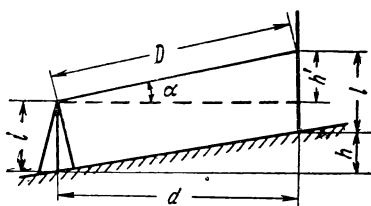


Рис. 12. Схема тригонометрического нивелирования.

Вычисления при определении превышений в высотных теодолитных ходах сложнее, чем при геометрическом нивелировании, однако количество станций для определения превышений, особенно в пересеченной и горной местности, значительно меньше и производительность труда выше. Кроме того, при проложении высотных теодолитных ходов возможно определение пла-

нового положения точек, если измерять и горизонтальные углы между направлениями.

Применение упрощенных формул тригонометрического нивелирования без учета влияния кривизны Земли и рефракции оправдано тем, что длины визирных лучей не превосходят 150—200 м и нивелирование ведется, как правило, из середины или в прямом и обратном направлениях. До последнего времени наибольшее распространение находили высотные теодолитные ходы, называемые тахеометрическими, когда расстояния определяются при помощи нитяного дальномера или диаграммы в трубе, а превышения или вычисляются по формулам 1 и 4, или определяются по диаграмме (в тахеометрах-автоматах).

Точность определения превышений в таких ходах невелика: порядка ± 40 мм на 100 м, а невязки в замкнутых ходах не должны превышать $\pm 0,04 \frac{s}{\sqrt{n}}$ (см), где s — длина хода в метрах, n — число линий.

В связи с развитием геодезического приборостроения и массовым изготовлением оптических дальномеров и теодолитов (особенно теодолитов с компенсаторами при вертикальном круге) все

большее распространение получают высотные теодолитные ходы, способные заменять ходы технического нивелирования. Это достигается правильным подбором инструментов и соответствующей методикой измерений с учетом величины углов наклона, точности их

Таблица 7

Ожидаемые средние квадратические ошибки в ходах тригонометрического нивелирования в мм на 1 км

а) $m_d : d = 1:2000$

α°	$m_\alpha = \pm 5''$				$m_\alpha = \pm 10''$			
	$d=50 \text{ м}$	$d=100 \text{ м}$	$d=150 \text{ м}$	$d=200 \text{ м}$	$d=50 \text{ м}$	$d=100 \text{ м}$	$d=150 \text{ м}$	$d=200 \text{ м}$
5	11 8	16 11	20 14	22 16	15 11	21 15	25 18	29 20
10	21 15	30 21	36 25	41 29	23 16	32 23	40 28	46 32
15	31 22	44 31	53 37	62 44	32 23	46 32	56 40	65 46
20	41 29	58 41	72 51	83 59	43 30	61 43	75 53	86 60

б) $m_d : d = 1:5000$

α°	$m_\alpha = \pm 5''$				$m_\alpha = \pm 10''$			
	$d=50 \text{ м}$	$d=100 \text{ м}$	$d=150 \text{ м}$	$d=200 \text{ м}$	$d=50 \text{ м}$	$d=100 \text{ м}$	$d=150 \text{ м}$	$d=200 \text{ м}$
5	7 5	10 7	12 8	13 9	12 8	16 11	20 14	23 16
10	10 7	14 10	17 12	19 13	14 10	20 14	24 17	28 20
15	13 9	19 13	23 16	27 19	17 12	24 17	29 21	34 24
20	18 13	25 18	30 21	35 25	21 15	29 20	36 25	41 29

Примечание. Первый ряд цифр для каждого угла наклона — ошибки одностороннего нивелирования; второй ряд — двустороннего (в прямом и обратном направлениях).

измерения и точности измерения расстояний, а также допустимой величины визирных плеч.

Для ориентирования при выборе инструментов и методов ведения работ в табл. 7 приведены результаты предварительного расчета точности высотных теодолитных ходов в зависимости от основных параметров: длины визирного луча, ошибок определения углов наклона, ошибок измерения расстояний.

Анализ результатов вычислений позволяет считать, что если измерять расстояния с относительными средними квадратическими ошибками $1:2000$, а углы со средними квадратическими ошибками $\pm 5''$, то можно прокладывать высотные теодолитные ходы с точностью технического нивелирования (средняя квадратическая ошибка ± 25 мм на 1 км) в следующих условиях:

- при одностороннем определении превышений визирными лучами длиной 100 м на местности с углами наклона до 8° и визирными лучами длиной 200 м на местности с углами наклона до 6° ;

- при двустороннем нивелировании определение превышений в прямом и обратном направлениях уменьшает ошибки нивелирования в $\sqrt{2}$ раз и дает возможность получить точность технического нивелирования при уклонах местности до 12° при $d=100$ м и до 8° при $d=200$ м;

- дальнейшее увеличение точности достигается уменьшением длины визирного луча и при $d=50$ м двустороннее тригонометрическое нивелирование взамен технического возможно на местности с углами наклона до 20° .

Если измерять расстояния с относительными средними квадратическими ошибками $1:5000$ при тех же ошибках измерения углов, то точность технического нивелирования может быть достигнута в следующих условиях:

- при одностороннем нивелировании лучами в 100 м на местности с углами наклона до 20° и лучами в 200 м — с углами наклона до 14° ;

- при двустороннем нивелировании возможно получить ± 25 мм на 1 км на местности с углами наклона до 30° .

В табл. 7 приведены также ожидаемые ошибки нивелирования, позволяющие определить условия, в которых возможно получить точность технического нивелирования при измерении углов с ошибками $\pm 10''$.

§ 8. Инструменты для прокладывания высотных теодолитных ходов

Для измерения вертикальных углов в высотных теодолитных ходах применяются оптические теодолиты. Расстояния определяются, как правило, оптическими дальномерами.

Возможно определение расстояний и другими способами: по постоянному вертикальному или горизонтальному базису, лентой

Таблица 8

Технические характеристики теодолитов и тахеометров

Тип теодолита, страна-из- готовитель	Зрительная труба			Лимбы и отсчетное устройство							Цена деления уровней на 2 мм дуги				Масса, кг	
	увеличение	Угол поля зрения тру- бы	наименьшее рассто- яние визирования, м	диаметры лимбов, мм		Цена деления	отсчетное устройство	точность отсчета	компенсатор: диапазон точность	средняя квадратиче- ская ошибка изме- рения угла из одного приема	на алидаде		круглого	накладного	теодолита	штатива
				горизонталь- ного	вертикального						горизонталь- ного круга	вертикально- го круга				
T30, СССР	20 ^x	2°	1,0	70	70	10'	Штриховой микроскоп	1'	—	30"	45"	—	—	—	2,0	3,8
T10, СССР	25 ^x	1°30'	1,5	90	70	1°	Шкаловой микроскоп	0',1	—	7"	30"	15"	—	—	3,5	5,3
T5K, СССР	27 ^x	1°30'	2,0	95	70	1°	То же	0',1	3',5 2"	7"	30"	—	10'	—	3,6	5,3
T2, СССР	25 ^x	1°30°	1,5	90	65	20'	Оптический микроскоп	1"	—	3"	15"	15"	—	10"	5,2	5,3
Theo 020, ГДР	25 ^x	1°65	2,1	96	74	1°	Шкаловой микроскоп	0',1	4' 1",5	4"	30"	—	8'	—	4,3	5,6
Theo 010, ГДР	31 ^x	1°,2	2,0	84	60	20'	Оптический микроскоп	1"	—	2"	20"	20"	6'	10"	5,3	5,6
Dahlita 020, ГДР	25 ^x	1°,3	3,0	94	74	1°	Шкаловой микроскоп	0',1	—	5"	30"	30"	8'	—	4,4	5,6
Redita 002, ГДР	25 ^x	1°,4	2,5	114	74	1°	То же	0',1	—	4—5"	30"	30"	8'	—	6,5	5,6

Примечание. Средние квадратические ошибки определения вертикальных углов определены по укрупненным от вероятнейшего.

или рулеткой, а также наиболее прогрессивными инструментами для определения расстояний — светодальномерами.

Теодолиты

В табл. 8 приведены технические характеристики наиболее распространенных в производстве теодолитов, изготавливаемых промышленностью СССР и ГДР.

Общим при создании всех современных теодолитов является стремление уменьшить влияние внешних факторов: все части размещаются внутри корпуса. Одновременно производится унификация многих деталей: одинаковые для всех теодолитов зажимные и наводящие винты, одинаковые подставки (трегеры), позволяющие работать по трехштативной системе, и т. д. Это касается как отечественных инструментов, так и инструментов, выпускаемых зарубежными предприятиями.

Теодолит Т30 (рис. 13, а) является повторительным угломерным инструментом, заменившим широко применяемый теодо-

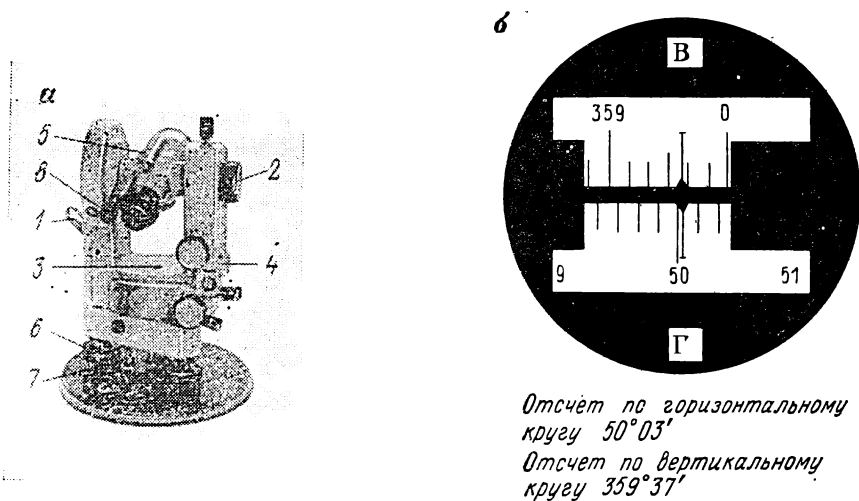


Рис. 13. Теодолит Т30 и поле зрения его отсчетного микроскопа.

лит ТОМ. Назначение теодолита — измерение горизонтальных и вертикальных углов со средней квадратической ошибкой из одного приема $\pm 30''$ в теодолитных и тахеометрических ходах, при создании плановых и высотных сетей и разбивочных работах. По сравнению с теодолитом ТОМ теодолит Т30 имеет значительные усовершенствования: улучшено освещение поля зрения (рис. 13, б) оптического микроскопа зеркалом (1, рис. 13, а); головка 2 винта

для наведения трубы на резкость по предмету вынесена на стойку, повышено качество изображения зрительной трубы. Впервые в практике отечественного приборостроения применен оригинальный способ центрирования при помощи зрительной трубы после установки ее в отвесное положение через отверстие 3 в алидаде. Для установки теодолита применен один цилиндрический уровень 4 на горизонтальном круге.

Порядок центрирования инструмента с оптическим центриром при наличии нитяного отвеса следующий. Вначале центрируют инструмент нитяным отвесом с точностью 1—2 см. Затем, убрав отвес или сняв его совсем, горизонтируют инструмент подъемными винтами, глядя в окуляр оптического центрира (у Т30 — в окуляр зрительной трубы при отсчете по вертикальному кругу, равном $MO + 90^\circ$), передвижением инструмента по головке штатива без разворотов. После этого закрепляют становой винт и подправляют горизонтирование. Если центрирование при этом будет нарушено на недопустимую величину, необходимо уточнить его вновь передвижением теодолита по головке штатива.

