ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА "ЗНАК ПОЧЕТА"
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕОДЕЗИИ,
АЭРОСЪЕМКИ И КАРТОГРАФИИ им. Ф.Н.КРАСОВСКОГО

МЕТОДИКА ИНСТИТУТА

Нивелиры. Методика поверки

МИ БГЕИ 07-90

Москва 1990

gost.e-ecolog.ru

Разработана Центральным ордена "Знак Почета" научно-исследовательским институтом геодезии, аэросъемки и картографии им. Ф.Н.Красовского

Отделом стандартизации, метрологического обеспечения и госиспытаний

Зав.отделом А.И.Спиридонов

Рук. темы и исполнитель В.И.Вайцекян

Внесена на утверждение ОСМОГИ

Зав.отделом А.И.Спиридонов

Утверждена директором ЦНИИГАиК

Директор института Н.Л.Макаренко

©ЦНИИГАиК ГУГК СССР, 1990

УДК 528.52I Группа П 49

Методика института

Методика института
Нивелиры.
Методика поверки

МИ БГЕИ 07-90
Взамен ОСТ 68-8.I0-84

Утверждена приказом по ЦНИИГАиК - головной организации метрологической службы ГУГК СССР № 49 от 29.05.90 г.
Срок введения установлен с 0I ноября I990 г.

Настоящая методика института распространяется на нивелиры, выпускаемые по ГОСТ I0528, а также на равноценные им по точности, и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

I. ТЕХНИЧЕСКИЕ И МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НИВЕЛИРОВ

Технические и метрологические характеристики нивелиров, подлежащие проверке, приведены в таблице I.

Таблица I

№ п/п	Характеристика нивелиров	Норма по типам нивелиров		
		Н-05 (высокоточные)*	Н-3 (точные)*	Н-10 (технические)*
I	2	3	4	5
I	Средняя квадратическая погрешность измерения превышения на один км двойного хода, мм не более:			
	для нивелиров с уровнем	0,5	3,0	I0,0(-)*
	для нивелиров с компенсатором	0,3	2,0	5,0
2	Средняя квадратическая погрешность измерения превышения на станции, мм не более при расстоянии до рейки:			
	30 м	0,I5(0,I0)*	-	-
	50 м	0,20(0,I5)*	-	-
	I00 м	-	2,0 (I,5)*	5,0(3,5)*
3	Цена деления уровня цилиндрического при трубе, "/2 мм	I0±I	I5±I,5	45±5 I5±I,5*
	установочного (круглого), '/2 мм	5	I0	I0
4	Средняя квадратическая погрешность совмещения изображений концов пузырька цилиндрического контактного уровня, " не более	0,3	0,8	-
5	Цена деления оптического микрометра, мм	0,05±0,003	-	-

* Норма будет действовать с 0I.0I.9I г.

I	2	3	4	5
6	Коэффициент нитяного дальномера	I00±I %	I00±I%	I00±I%
7	Асимметрия дальномерных штрихов, % не более	0,2	0,2	0,2
8	Средняя квадратическая погрешность установки визирной оси с помощью компенсатора, " не более:			
	случайная составляющая	0,2	0,5	I,0
	систематическая составляющая на I′ наклона нивелира	0,05	0,3	0,5 I,0ЖЖ
9	Диапазон работы компенсатора, ′ не менее	±8 ±I0*	±I5	±20 ± 30* ±50ЖЖ
I0	Время затухания колебаний подвесной системы, с не более	2	2	2
II	Значение угла между осью цилиндрического уровня и визирной осью зрительной трубы (угол ι), " не более	I0	I0	I0
I2	Изменение угла ι при изменении температуры в " на I°С, не более	0,5	0,8	I,5
I3	Смещение визирной оси зрительной трубы при ее перефокусировке, мм не более в пределах расстояний до рейки:			
	50 м	0,5	–	–
	I00 м	–	2	3
I4	Правильность работы вертикальной оси вращения, " не более	I5	30	45
I5	Цена деления лимба	–	I°±5′	I°±5′

ЖЖ Для нивелиров с расширенным диапазоном работы компенсатора (ввод в действие с 0I.0I.9I г.).

2. ОПИСАНИЕ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2

№ п/п	Наименование операции	Номер пункта методики	Типы нивелиров, подлежащие поверке	Проведение операции при	
				первичной поверке	эксплуатации
I	2	3	4	5	6
I	Внешний осмотр и проверка комплектности	5.I.	все	да	да
2	Опробование	5.2.			
	2.I. Проверка работоспособности и взаимодействия подвижных узлов нивелира	5.2.I.	-"-	-"-	-"-
	2.2. Проверка устойчивости штатива	5.2.2.	-"-	-"-	-"-
	2.3. Проверка работоспособности компенсатора	5.2.3.	нивелиры с компенсатором	-"-	-"-
3	Проверка правильности юстировки уровней	5.3.	все	-"-	-"-
4	Проверка правильности установки сетки нитей	5.4.	-"-	-"-	-"-
5	Определение коэффициента дальномера и асимметрии дальномерных нитей сетки	5.5.	-"-	-"-	-"-
6	Определение смещения визирной оси зрительной трубы при ее перефокусировке	5.6.	-"-	-"-	-"-

I	2	3	4	5	6
7	Определение угла между осью цилиндрического уровня и визирной осью зрительной трубы	5.7.	нивелиры с уровнями	да	да
8	Определение цены деления контактного уровня	5.8.	-"-	-"-	нет
9	Определение средней квадратической погрешности совмещения изображений концов пузырька цилиндрического контактного уровня	5.9.	-"-	-"-	-"-
I0	Определение цены деления оптического микрометра	5.I0.	нивелиры с оптическими микрометрами типа Н-05	-"-	да
II	Проверка компенсатора	5.II.	нивелиры с компенсатором	-"-	-"-
I2	Определение средней квадратической погрешности измерения превышения на станции	5.I2.	все	-"-	нет
I3	