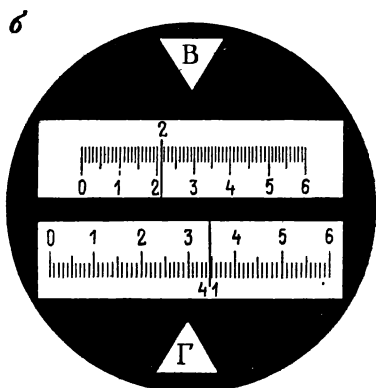
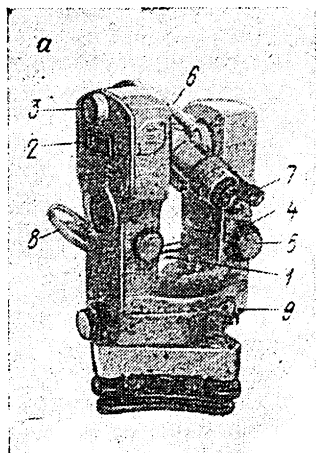
При работе без нитяного отвеса инструмент вначале грубо центрируют на глаз с точностью 5—10 см. Затем исполнитель, глядя в окуляр центрира и передвигая две ножки штатива, визирует центрир на точку и вдавливают башмаки штатива в грунт, стараясь привести пузырек уровня при алидаде горизонтального круга на середину. Более точное горизонтирование производится выдвижением ножек штатива (до ± 2 —3 делений уровня), а окончательное — подъемными винтами. Некоторое нарушение центрировки при этом устраняется передвижением инструмента по головке штатива без разворота (при ослабленном становой винте).

Грубое наведение визирной трубы на цель производится при помощи визиров 5, расположенных с двух сторон трубы. При работе с теодолитом Т30 необходимо помнить, что в основании подъемных винтов поставлены стальные шарики, которые могут утеряться, если ослабить натяжение плоской становой пружины винтами 7.

Малый вес теодолита, удобное размещение деталей, хорошие оптические качества, простота отсчета по штриховому микрометру 8 делают этот прибор незаменимым для разбивок в условиях строительных площадок, при прокладывании тахеометрических ходов в сложных условиях.

Теодолит Т10 (рис. 14, а) — оптический повторительный угломерный инструмент, предназначенный для измерения горизонтальных и вертикальных углов при создании аналитических сетей и полигонометрии 1 и 2 разрядов; он может быть с успехом применен и при работах низшей точности, в том числе и при прокладывании высотных теодолитных ходов для измерения углов со средними квадратическими ошибками из одного приема $\pm 7''$. Теодолит снабжен цилиндрическими уровнями при алидаде горизонтального 1 и вертикального 2 кругов; изображение концов уро-

вня при алидаде вертикального круга рассматривается через лупу 3. Соосно расположенные зажимные 4 и наводящие 5 винты, размещение оптического отвеса в алидадной части, наличие визиров 6 для предварительного визирования на цель, шкаловой микроскоп



*Отсчет по горизонтальному
кругу $41^{\circ}34'5''$
Отсчет по вертикальному
кругу $2^{\circ}21'0''$*

Рис. 14. Теодолит Т10 и поле зрения его отсчетного микроскопа.

скоп 7 для отсчитывания с зеркалом 8, возможность одновременного наблюдения изображений горизонтального и вертикального кругов (рис. 14, б) делают инструмент удобным в обращении.

Для измерения горизонтальных углов методом повторений инструмент снабжен удобной защелкой 9 для перестановки лимба горизонтального круга вместе с алидадой теодолита. При центрировании инструмента резкого изображения сетки отвеса добиваются вращением диоптрийного кольца окуляра, а фокусирования оптического отвеса на точку — выдвиганием окулярной трубки.

Теодолит может быть укомплектован ориентир-буссолью и цилиндрическим уровнем для трубы, укрепляемым на место одного из визиров, что позволяет производить, при необходимости, нивелирование горизонтальным лучом. Согласно ГОСТ 10529—70 этот теодолит относится по точности к классу Т5.

Теодолит Т5 (рис. 15, а, б) — оптический угломерный инструмент с неповторительной системой осей и шкаловым микроскопом для отсчитывания направлений. Инструмент позволяет определять горизонтальные углы со средними квадратическими ошибками из одного приема не более $\pm 7''$.

Теодолит Т5 снабжен компенсатором при вертикальном круге, который автоматически компенсирует наклон оси вращения теодолита при измерении вертикальных углов. Для грубой установки

инструмента в рабочее положение имеется круглый уровень 1; точная установка производится по цилиндрическому уровню 2. Предварительное наведение трубы на цель делается при помощи визиров 3, укрепленных с обеих сторон трубы. Перестановка лим-

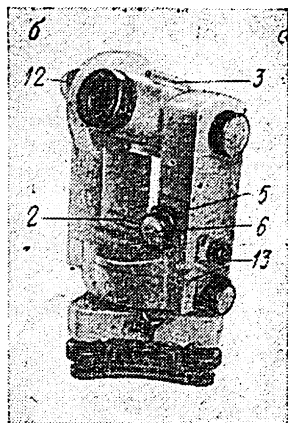
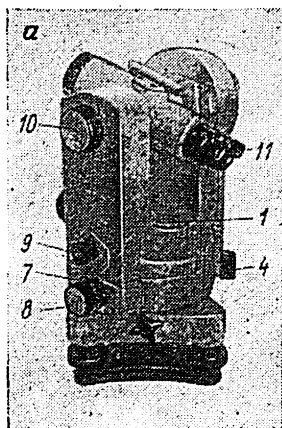


Рис. 15. Теодолит Т5.

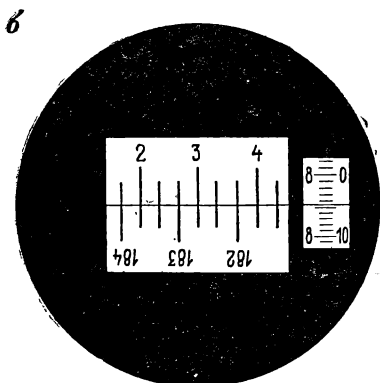
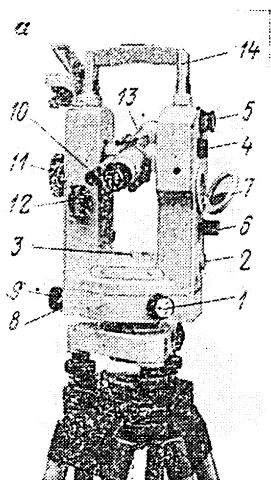
ба при измерении углов производится при помощи специальной головки с пружинным предохранителем 4 на алидаде горизонтального круга. Наводящие и зажимные винты трубы 5, 6 и алидады горизонтального круга 7, 8 размещены соосно; оптический центрир размещен в алидадной части 13, что значительно облегчает его применение и поверку. Головка фокусировочного винта 10 трубы для удобства вынесена на стойку трубы. Поле зрения отсчетного шкалового микроскопа 11 освещается зеркалом 12 и аналогично представленному на рис. 14, б.

Теодолит Т5, как и Т10, предназначен для создания аналитических сетей и полигонометрии 1 и 2 разрядов, но с успехом может быть применен при проложении высотных теодолитных ходов, особенно в комплекте с дальномерными насадками ДН-04 и ДНР-06, позволяющими определять расстояния. По ГОСТ 10529—70 теодолит Т5 изготавливается в двух вариантах: Т5 с уровнем и Т5К с компенсатором при вертикальном круге. Кроме того, по ГОСТ 10529—70 теодолиты Т5 снабжены повторительной системой осей и защелкой для точной перестановки лимба при повторениях (как у теодолитов Т10).

Теодолит Т2 (рис. 16, а) — точный оптический угломерный инструмент, предназначенный для измерения углов со средней квадратической ошибкой $\pm 3''$ из одного приема. Теодолит предназначен для производства работ при триангуляции и полигоно-

метрии 3 и 4 классов, но с успехом может применяться также для прокладывания высотных теодолитных ходов.

Инструмент имеет неповторительную систему осей; перестановка лимба осуществляется вращением головки барабана 1.



Отсчёт $2^{\circ}58'04,5''$

Рис. 16. Теодолит Т2 и поле зрения его отсчетного микроскопа.

Центрирование теодолита осуществляется оптическим центриром, окуляр 2 которого выведен на стойку трубы.

Для установки инструмента в рабочее положение при алидаде горизонтального круга имеется цилиндрический уровень 3. Цилиндрический уровень 4 при алидаде вертикального круга размещен в стойке трубы, изображение концов его пузырька рассматривается через лупу поворотной призмы 5, а ось уровня приводится в горизонтальное положение вращением головки 6. Для освещения отсчетных шкал микроскопа имеется поворотное зеркало 7. Зажимной 8 и наводящий 9 винты алидады (а также и трубы) расположены соосно. Для отсчитывания через микроскоп 10 применен двусторонний клиновой оптический микрометр с подвижной шкалой, барабан которого 11 выведен на стойку трубы. Отсчет по микрометру производится после точного совмещения штрихов лимба, расположенных через 180° , вращением барабана микрометра (рис. 16, б). При совмещении необходимо учитывать все деления, попадающие в поле зрения. Отсчет направления складывается из отсчета по лимбу по подписанному делению (расположенному в центре или первому слева) плюс число десятков минут между этим делением и соответственно ему расположенным через 180° и плюс отсчет по штриху микрометра. При горизонтальном

положении оранжевой полосы на рукоятке 12 (см. рис. 16, а) в поле зрения микроскопа вводится изображение горизонтального круга (двойные штрихи), при отвесном — вертикального, имеющего желто-зеленый фон и одинарные штрихи круга. Для грубого визирования на цель имеются визиры 13. Инструмент снабжен специальной ручкой — мостиком 14 для переноски его, крепления буссоли и электрифицированной вешки при работе ночью (теодолит может поставляться с приспособлениями для электрического освещения и без него).

Теодолит Theo 020 (рис. 17) народного предприятия «Карл Цейсс» (Иена, ГДР) по своим техническим данным близок к теодолиту Т5К. Он дает возможность определять горизонтальные и вертикальные углы со средними квадратическими ошибками из одного приема $\pm 4''$. Инструмент имеет повторительную систему осей; для перемещения лимба с алидадой имеется защелка, что позволяет измерять горизонтальные углы методом повторений. Теодолит имеет зажимные винты 1, 2 рычажного типа, наводящие 3 обычного типа и оптический отвес, окуляр 4 которого вынесен на алидаду.

Вместо уровня на вертикальном круге имеется компенсатор.

Производство отсчетов ведется при помощи шкалового микроскопа 5 с оценкой доли деления на глаз до $\pm 0,1$ при одновременной передаче в поле зрения изображения делений горизонтального и вертикального кругов (аналогично Т5 и Т10). Шкалы отсчетного микроскопа освещаются зеркалом.

В последнее время предприятие выпускает теодолиты Theo 020А улучшенной конструкции по сравнению с Theo 020.

Теодолит Theo 010 (см. табл. 8) народного предприятия «Карл Цейсс» (ГДР) по техническим характеристикам близок к отечественному теодолиту Т2 (средняя квадратическая ошибка измеренных углов из одного приема $\pm 2''$). Так же, как и у Т2, система осей у Theo 010 неповторительная; Theo 010 снабжен зеркально-линзовой трубой.

В последних моделях (Theo 010А) имеются значительные улучшения конструкции.

Далта 010 (рис. 18,а) — универсальный тахеометр-автомат народного предприятия «Карл Цейсс» (ГДР). Инструмент предназначен в первую очередь для производства тахеометрической съемки и прокладывания высотных теодолитных и тахеомет-

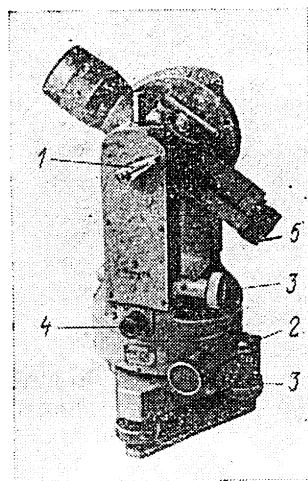


Рис. 17. Теодолит Theo 020.

рических ходов, для чего в поле зрения зрительной трубы имеются кривые для определения редуцированного расстояния (с коэффициентом $K=100$ и 200) и кривые для определения превышений (с коэффициентами $k=10, 20, 50$ и 100 — рис. 18,б). По данным

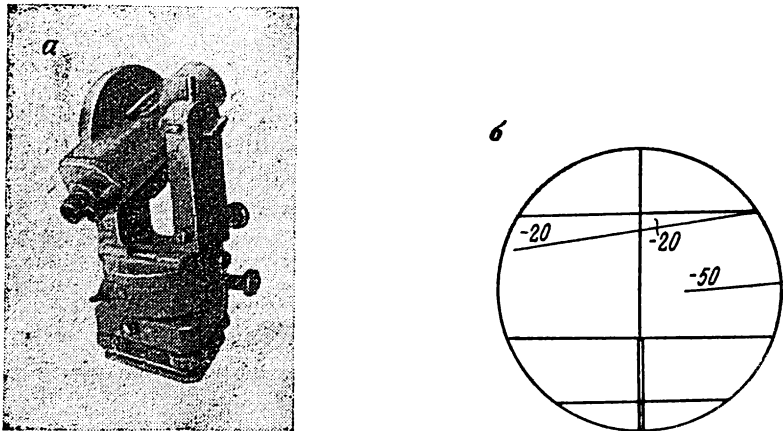


Рис. 18. Тахеометр-автомат Dahlta 010 и поле зрения его визирной трубы.

предприятия-изготовителя средняя квадратическая ошибка определяемого расстояния 100 м по кривой с коэффициентом $K=100$

Технические характеристики отече

Обозначение дальномера		Конструкция дальномера (тип)	Посадочный диаметр насадок, мм	Величина горизонтального базиса, мм	Длина вертикальной рейки, мм	Цена делений рейки, см
новое (по ГОСТ)	старое					
ДН-02	ОТД	Самостоятельный прибор	—	2000	2000	$\frac{40,0}{40,4}$
ДН-04	ДД-3	Насадка	46	—	2000	$\frac{2}{5}$
ДНР-06	ДАР-100	Насадка	46	—	2150	$\frac{2}{3}$
ДН-10	ДД-5	Насадка	38	—	1500	$\frac{2}{5}$

равна $\pm 0,10$ м, превышений по кривой с $K=10$ — ± 3 см, $K=20$ — ± 5 см, $K=50$ — ± 10 см и $K=100$ — ± 15 см. Средняя квадратическая ошибка определения угла из одного приема равна 3—4". Теодолит снабжен компенсатором при вертикальном круге с диапазоном действия $\pm 4'$ и средней квадратической ошибкой установки $\pm 0'',5$. Для горизонтирования инструмента имеются круглый и цилиндрический уровни. Для центрирования прибор снабжен оптическим центриром, окуляр которого выведен на алидаду. Отсчеты направлений по вертикальному и горизонтальному кругам производятся при помощи шкалового микроскопа, поле зрения которого аналогично теодолиту Т10 (см. рис. 14,б). Для измерения углов методом повторений имеется защелка, позволяющая скреплять лимб с алидадой; зажимные винты алидады и трубы — рычажного типа.

В последнее время предприятие «Карл Цейсс» (ГДР) выпускает теодолиты Dahlta 010A — улучшенный вариант Dahlta 010, в котором применены унифицированные детали, одинаковые для теодолитов Theo 010A, 020A и Dahlta 010A; зажимные винты установлены соосно с наводящими. Инструмент изготавливается с лимбами, имеющими градусные или градовые деления.

Из всех рассмотренных приборов Dahlta 010 является наиболее удобным инструментом для прокладывания тахеометрических высотных ходов.

Дальномеры

Для определения расстояний до 200 м с относительными средними квадратическими ошибками порядка 1:2000 в производстве

Таблица 9

ственных оптических дальномеров

Диапазон работы		Средняя квадратическая ошибка в определении расстояний 100 м, см		Масса, кг		Коэффициент дальности
по расстоянию, м	по углу наклона	по горизонтальной рейке	по вертикальной рейке	прибора (насадки)	рейки	
40—400	$\pm 30^\circ$	± 2	± 3	3,200	3,200	—
20—180	$\pm 30^\circ$	± 4	± 5	0,170	4,8	100
10—200	$\pm 21^\circ$	—	± 5	0,120	3,5	100
20—160	$\pm 30^\circ$	—	± 10	0,060	2,9	200

применяются дифференциальные дальномеры ДД-3, ДАР-100, ДД-5, изготовленные отечественной промышленностью. Первые два применяются с теодолитами типа Т10, Т5, Т2, Theo 020, а ДД-5 — с теодолитами Т30 (ТОМ). Дальномерный комплект состоит из дальномерной насадки и двух реек специальной разграфки на инварной полосе.

Для определения расстояний до 400 м с относительными средними квадратическими ошибками не более 1:5000 применяется оптический дальномер ОТД.

Технические характеристики отечественных оптических дальномеров приведены в табл. 9.

Дальномерная насадка ДД-3 (рис. 19) предназначена для определения расстояний 20—180 м со средними квадратическими ошибками около ± 5 см. Расстояние определяется по формуле

$$D = Kn + C,$$

где K — коэффициент дальномера, n — дальномерный отсчет по рейке; C — постоянная дальномера.

ДД-3 — дальномер с постоянным параллактическим углом и коэффициентом $K = 100$.

Параллактический угол создается двухклиновым компенсатором, закрывающим половину поля зрения и отклоняющим визирный луч на угол $\beta_0 = 34'22''{,}6$.

Вторая половина поля зрения перекрыта плоскопараллельной пластинкой, и визирный луч через нее идет без отклонения. Дополнительное увеличение клиновым компенсатором на 90:89 позволяет уточнить отсчет по дальномерной рейке при помощи верньера (рис. 20, б). Дальномерная рейка (рис. 20, а) снабжается круглым уровнем и подпорам, с обеих сторон на ней нанесены деления по 2 см

(или по 2 и 5 см на разных сторонах); деления и верньер нанесены так, что постоянная дальномера C на основной стороне равна нулю, а на дополнительной — 11,111 м.

Определение расстояний дифференциальным дальномерным комплектом по вертикальной рейке производится в следующем порядке.

1. Насадку закрепляют на трубе, чтобы разделительный штрих был отвесным.

2. На точке, до которой определяется расстояние, отвесно по уровню устанавливают дальномерную рейку.

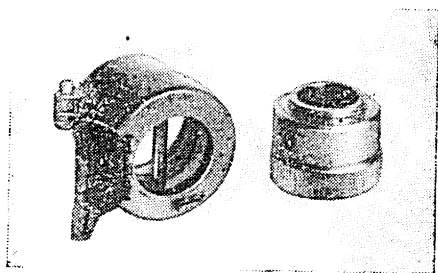


Рис. 19. Дальномерная насадка ДД-3 с противовесом.

3. Наводят визирную ось трубы с насадкой на рейку так, чтобы разделительная линия прошла точно по середине рейки, а средняя нить сетки поместилась в пределах изображения верньера рейки. При этом изображения концов делений рейки и верньера должны касаться.

4. Наводящим винтом трубы вращают ее в вертикальной плоскости, чтобы совместить один из штрихов верньера со штрихом рейки (средняя нить сетки не должна выходить за пределы верньера).

5. Отсчет складывается из (см. рис. 20,б):

а) числа полных делений рейки до нуля верньера;

б) числа делений верньера от нулевого до совпадающего с делением рейки;

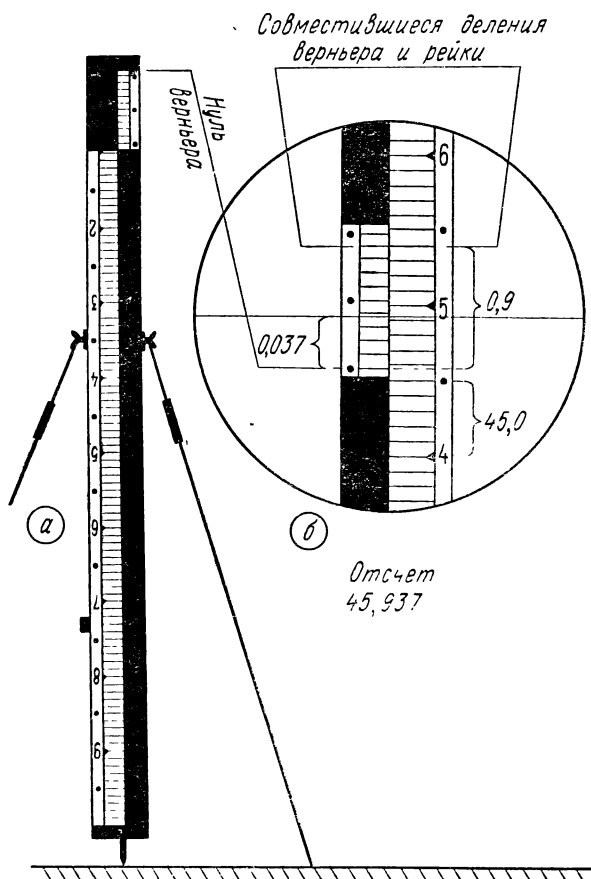


Рис. 20. Дальномерная рейка из комплекта ДД-3 и пример отсчета по ней.

в) числа делений верньера от нулевого до среднего штриха сетки.

При коэффициенте дальномера, равном 100, и двухсантиметровых делениях рейки для определения расстояния необходимо произвести два отсчета и сложить их, что и дает определяемое расстояние. При отсчетах по контрольной стороне необходимо учитывать величину постоянной дальномерной насадки.

Для приведения расстояний, определяемых насадкой ДД-3, к горизонтальному проложению d применяется формула

$$d = D \cos^2 (\alpha + 17', 2) \text{ или } d = D - \Delta D,$$

где

$$\Delta D = D \sin^2 (\alpha + 17', 2),$$

где α — угол, определенный при визировании на совмещенный штрих верньера при закрытой шторке насадки.

Дальномерные насадки ДД-5 и ДАР-100 отличаются от ДД-3 конструктивно, но правила пользования ими такие же; дальномерная насадка ДАР-100 дает возможность определять горизонтальное проложение длин линий.

Дальномер ОТД (рис. 21,а) — оптический дальномер с базисом, устанавливаемым на точке, до которой определяется расстояние. В дальномере имеется комбинированное оптическое устройство для измерения параллактических углов β до $5300''$. Дальномер ОТД выполнен в виде отдельного прибора на трегере с оптическим центриром 1 и уровнем. Дальномерное устройство может быть повернуто на 90° и зафиксировано защелкой 2.

Для отсчитывания параллактических углов β имеется шкала, изображение которой помещено в верхней части поля зрения визирной трубы (рис. 21,б). Рейки, применяемые в комплекте ОТД, размером 2,16 м (рис. 22) изготовлены из дюралюминия и имеют пять отрезков по 400 мм на одной стороне и по 404 мм на дру-

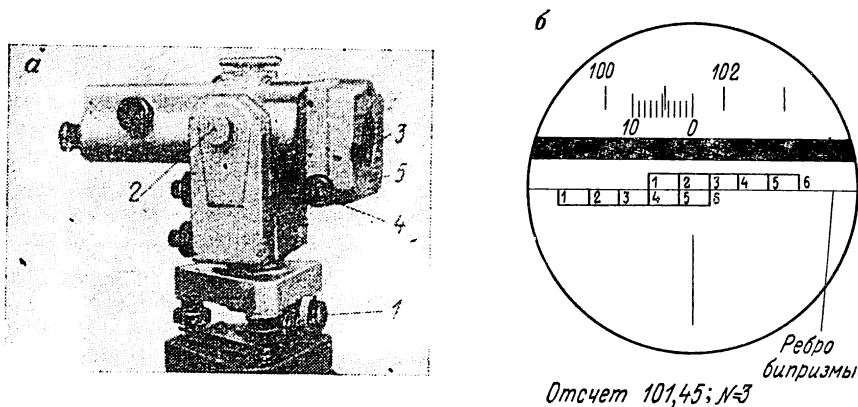


Рис. 21. Дальномер ОТД и поле зренья его визирной трубы.

гой; отрезки, именуемые малыми базисами (базами), размещены на раме 1 и ограничены черными полосами на желтом фоне.

Рейки снабжены цилиндрическими втулками 2 и уровнями 5 для установки в горизонтальное или вертикальное положение, а также оптическим визиром 3 для установки перпендикулярно к визирному лучу дальномера. Температура

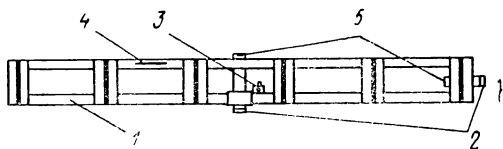


Рис. 22. Дальномерная рейка из комплекта ОТД.

рейки определяется по термометру 4. Коэффициент K дальномера ОТД определяется для малых базисов.

Расстояние при помощи ОТД вычисляется по формуле

$$D = D' + C,$$

где $C = 0,119$ м — постоянная дальномера,

$$D' = \frac{NK}{\beta},$$

N — число малых базисов (баз), использованных для определения расстояния при определении угла β , причем

$$\beta = \beta_k + \beta_n,$$

где β_k — постоянный угол, образуемый постоянным клином, β_n — переменный угол, образуемый компенсатором (может быть положительным и отрицательным).

При вычислении горизонтального проложения d необходимо учесть поправку ΔD_t за температуру и поправку ΔD_α за наклон линии к горизонту, тогда

$$d = \frac{NK}{\beta_k + \beta_n} + C - \Delta D_\alpha + \Delta D_t. \quad (5)$$

Поправка ΔD_α определяется по формуле

$$\Delta D_\alpha = 2D \sin^2 \frac{\alpha}{2},$$

если рейка расположена горизонтально, и

$$\Delta D_\alpha = D \sin^2 \alpha,$$

если рейка расположена отвесно, причем для определения поправки ΔD при $\alpha \leq 10^\circ$ точность измерения углов должна быть не ниже $\pm 1'$, а при больших углах наклона — не ниже $\pm 0',3$. Угол α должен измеряться при наведении визирной оси на высоту инструмента (дальномера). Поправка за температуру определяется по таблице, имеющейся в паспорте дальномера.

Порядок работы при определении расстояний следующий.

1. Визирную ось наводят на рейку так, чтобы разделительная линия проходила через середину рейки. Переместив постоянный

оптический клин в верхнюю часть объектива (направив флажок 3 вверх), маховиком 4 (см. рис. 21,а) совмещают полуизображения марок до точного совпадения верхней и нижней половин и производят отсчет n'_1 по шкале при некотором числе N_1 малых базисов. Затем производят отсчет n'_2 при опущенном вниз флажке (постоянный клин в нижней части объектива), тогда

$$\beta_{n1} = n'_1 - n'_2.$$

2. Повторяют эти же операции при сдвижке N_2 базисов и определяют

$$\beta_{n2} = n''_1 - n''_2.$$

3. Вычисляют

$$\beta_k = \frac{N_1\beta_{n2} - N_2\beta_{n1}}{N_2 - N_1}. \quad (6)$$

4. Измеряют вертикальный угол α и определяют дважды расстояние d по формуле (5) по β_{n1} , N_1 и β_{n2} , N_2 .

По ГОСТ 11356—65 должны изготавливаться следующие дальномеры:

— ДН-04 в виде насадки типа ДД-3 для измерения длин линий от 10 до 125 м со средней квадратической ошибкой не ниже ± 4 см на 100 м (1 : 2000).

— ДНР-06 в виде насадки типа ДАР-100 на трубу теодолита для измерения горизонтальных проложений от 20 до 200 м со средней квадратической ошибкой не ниже ± 6 см на 100 м (1 : 1600).

— ДН-10 в виде насадки типа ДД-5 на трубу теодолита Т30 для измерения расстояний 20—200 м со средней квадратической ошибкой не ниже 10 см на 100 м (1 : 1200).

— ДН-02 типа дальномера ОТД для определения расстояния 40—400 м со средней квадратической ошибкой не ниже ± 2 см на 100 м (1 : 5000).

Народным предприятием «Карл Цейсс» (Иена, ГДР) изготавливается редуцированный тахеометр-автомат Redta 002 (рис. 23,а). Инструмент снабжен оптико-механическим редуктором для получения горизонтальных проложений линий по горизонтально расположенной рейке со средними квадратическими ошибками не более 1 : 5000, а при тщательной работе в благоприятных условиях — до 1 : 10 000 и предназначен для измерения углов и линий при проложении теодолитных ходов и дальномерной полигонометрии. Горизонтальные и вертикальные углы могут измеряться со средними ошибками порядка ± 4 — $5''$.

Сочетание в Redta 002 теодолита средней точности с оптическим дальномером выгодно отличает его от других инструментов.

Для определения превышений на вертикальном круге Redta 002, кроме градусных делений, имеется шкала тангенсов углов накло-

на через 0,001 с указанием знака, соответствующего знаку угла наклона. Этот инструмент наиболее удобен для прокладывания высотных теодолитных ходов взамен технического нивелирования.

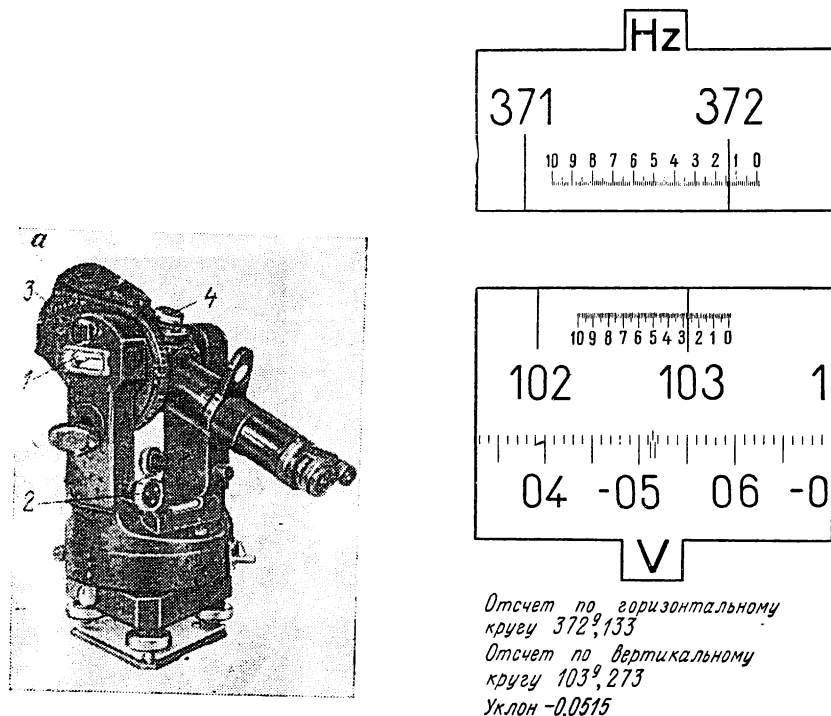


Рис. 23. Редукционный тахеометр-автомат Redta 002 и поле зрения его отсчетного микроскопа.

Для отсчета направлений инструмент снабжен шкаловым микроскопом с оценкой доли деления на глаз до 0,1 по горизонтальному кругу и 0,2— по вертикальному (рис. 23,б). Вертикальный круг снабжен цилиндрическим уровнем 1 (см. рис. 23,а), пузырек которого приводится на середину наводящим винтом 2. Изображение концов уровня передано в контактную призму 3. Расстояние определяется по рейке длиной 2,09 м (рис. 24) при помощи дальномера с коэффициентом $K=100$, причем постоянное слагаемое исключается соответствующей юстировкой отсчетных приспособлений. Во время определения расстояний рейка должна располагаться в горизонтальной плоскости перпендикулярно к линии визирования; для этого на ней имеется круглый уровень и специальный коллиматор, вертикальный штрих которого должен быть виден в рабочем положении в трубу теодолита. Разделительная линия дальномера должна наводиться строго на середину рейки.

При определении расстояния вращением дистанционного барабана 4, находящегося на трубе тахеометра (см. рис. 23,а), совмещают наиболее близко расположенные штрихи верньера со штрихами рейки и производят отсчет измеряемого расстояния, который складывается из отсчета по рейке до нуля верньера (1 дм рейки = 10 м расстояния, 2 см рейки = 2 м) плюс отсчет по верньеру до совпадающего штриха (каждое сдвинутое деление от нуля верньера до совпадающего штриха даст 0,2 м) и плюс сантиметры и миллиметры, отсчитанные с дистанционного барабана (одно целое деление барабана равно 1 см, доли его при оценке на глаз равны миллиметрам расстояния, см. рис. 24).

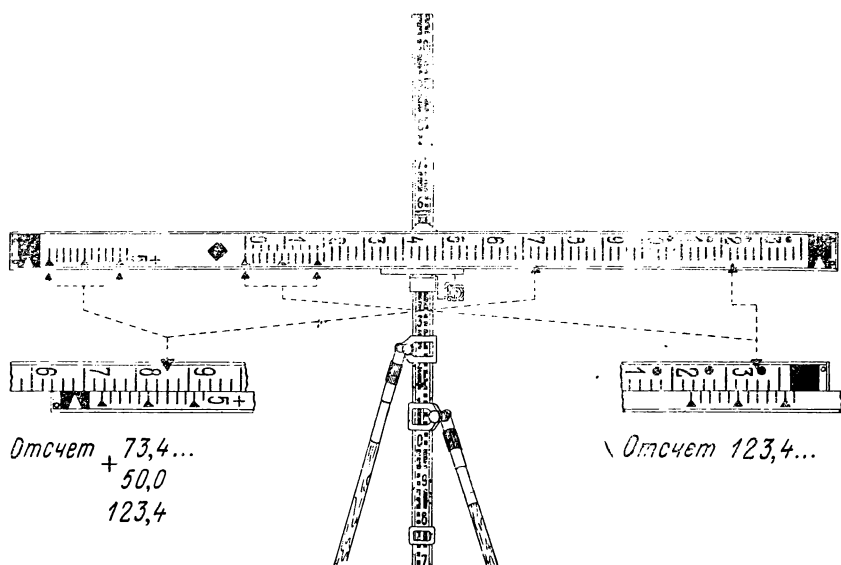


Рис. 24. Дальномерная рейка из комплекта Redta 002 и пример отсчитывания по ней.

На рейке для Redta 002 имеются два верньера; внутренний дает возможность определять расстояние до 122 м, а внешний — от 50 до 172 м; при использовании внешнего верньера отсчитанное расстояние увеличивается на 50 м.

При определении превышений тахеометром Redta 002 необходимо помнить, что при КЛ визирная ось зрительной трубы расположена выше оси вращения трубы на 2,2 см, а при КП — ниже на 2,2 см. Учитывая наличие на вертикальном круге двух типов делений, определение превышений можно производить либо без таблиц с использованием отсчетов тангенсов углов наклона, либо с применением таблиц превышений по измеренным углам наклона.

§ 9. Исследования теодолитов и оптических дальномеров

При исследовании теодолитов, кроме перечисленных в § 3 общих для нивелиров и теодолитов характеристик, определяются дополнительно следующие.

1. При наличии шкалового микроскопа или микроскопа-микрометра с подвижной шкалой определяется соответствие видимой величины одного деления круга видимой длине шкалы отсчетного микроскопа (их несоответствие называют реном).

Во время исследования шкалового микроскопа один из штрихов круга совмещают с началом шкалы, а по соседнему штриху круга производят отсчет на конце шкалы. Такие отсчеты делают по всему кругу через 30° и затем выводят среднее значение рена, которое должно быть в пределах точности отсчитывания. При необходимости исправление рена производится изменением увеличения отсчетного микроскопа (отдельно для горизонтального и вертикального кругов). Работа по исправлению ренов должна производиться в строгом соответствии с рекомендациями заводских инструкций для каждого инструмента.

При исследовании рена микроскопа с подвижной шкалой в начале вращением барабана начало шкалы совмещают со штрихом, затем наводящим винтом алидады круга совмещают деления круга со штрихом или с противоположными делениями, после чего вращением барабана совмещают соседние деления круга и производят отсчет по штриху шкалы микроскопа.

2. При наличии оптического центрира его труба должна давать четкое изображение сетки и предмета визирования. Исследование производится обычным способом, как и зрительной трубы инструмента: получение четкого изображения сетки осуществляется вращением диоптрийного кольца, предмета — выдвижением окулярной трубки от руки.

3. Для каждого теодолита необходимо тщательно определить коэффициент нитяного дальномера зрительной трубы. Определение производится при помощи базиса, разбитого на ровной местности на участки по 20 м со средней ошибкой не более 1:2000. Расстояния, определенные при помощи дальномера по рейке, сравнивают с известными из предварительных измерений базиса и выводят средний коэффициент дальномера для средних рабочих расстояний.

Полевые поверки и юстировки оптических теодолитов

1. Поверка уровней при алидаде горизонтального круга.

Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна, а ось круглого уровня — параллельна вертикальной оси вращения теодолита.

Поверка и юстировка производятся так же, как аналогичного условия у нивелиров.

2. Поверка сетки нитей зрительной трубы.

Вертикальная нить сетки зрительной трубы должна находиться в одной плоскости с вертикальной осью вращения теодолита.

Тщательно устанавливают вертикальную ось вращения теодолита в отвесное положение и наводят визирную ось зрительной трубы на хорошо видимую точку. Затем наводящим винтом вращают трубу вокруг горизонтальной оси; в исправном теодолите изображение точки не должно смещаться с вертикальной нити сетки. В противном случае ослабляют винты, крепящие окулярную часть трубы, и поворачивают ее вместе с сеткой так, чтобы изображение точки попало на вертикальную нить. Поверку повторяют.

3. Поверка коллимационной ошибки.

Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси ее вращения.

Поверка производится после установки теодолита в рабочее положение. На местности выбирают удаленную точку, расположенную примерно на одном уровне с трубой. После визирования на точку берут дважды по два отсчета на горизонтальном круге КР₁, КЛ₁, КР₂, КЛ₂ с переводом трубы через зенит и вычисляют два значения коллимационной ошибки c_1 и c_2

$$c_1 = \frac{\text{КР}_1 + \text{КЛ}_1 \pm 180}{2}, \quad c_2 = \frac{\text{КР}_2 + \text{КЛ}_2 \pm 180}{2};$$

если c_1 отличается от c_2 не более чем на двойную ошибку определения угла данным теодолитом, то вычисляют

$$c_{\text{ср}} = \frac{1}{2} (c_1 + c_2).$$

Затем исправляют последний отсчет на горизонтальном круге на величину $c_{\text{ср}}$ вращением наводящего винта алидады горизонтального круга, а отклонение визирной оси от точки визирования — горизонтально расположенными исправительными винтами сетки (при ослабленных вертикально расположенных винтах). Поверка, а при необходимости и юстировка, повторяется, пока величина $c_{\text{ср}}$ не будет в пределах двойной средней квадратической ошибки измерения угла данным теодолитом.

4. Поверка горизонтальной оси вращения трубы.

Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения теодолита.

Для производства этой поверки на местности выбирают точку, расположенную под углом 40—50° к горизонту. Визирную ось наводят на нее дважды — при круге право и круге лево и делают два отсчета КР и КЛ горизонтального круга.

В исправном теодолите должно соблюдаться условие

$$\text{КР} - \text{КЛ} - 180^\circ = 2c.$$

В противном случае инструмент необходимо отправить в мастерскую для ремонта. (У теодолита Т2 для этого есть исправительные винты на одной из стоек трубы.)

5. Поверка компенсатора при вертикальном круге теодолита. *При наклонах оси вращения теодолита в пределах работы компенсатора отсчет по вертикальному кругу при визировании на одну и ту же точку должен быть постоянным.*

Поверка производится аналогично исследованию правильности работы компенсаторов нивелиров (см. § 3). Исправление инструментов возможно только в мастерской.

6. Поверка места нуля (МО), или места зенита (Mz), вертикального круга.

Место нуля (или место зенита) вертикального круга должно быть равно нулю (или быть известно). Для определения места нуля на местности выбирают точку, расположенную на одном уровне с трубой. При визировании на эту точку делают два отсчета по вертикальному кругу $КП_1$ и $КЛ_1$ с обязательным приведением перед отсчетом пузырька уровня при алидаде вертикального круга на середину. Тогда

$$МО_1 = \frac{КП_1 + КЛ_1 \pm 180^\circ}{2}.$$

Затем это же повторяют при наведении на другую точку и при расхождении $МО_1$ и $МО_2$ не более чем на двойную точность определения угла выводят среднее значение МО.

Исправление МО (Mz) у разных теодолитов производится различно: у теодолитов уровенных для этого есть исправительные винты при уровне на алидаде вертикального круга; у теодолитов с компенсаторами — специальная юстировочная призма в оптической системе передачи изображения отсчетного штриха в микроскопе и т. д.

В теодолитах с уровнем при алидаде вертикального круга возможно исправление МО установкой его значения на вертикальном круге при положении пузырька уровня на середине. При указанном положении вращением наводящего винта алидады вертикального круга устанавливают отсчет, равный 0° (180° , 90° — в зависимости от характера делений), а затем юстировочными винтами уровня приводят его пузырек на середину.

Применяется также следующий способ исправления МО.

Берут два отсчета КП и КЛ при визировании на одну точку; по этим отсчетам вычисляют два значения угла наклона α_1 и α_2 в предположении, что $МО=0$, и выводят среднее значение угла наклона $\alpha_{ср} = \frac{1}{2} (\alpha_1 + \alpha_2)$. Не меняя положения трубы, наведенной на точку, на вертикальном круге вращением наводящего винта алидады вертикального круга устанавливают отсчет, соответствующий углу наклона $\alpha_{ср}$, считая $МО=0$. Затем юстировочными винтами уровня ликвидируют отклонение пузырька уровня от середины.

В теодолитах, имеющих уровень только при алидаде горизонтального круга, после вычисления $\alpha_{ср}$ отсчет, соответствующий

ему, устанавливают вращением наводящего винта трубы, а отклонение визирной оси от точки устраняют вращением вертикально расположенных исправительных винтов сетки.

В теодолитах с компенсаторами исправление МО производится либо так же, как в теодолитах с уровнем только при алидаде горизонтального круга, либо при наведении визирной оси на точку. Отсчет, соответствующий углу наклона $\alpha_{\text{ср}}$ при $\text{МО}=0$, устанавливается вращением специальной юстировочной призмы.

7. Поверка оптического отвеса теодолита.

Визирная ось оптического отвеса должна совпадать с осью вращения теодолита.

У инструментов, снабженных оптическими отвесами, встроенными в алидаду, эта поверка производится поворотом алидады на 180° после центрирования теодолита при отвесном положении вертикальной оси вращения теодолита. Если визирная ось оптического отвеса сместится с точки, то ее необходимо исправить на половину отклонения при помощи исправительных винтов, расположенных у окуляра под крышкой 13 (см. рис. 15,б).

Исследование дальномеров

При исследовании дальномеров основная задача состоит в определении характеристик: коэффициента дальномера, постоянной дальномера, постоянного угла клина.

Для ДД-3 определяется коэффициент дальномера K и постоянная C .

Определение коэффициента дальномера и его постоянной производится на базисе, созданном предпочтительно на ровной местности, чтобы не было необходимости вводить поправки за наклон линий. Точность измерения длин при создании базиса должна быть выше точности определения расстояний дальномером не менее чем в три раза. Интервалы базиса (20—24 м) для ДД-3 можно измерять компарированной рулеткой с динамометром с измерением температуры во время работы при фиксировании концов штрихами на кольях (средняя квадратическая ошибка 1:7000). Для ОТД базис должен измеряться при помощи проволок со средней квадратической ошибкой не грубее 1:20 000. Длина базиса должна соответствовать диапазону работы дальномера.

После измерения длин базиса их значения приводят к горизонту.

Для определения коэффициента и постоянной дальномеров типа ДД-3 теодолит с насадкой устанавливают на одном конце базиса, а затем на всех точках последовательно устанавливают дальномерную рейку, по которой производят отсчеты дальномерных расстояний не менее чем пятью приемами с выведением среднего (по каждой стороне рейки). Затем теодолит устанавливают на втором конце базиса и измерения повторяют. Одновременно с отсчетами по рейке производят отсчет по вертикальному кругу для

определения угла наклона визирной линии. В полученные средние значения расстояний вводят поправки за наклон.

Для определения постоянной дальномера вычисляют отклонения измеренных по дальномеру $d_{из}$ расстояний на базисе от их истинных значений d_i

$$\Delta_i = d_i - d_{из}.$$

Затем на миллиметровой бумаге строят график Δ_i по длине базиса (рис. 25). Соединив точки Δ_i , получают ломаную линию, осредняют ее и проводят до пересечения с осью ординат. Отрезок от начала оси ординат до пересечения ее с осредняющей линией дает величину постоянной C с соответствующим знаком.

По второй стороне рейки все операции ведут аналогично. Коэффициент дальномера вычисляют как частное от деления расстояния (измененного на величину поправки) на отсчет по рейке. Если объем дальномерных работ невелик, то поправки в измеренные расстояния могут быть получены с графика. При необходимости коэффициент дальномера может быть исправлен. Для этого теодолит с насадкой устанавливают на одном конце горизонтального базиса, а рейку на другом. Вращая юстировочные винты насадки, добиваются нужного отсчета по рейке с учетом постоянной. При наклонном базисе необходимо учесть угол наклона линии. С течением времени, при перестановке насадки на другой теодолит или при повторной установке ее, коэффициент дальномера меняется, поэтому его необходимо определять вновь.

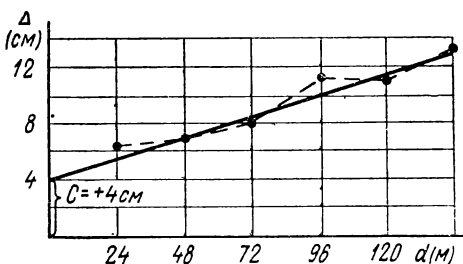


Рис. 25. График для определения постоянной дальномера ДД-3.

Для дальномера ОТД определяются две величины: коэффициент K дальномера и постоянный угол β_k клина. Определение K и β_k производится тем наблюдателем, который будет работать с дальномером, измерением параллактических углов по горизонтальной рейке не менее чем на 12 линиях базиса (от минимальной до максимальной). Интервалы базиса измеряют по обоим сторонам рейки с получением каждый раз двух углов: β_1 — максимального для данного отрезка при наибольшем числе N_1 баз и β_2 — при уменьшении баз на 1 или 0,5 ($N_2 = N_1 - 1$ или $= N_1 - 0,5$). Измерения ведут дважды, при установке дальномера на разных концах базиса и рейки — на концах всех интервалов. Для приведения линий к горизонту необходимо определять углы наклона линий. Затем по формуле (6) вычисляют измеренные значения β_{ki} .

Из 24 значений (по 12 базисов в прямом и обратном ходах) выводят среднее значение $\beta_{ки}$, которое необходимо привести к определенной температуре, лучше близкой к средней для данного времени года

$$\beta_k = \beta_{ки} + \delta\beta_k,$$

где

$$\delta\beta_k = \beta_{ки} 0,000007 (t - t_0),$$

t — температура определения $\beta_{ки}$, t_0 — температура, к которой приводится значение угла клина.

Параллактические углы, полученные по второй стороне рейки, базы которой отличаются на 1%, приводятся к масштабу первой стороны изменением измеренного значения β на 1% (допустимое расхождение β по первой и второй сторонам — 0,15 делений шкалы).

Коэффициент дальномера K для ОТД вычисляется по следующей формуле (из формулы определения расстояний):

$$K = (d - C + \Delta D_a - \Delta D_t) \frac{\beta}{N},$$

где d — горизонтальное проложение длины интервала базиса в метрах, полученное измерением проволокой; C — постоянная ОТД, равная 0,119 м; ΔD_a , ΔD_t — поправки за наклон и температуру во время дальномерных измерений; N — количество баз рейки при измерении угла; β — среднее значение угла из наблюдения первой и второй (после приведения) сторон.

Поверки дальномера ОТД

1. *Ребро бипризмы в поле зрения трубы должно быть горизонтально (отвесно при работе с вертикальной рейкой)* (см. рис. 21,б).

Поверку выполняют аналогично проверке сетки нитей: перемещением трубы наводящими винтами в азимутальной (вертикальной) плоскости.

Если линия сходит с изображения точки, исправление ОТД производится в мастерской.

2. *Щелевая диафрагма должна обеспечивать одинаковую равномерную освещенность верхней и нижней граней бипризмы.*

Проверка выполняется визуально, а юстировка — исправительными винтами диафрагмы.

3. *При наведении трубы дальномера на рейку полуизображения рейки не должны смещаться по высоте.*

Проверка выполняется визуально, а юстировка — исправительными винтами измерительной части компенсатора после съема передней крышки дальномера (5, рис. 21,а).

4. *Рен шкалы микроскопа должен быть не более толщины штриха.*

Поверка и исправление производятся аналогично исследованию река в теодолитах.

5. *Ось цилиндрического уровня дальномера должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения дальномера.*

Поверка и юстировка условия ведется обычным способом (см. поверки нивелира).

6. *Место нуля вертикального круга должно быть известно.*

Поверка производится либо установкой визирной оси в горизонтальное положение при помощи нивелира, либо сравнением вертикального угла, определенного обычным теодолитом, с отсчетом по вертикальному кругу дальномера по далеко (около 1 км) расположенной точке при установке теодолита и дальномера на один штатив поочередно.

7. *Визирная ось оптического отвеса должна совпадать с вертикальной осью вращения дальномера.*

Оптический отвес ОТД прикреплен к трегеру (см. рис. 21,а). Для производства поверки трегер крепят на штативе и устанавливают на него теодолит. На земле под штативом при помощи теодолита натягивают две нити, находящиеся во взаимно перпендикулярных отвесных плоскостях, проходящих через ось вращения теодолита. Затем визирную ось отвеса, если она не проходит через пересечение нитей, наводят на пересечение юстировочными винтами сетки оптического отвеса.

Поверки дифференциальных дальномеров

У дифференциальных дальномерных насадок поверяется одно условие: *разделительный штрих дальномера в рабочем положении должен быть отвесным.* Поверка производится визуально; при наведении дальномера на вертикально установленную рейку деления верньера должны касаться основных делений рейки.

Несоблюдение этого правила исправляется разворотом насадки на объективе теодолита после ослабления крепежных винтов.

Поверки дальномерных реек

1. *Соответствие длин реек их номинальным значениям должно быть в пределах 0,05 мм для ОТД и 0,1 мм для ДД-3.*

Поверка производится путем компарирования нормальным метром.

2. *Оси круглых уровней на рейках должны быть параллельны осям реек (у ДД-3) или осям посадочных втулок (у ОТД).*

Поверка реек ДД-3 производится установкой их вертикально при помощи отвеса из комплекта дальномера, а поверка реек ОТД — поворотом их на 180°. Уровни исправляются юстировочными винтами как обычно.

3. *Оси визиров на рейках ОТД должны быть перпендикулярны к плоскости реек.*

Условие поверяют при помощи двух вешек, установленных теодолитом по створам под 90° . Затем теодолит снимают с трегера и на его место ставят рейку в створ с одной из вех. При этом исправный визир должен быть ориентирован на другую вежу; отклонение ликвидируется перемещением визира в нужном направлении вместе с крепежным кронштейном.

§ 10. Полевые работы

При проложении теодолитных ходов измеряют вертикальные углы (углы наклона визирных линий), расстояния и горизонтальные углы (если прокладывают планово-высотный ход).

Углы наклона измеряют при двух положениях круга и вычисляют по формулам

$$\alpha = \frac{\text{КЛ} - \text{КП} - 180^\circ}{2}, \quad \alpha = \text{КЛ} - \text{МО}, \quad \alpha = \text{МО} - \text{КП} - 180^\circ$$

при применении Т30 и Т2 и по формулам

$$\alpha = \frac{\text{КП} - \text{КЛ} - 180^\circ}{2}, \quad \alpha = \text{КП} - \text{МО}, \quad \alpha = \text{МО} - \text{КЛ} - 180^\circ$$

при применении теодолитов Т10 и Т5. При применении других инструментов можно достаточно просто разобраться, какими из этих формул необходимо пользоваться. При вычислениях к величинам, меньшим 90° , прибавляют 360° .

За основное положение у теодолитов Т30, Т10, Т5 принят КП, у Т2 — КЛ.

В зависимости от необходимой точности определения превышений измерения ведут либо с каждого конца линии (в прямом и обратном направлениях), либо «через точку» (в одном направлении).

Контролем при измерении углов наклона служит постоянство значений места нуля с отклонениями от среднего значения не более чем на двойную предельную ошибку определения угла данным теодолитом.

Допустимая длина визирных плеч назначается исходя из соображений, высказанных в § 7; допустимая длина хода определяется из условия получения допустимой ошибки в определяемом превышении в наиболее слабом месте хода.

При выборе теодолита для работы с дальномерными насадками необходимо иметь в виду, что при укрепленной насадке визирная труба может переводиться через зенит только окулярным концом и хорошо, если конструкция теодолита позволяет это делать, иначе значительно усложняется производство работы. Кроме того, габариты инструмента с насадкой увеличиваются и желательно, чтобы размеры футляра позволяли укладку теодолита вместе с насадкой.

Во время укрепления насадки на трубу теодолита необходимо следить, чтобы головка зажимного винта корпуса насадки была направлена вверх.

При работе с ДД-3 после закрепления точек по ходу теодолит устанавливается на одной из точек, а дальномерные рейки — на двух с ним соседних. Расстояния измеряются каждый раз по двум отсчетам по основной и двум отсчетам по дополнительной стороне рейки.

Дальномерные отсчеты заносятся в графы 10 и 11 журнала (табл. 10), и наклонные расстояния вычисляются с учетом постоянных и величины делений каждой стороны рейки. Расхождение между двумя отсчетами по одной стороне рейки не должны превышать 1 : 500 величины отсчета.

Измерение углов наклона для приведения линий к горизонту и вычисления превышений при применении ДД-3 производится при закрытой шторке насадки и наведении визирной оси трубы на штрих нониуса рейки, который совмещался с основным делением при отсчете расстояния. Запись ведется в графах 14—18 журнала.

Возможно измерение двух углов наклона: одного так, как описано выше для приведения линии к горизонту, и другого — при наведении на определенную постоянную высоту для вычисления превышения.

Измерение горизонтальных углов ведется с закрытой шторкой насадки при визировании на середину подставки рейки. Запись ведется в графах 3—8 журнала. Контролем правильности работы является постоянство значения двойной коллимационной ошибки (или равенство углов в полуприемах).

Длинные стороны ходов измеряют по частям.

Методика проложения тахеометрических ходов мало отличается от вышеизложенной. Для упрощения вычислений высота визирования, как правило, делается равной высоте инструмента. Длина визирных плеч должна быть не более 200 м, расхождение отсчетов по дальномеру — не более 1 : 100 величины отсчета.

При использовании Redta 002 в поле определяются горизонтальные проложения расстояний и тангенсы углов наклона линий визирования (возможно также и определение углов наклона). Методика работы при определении расстояний Redta 002 дана в § 8.

При применении дальномера типа ОТД работать можно одной бригадой с использованием двух инструментов: теодолита необходимой точности и дальномера с установкой их на один трегер поочередно для производства соответствующих работ.

Во время проложения высотных теодолитных ходов с измерением расстояний отдельной бригадой (параллактическим способом, лентой, рулеткой и т. д.) бригада с теодолитом измеряет углы, а длины линий выписываются из журналов в готовом виде.

При определении расстояний дальномерами различных типов (насадки, ОТД, Redta 002 и др.) записи могут вестись в журнале,

Теодолит TheO 020, насадка ДД-3, С=11,111, деления рейки по 2 см

Номер стан-ции.	Высо-та ин-стру-мента i , м	Номер точки визирующая, $l=v-m$, м	Горизонтальный круг								Длина реки, м	Расстояние				D , м α'' $d=D-\Delta D$, м	Вертикальный круг							Превышения, м				Отметка точек, м
			КП, КЛ	отсчеты				$\frac{1}{2} \times (\text{КП} + \text{КЛ})$, $\beta_{\text{прав}}$	отсчеты по шкале			n_1	n_2	$n_1 - n_2$	МО $\pm \alpha$		отсчеты			МО $\pm \alpha$	связанные			средние по- правки; не-				
				°	'	"	°		'	"							°	'	"		°	'	"					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22							
21	20	П	320	41,6	41,7				45,481	39,987		91,03	262	34,9	34,95				-11,62									
	(2,09—			41,8		320	41,45		45,520	39,994		-7°41',8		35,0					-0,62									
	-5(0,018)= =2,00	Л	140	41,2	41,2				91,001	11,111		-1,53		24,1	24,05							126,17						
1,38	22	П	160	35,7	35,6				59,378	53,878		118,80	269	46,2	46,3				-0,46	-1,09								
	(2,09—			35,5		160	35,45		59,402	53,833		-0°30',6		46,4					-0,64	-0,04								
	-4(0,018)= =2,02	Л	340	35,2	35,3				118,780	11,111		0		90	13,0	13,0												
				35,4			160 06,00		118,822			118,80		13,0					-1,10	-1,10	125,0							
22	21	П							59,390	53,826		118,81	270	44,0	44,05				+1,53									
	(2,09—								59,410	53,884		+0°27',0		44,1					-0,45									
	-4(0,018)= =2,02	Л							118,800	11,111		0		89	15,5	15,6												
1,57	23	П							29,504	23,975		118,81		15,7					+1,08									
	(2,09—								29,517	23,945		59,03	260	56,0	56,0				-9,19	-9,62								
	-5(0,018)= =2,00	Л							59,021	11,111		-1,56		99	03,2	03,2			-0,43	-0,01								
									59,031			57,47		03,3					-9,62	-9,63	115,44							

$$H_K = 115,44$$

$H_H = 126, 17$

$$\underline{h_0 = -10,73}$$

$$f_h = -10,71 \pm 10,73 = +0,02 \text{ M} = +20 \text{ MM}$$

$$f_{\text{доп}} = \pm 50 \sqrt{0,176} = +21 \text{ мм}$$

$$\Delta_{100M} = -\frac{20}{1.76} = -11 \text{ mm.}$$

$$h_{\Omega} = -10,71$$

$$\frac{-0,02}{-10,73}$$

приведенном в табл. 10, хотя имеются различные формы типовых журналов для разных дальномеров (П-1, П-2, П-3, П-4).

§ 11. Камеральные работы

Камеральная обработка материалов по созданию высотных теодолитных ходов состоит из предварительных и окончательных работ.

Предварительные камеральные работы начинаются с проверки правильности полевых записей и вычислений. Затем вычисляются горизонтальные проложения расстояний (графа 13 табл. 10) по формулам § 7.

Горизонтальные проложения линий, вычисленные в прямом и обратном направлениях при помощи ДД-3, должны быть равны в пределах 1:1200. Если измерения в поле производились дальномером ДАР-100 (ДНР-06), Redta 002 или параллактическим методом, то линии сразу получают приведенными к горизонту. Затем вычисляются превышения (графы 19, 20) по формулам (1—4), причем высота визирования l вычисляется для ДД-3 как

$$l = v - m,$$

где v — высота рейки до нулевого штриха верньера, равная примерно 2,09 м без подставки и 2,51 м с подставкой (измеряется в каждом случае для отдельной рейки); m — расстояние от нулевого штриха верньера до совмещенного на длину деления верньера, равную 17,8 мм $\approx 0,018$ м.

Вычисления ведутся с применением соответствующих специальных таблиц для определения превышений и горизонтальных проложений (Л. П. Недешевой; В. Н. Ганьшина и Л. С. Хренова; Г. Г. Егорова).

При применении Redta 002 превышения определяются без таблиц, так как в поле сразу отсчитываются значения тангенсов углов наклона линии визирования (см. рис. 23,б).

Предельные расхождения превышений в тахеометрических ходах, полученных в прямом и обратном направлениях, должны быть не более

$$\Delta h = \pm 60 \frac{s}{100} \text{ мм},$$

где s — длина визирного луча в метрах.

Предельные расхождения превышений, вычисленных в прямом и обратном направлениях в высотных теодолитных ходах, прокладываемых взамен геометрического нивелирования, должны быть не более $\pm 15, 20$ и 30 мм при визирных плечах 50, 100 и 200 м. В случае допустимых расхождений вычисляются средние превышения (графа 21) и определяются полученные невязки хода обычным способом (аналогично ходам технического нивелирования, § 5).

При окончательных вычислениях производится уравнивание ходов и вычисление отметок точек. При допустимой величине не-

Теодолит ОТШ, вертикальная

Номер станции, $i, \text{м}$	Номер точки ви- зирования	КП КЛ	Горизонтальный круг						Высота визирова- ния $i, \text{м}$	Вертикальный круг				
			отсчеты			$\frac{1}{2} (КП+КЛ),$ $\beta_{\text{прав}}$		отсчеты			МО, $\alpha=КЛ-МО$			
			°	'	''	°	'	°		'	''	°	'	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
4 1,389	3	П	310	19,5	19,5	310	19,55	2,9	179	20,9		359	59,9	
		Л	130	19,5	19,6			0,9	180	16,0		360	00,0	
				2,9				0	38,9	+0		39,0		
				0,9				359	44,0	-0		16,0		
	7	П	141	15,0	15,0	141	15,1	2,9	185	21,9		359	59,95	
		Л	321	15,0	15,2			0,9	186	34,1		360	00,0	
				2,9				354	38,0	-5		22,0		
				0,9				353	25,9	-6		34,1		
5	П				169	04,45	2,9	198	25,1		359	59,9		
	Л			0,9			202	31,7	359		59,95			
				2,9			341	34,7	-18		25,2			
				0,9			337	28,2	-22		31,75			
6	П						2,9	188	07,3		359	59,95		
	Л			0,9			190	02,3	360		00,00			
				2,9			351	52,6	-8		07,35			
				0,9			349	57,7	-10		02,3			

$$H_K = 151,902$$

$$H_H = 162,172$$

$$h_0 = -10,270$$

вязки хода она распределяется пропорционально длинам сторон. Поправки заносятся в графу 21 под средними превышениями; их сумма должна быть равна невязке с обратным знаком. Затем вычисляются значения исправленных превышений (графа 21) и их сумма на каждой странице и подсчитываются отметки (графа 22) как сумма предыдущих отметок с последующими исправленными превышениями.

Постраничным контролем правильности вычислений является равенство суммы исправленных превышений (графа 21) разности отметок последней и первой связующих точек на странице.

Заключительный контроль — равенство отметки последней точки ее известному значению. Уравнивание систем ходов может быть произведено аналогично ходам технического нивелирования способом узловых точек.

рейка, постоянный базис 2 м

$\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}$ о, °	Горизонт. проло- жение d , м	Превышения, м					Отметки точек, м
		$d \operatorname{tg} \alpha$	$h = d \operatorname{tg} \alpha + i - l$		средние со знаком «прямо» поправки	исправ- ленные	
			промежу- точные	связую- щие			
15	16	17	18	19	20	21	22
$0^{\circ}55',0$ $0^{\circ}23',0$	125,00	-0,581		-0,581 +0,489 -0,092	+0,092 +0,002	+0,094	162,172 162,266
$1^{\circ}12',1$ $11^{\circ}56',1$	94,26	-10,855		-10,855 -0,489 -10,366	-10,366 +0,002	-10,366	151,902
$4^{\circ}06',55$ $40^{\circ}56',95$	219,26 24,47		-10,148 +0,489 -9,659	$h_{\text{п}} =$	-10,274	-10,270	-10,270 152,607
$1^{\circ}54',95$ $18^{\circ}09',65$	58,32	-10,323	-10,323	-10,323 +0,489 -9,834			152,432

$$f_h = -10,274 + 10,270 = -0,004 \text{ м} = -4 \text{ мм},$$

$$f_{\text{доп}} = \pm 50 \sqrt{0,219} = \pm 24 \text{ мм},$$

$$\Delta_{100 \text{ м}} = + \frac{4}{2,19} = 1,8 \text{ мм}.$$

При прокладывании высотных теодолитных ходов для построения профиля местности превышения на промежуточных точках записываются в графу 20 и в уравнивании не участвуют. По результатам обработки журналов составляется ведомость отметок точек, схема ходов. Сдаче подлежат журналы полевых наблюдений, схемы ходов, ведомости отметок точек и технический отчет о выполненной работе.

§ 12. Особенности высотных теодолитных ходов с применением вертикального базиса постоянной длины

При наличии теодолита, позволяющего определять вертикальные углы со средними квадратическими ошибками $\pm 2-5''$, возможно определять расстояния и превышения по вертикально рас-

положенному базису постоянной длины измерением углов наклона на концы его (рис. 26). Современные оптические теодолиты типа Т5К позволяют определять расстояния 100 м с относительными

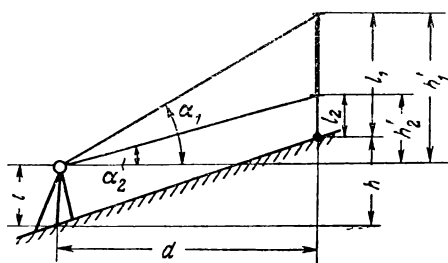


Рис. 26. Схема определения расстояний по вертикальному базису.

средними квадратическими ошибками не более 1 : 1000 и превышения со средними квадратическими ошибками не более ± 25 мм на 1 км при уклонах местности до 8° . При длине визирных плеч 50 м точность ± 25 мм на 1 км обеспечивается на местности с углами наклона до 10° .

Полевые работы при этом заключаются в измерении углов наклона на концы вертикального базиса, в качестве которого может быть применен любой базисный жезл или рейка комплекта ОТД (и тогда работы ведутся трехштативным методом). Возможно также применять рейку комплекта ДД-3 или изготовить базис нанесением марок на обычную деревянную нивелирную рейку. Последнюю при этом необходимо снабдить круглым уровнем с приспособлением для проверки, упорами для установки ее и наконечниками для точного центрирования рейки. Все принадлежности для рейки, кроме наконечника, можно взять из комплекта ДД-3.

Горизонтальные проложения вычисляются по формуле (см. рис. 26)

$$d = \frac{l_1 - l_2}{\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2}. \quad (7)$$

В табл. 11 дан образец ведения полевого журнала с определением расстояний по вертикальному базису постоянной длины.

Записи отсчетов и вычисления горизонтальных углов ведутся в графах 3—8 журнала, вертикальных углов — в графах 9—14.

Контроль при измерении горизонтальных углов — постоянство значения двойной коллимационной ошибки, вертикальных — постоянство МО.

Обработка журнала теодолитного хода с применением постоянного вертикального базиса длиной 2 м (см. табл. 11) начинается после проверки полевых записей и вычислений с определения горизонтального проложения либо по формуле (7), либо при помощи номограммы (рис. 27) по разностям и суммам углов α_1 и α_2 наклона визирной оси при наведении на концы базиса.

Горизонтальные проложения линий заносятся в графу 16. Затем по таблицам вычисляется превышение h' (графа 17)

$$h' = d \operatorname{tg} \alpha$$

и превышение

$$h = h' + i - l$$

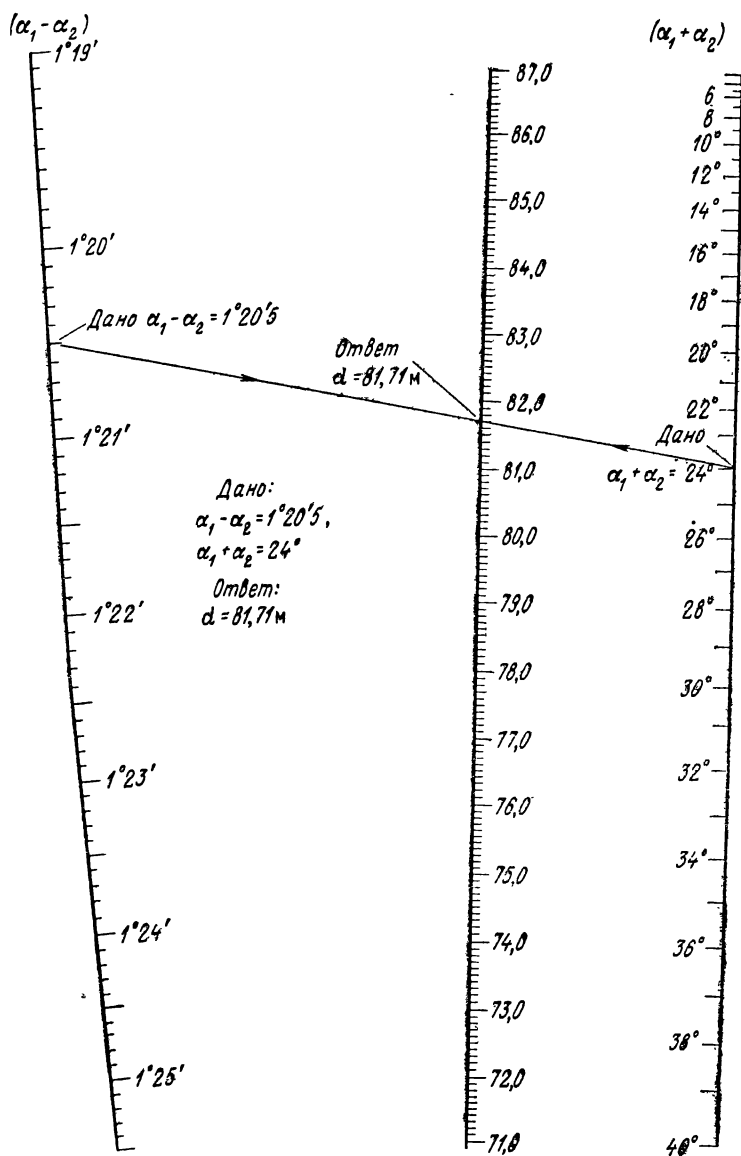


Рис. 27. Схематическое изображение номограммы для определения расстояний по постоянному вертикальному базису.

с записью в графу 18 для промежуточных точек и в графу 19 — для связующих; для последних при измерении в прямом и обратном направлениях и допустимом расхождении вычисляются средние значения (графа 20). Невязка вычисляется обычным способом. Затем производится аналогично предыдущему распределение невязок и вычисление отметок точек.

Глава III

ЗАКРЕПЛЕНИЕ СЪЕМОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

§ 13. Цель и способы закрепления

После рекогносцировки местности намеченные точки съемочно-го обоснования закрепляют, чтобы обеспечить их надежное сохранение и отыскание для последующего использования. Закрепление точек может быть временное и постоянное. Временные или рабочие точки или центры должны сохраняться, как правило, только в период производства съемочных или разбивочных работ; постоянные центры применяются для закрепления при необходимости сохранить положение точек съемочного обоснования длительное время. В зависимости от конкретных физико-географических условий способы закрепления могут быть разными. Так, в местности малонаселенной сохранность центров хорошая, однако приходится принимать меры для того, чтобы облегчить их отыскание: окапывать центры, устанавливать опознавательные знаки и т. д. В населенных пунктах необходимо учитывать постоянное их развитие и переустройство и больше заботиться о сохранности центров.

Применение того или иного знака зависит также и от имеющихся в наличии средств и материалов.

Для территорий городов, поселков и промышленных площадок в 1970 г. разработаны и утверждены Главным управлением геодезии и картографии при Совете Министров СССР центры геодезических пунктов, обязательные для всех ведомств и учреждений. Типы центров разработаны с учетом достаточной долговечности и устойчивости, а также возможности максимальной механизации и высокой производительности работ как при закладке центров, так и при их использовании.

Эти же центры с небольшими изменениями должны использоваться и в местах, где не предполагается строительство.

§ 14. Типы знаков, применяемых для закрепления съемочного обоснования

Если местность малонаселенная лесистая, то пункты закрепляются коваными гвоздями (костылями), забитыми в пни деревьев

или в специально вкопанные столбы (рис. 28). В местности мало-населенной безлесной пункты закрепляются металлическими трубами (рис. 29), окопанными канавой.

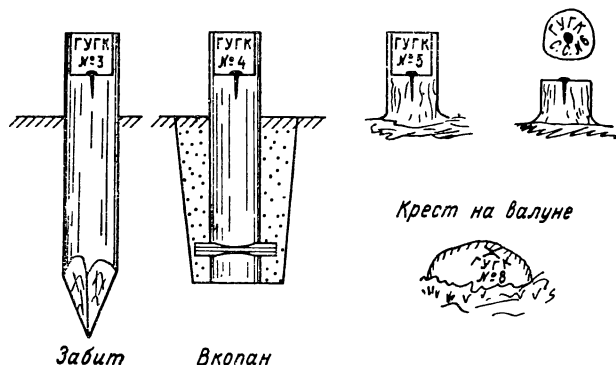


Рис. 28. Знаки закрепления вершин теодолитных ходов в лесу.

В населенных пунктах знаки устанавливаются вровень с землей; как правило, это забитые в землю трубы или штыри (рис. 30).

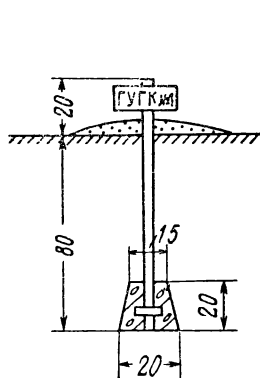


Рис. 29. Знак закрепления вершин теодолитных ходов в безлесной местности.

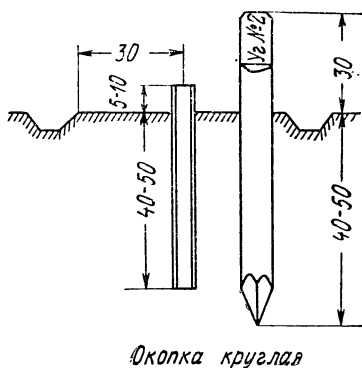


Рис. 30. Знак закрепления вершин теодолитных ходов в населенных пунктах.

Весьма удобно закрепление пунктов дисковыми знаками (рис. 31), прикрепляемыми к тротуару при помощи дюбеля монтажным пистолетом.

В местности со скальными грунтами пункты закрепляются краской или насечкой с сооружением рядом каменного тура высотой 1 м (см. рис. 28).

Рис. 32. Знак для закрепления ходов как самостоятельной сети.

Для отыскания центров их снабжают соответствующими надписями (наименование организации, год производства работ, номер) на специальном железобетонном столбе — знаке или ближайших предметах: затесах деревьев, столбах, углах зданий. Одновременно производится привязка знаков к наиболее заметным местным предметам в плане линейными промерами с составлением абриса или фотографированием и последующим нанесением расстояний и прочих сведений на фотографию.

На территории сельских населенных пунктов и в местах, где не предполагается большого строительства, в знаках типа 6 асбестоцементная или металлическая труба может быть заменена на

рельс и центр может выступать над поверхностью Земли; при этом сам центр является одновременно и опознавательным знаком, на нем укрепляется пластинка со всеми указательными надписями.

Пункты съемочного обоснования, когда оно является самосто-

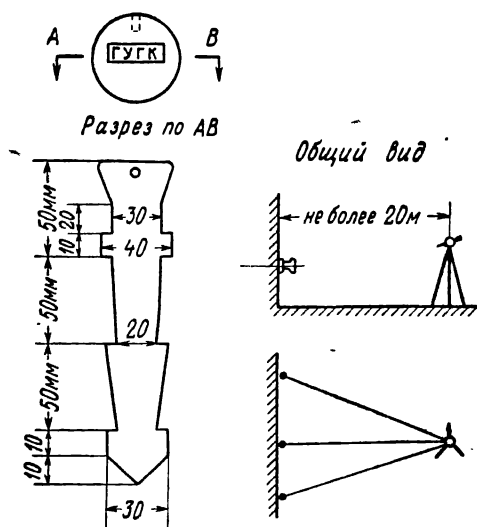


Рис. 33. Стенной знак.

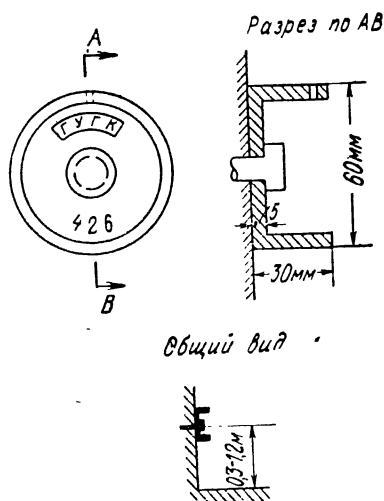


Рис. 34. Стенной знак в виде металлического стакана.

ятельной опорой, на застроенных территориях предпочтительнее закреплять стенными знаками, которые более устойчивы, долговечны, легче отыскиваются, а установка их не требует связи с организациями, ведающими подземными сетями населенного пункта.

Каждый пункт съемочного обоснования закрепляется, как правило, тремя (минимум двумя) стенными знаками (рис. 33), на которые передаются координаты с временной грунтовой точки.

При закреплении теодолитных ходов предпочтительнее стенные знаки в виде стакана диаметром 60 и высотой 30 мм (рис. 34) из малоуглеродистой стали, «пристреливаемые» к частям сооружения при помощи дюбеля.

В результате закрепления сети должны быть представлены:

- 1) эскизы привязки всех плановых и высотных пунктов съемочного обоснования или трассы со схемами знаков;
- 2) схема расположения плановых и высотных пунктов обоснования или трассы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов В. И. Теодолит Т10. «Геодезия и картография», 1968, № 4, с. 12—19.
2. Ардасенов В. Д., Кольцов В. П. Исследование нивелира НС-4 с самоустанавливающейся линией визирования. Известия вузов, «Геодезия и аэрофотосъемка», 1971, вып. № 2, с. 43—51.
3. Ганьшин В. Н., Коськов Б. И., Хренов Л. С. Справочное руководство по крупномасштабным съемкам. М., «Недра», 1969. 206 с.
4. Ганьшин В. Н., Хренов Л. С. Таблицы для геодезического нивелирования. М., Геодезиздат, 1961. 132 с.
5. Ганьшин В. Н., Хренов Л. С. Тахеометрические таблицы для вычисления превышений и горизонтальных проложений при работе с круговым тахеометром и кипрегелем. М., «Недра», 1967. 335 с.
6. Гиршберг М. А. Геодезия. М., «Недра», 1967. 383 с.
7. Деймлих Ф. Геодезическое инструментоведение. М., «Недра», 1970. 581 с.
8. Егоров Г. Г. Таблицы превышений, вычисленных по горизонтальным проложениям для углов от 0 до 30°. М., Геодезиздат, 1958. 47 с.
9. Инструкция по вычислению нивелировок. М., «Недра», 1971. 107 с.
10. Инструкция по инженерным изысканиям для линейного строительства. СН 234—62. М., Госстройиздат, 1963. 36 с.
11. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. М., «Недра», 1966. 120 с.
12. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. М., «Недра», 1973. 176 с.
13. Инструкция по топографо-геодезическим работам для городского, поселкового и промышленного строительства. СН 212—62. М., Госстройиздат, 1962. 30 с.
14. Классификация геодезических сетей СССР. «Геодезия и картография», 1962, № 4, с. 70—71.
15. Кочетов Ф. Г. Нивелиры с самоустанавливающейся линией визирования. М., «Недра», 1969. 128 с.
16. Константинов А. И. и др. Испытание оптических теодолитов Т2. «Геодезия и картография», 1966, № 8, с. 32—36.
17. Крюков Г. С. Оптический теодолит Т30. «Геодезия и картография», 1970, № 11, с. 25—29.
18. Кузнецов П. Н. Полевые испытания теодолита Т5. «Геодезия и картография», 1967, № 5, с. 35—37.
19. Мещерский И. Н. Исследования нивелира Копі 025. «Геодезия и картография», 1965, № 9, с. 21—26.
20. Мещерский И. Н. Нивелир с самоустанавливающейся линией визирования Ni ВЗ. «Геодезия и картография», 1963, № 6, с. 6—11.
21. Леонтович В. Г. Нивелирование при инженерных работах. М., Геодезиздат, 1959. 382 с.
22. Ливанов М. М. Геодезия в строительстве. М., Госстройиздат, 1968. 216 с.

23. Литвинов Б. А. Геодезическое инструментоведение. М., «Недра», 1971. 327 с.
24. Недёшева Л. П. Таблицы для вычисления расстояний, измеренных дальномерными насалками ДНТ, ДН-2, ДНБ-2. М., Госгеолтехиздат, 1962. 71 с.
25. Недёшева Л. П. Таблицы для вычисления превышений и горизонтальных проложений. М., «Недра», 1969. 207 с.
26. Основные положения по созданию топографических планов масштабов 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500. М., ГУГК, 1970. 14 с.
27. Пискунов М. Е., Нгуен Ван Дау. Метод высокоточного тригонометрического нивелирования короткими (до 100 м) лучами. Известия вузов, «Геодезия и аэрофотосъемка», 1971, вып. 6, с. 37—49.
28. Редьков В. С., Никитенко В. Л. Номограммы для определения расстояний по вертикальной рейке с постоянным базисом длиной 2 м. Новосибирск, Тр. НИИЖТ, вып. 84, 1968, с. 64—70.
29. Редьков В. С. О точности тригонометрического нивелирования и дальномерных работ на линейных изысканиях. Новосибирск, Тр. НИИЖТ, вып. 84, 1968, с. 48—57.
30. Редьков В. С. Применение новой геодезической техники на линейных изысканиях. «Транспортное строительство», 1965, № 11, с. 37—38.
31. Рекомендации по применению геодезического оборудования при производстве инженерно-геодезических изысканий для строительства. М., Госстройиздат, 1972. 33 с.
32. Романов Л. А. Технические нивелиры. М., Геодезиздат, 1960. 88 с.
33. Руководство по применению короткобазисного параллактического метода измерения длин линий при инженерно-геодезических изысканиях для строительства. М., Госстройиздат, 1971. 65 с.
34. Руководство по применению ственных знаков в полигонометрии и теодолитных ходах. М., «Недра», 1972. 54 с.
35. Рытов А. В. Стандартизация геодезических инструментов и технический прогресс в геодезическом приборостроении. «Геодезия и картография», 1971, № 10, с. 20—24.
36. Рытов А. В. О способах определения угла i'' нивелира. «Геодезия и картография», 1972, № 4, с. 30—35.
37. Рытов А. В. Новые оптические теодолиты Т2 и Т20. «Геодезия и картография», 1965, № 4, с. 24—30.
38. Справочник геодезиста. Под редакцией В. Д. Большакова и Г. П. Левчука. М., «Недра», 1966. 984 с.
39. Типовые формы полевых журналов, паспортов инструментов, используемых на топографо-геодезических работах. М., Геодезиздат, 1962. 352 с.
40. Федоров Б. Д. Маркшейдерско-геодезические приборы и инструменты. М., «Недра», 1971. 288 с.
41. Центры геодезических пунктов для территорий городов, поселков и промышленных площадок. М., «Недра», 1972. 23 с.
42. Чеботарев А. С., Селиханович В. Г., Соколов М. Н. Геодезия. Ч. II. М., Геодезиздат, 1962. 614 с.
43. Шевчук П. М. Об определении расстояний ориентирных пунктов. «Геодезия и картография», 1966, № 10, с. 23—25.
44. Эглит В. И., Сидельников С. П. Редукционный тахеометр Ped-ta 002. М., Госгеолтехиздат, 1963. 87 с.
45. Freund W., Gläß H. Das Reduktionstachymeter Dahlta 010. "Vermessungstechnik", 1971, № 4, 127—129 s.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава I. Техническое нивелирование	5
§ 1. Назначение и требования точности	5
§ 2. Инструменты для технического нивелирования	5
§ 3. Исследования и проверки инструментов	14
§ 4. Полевые работы	20
§ 5. Камеральные работы	26
§ 6. Особенности работы с нивелиром НЛ-3 (с наклонным лучом)	29
Глава II. Высотные теодолитные ходы	31
§ 7. Особенности и точность высотных теодолитных ходов	31
§ 8. Инструменты для прокладывания высотных теодолитных ходов	34
§ 9. Исследования теодолитов и оптических дальномеров	51
§ 10. Полевые работы	58
§ 11. Камеральные работы	61
§ 12. Особенности высотных теодолитных ходов с применением вертикального базиса постоянной длины	63
Глава III. Закрепление съёмочного обоснования	66
§ 13. Цель и способы закрепления	66
§ 14. Типы знаков, применяемые для закрепления съёмочного обоснования	66
Список литературы	70

Василий Сергеевич Редьков

РУКОВОДСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ НИВЕЛИРОВАНИЮ И ВЫСОТНЫМ ТЕОДОЛИТНЫМ ХОДАМ

Редактор А. С. Мосалов
Редактор издательства Л. М. Комарькова
Технический редактор Л. Н. Шиманова
Корректор Е. В. Мухина

Сдано в набор 2/IV 1974 г. Подписано в печать 12/VI 1974 г. Т-11746 Формат 60×90¹/₁₆.
Бумага № 2. Печ. л. 4,5 Уч.-изд. л. 4,41 Тираж 20 000 экз. Заказ № 562/4552—15 Цена 22 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.

22 коп.

НЕДРА 1974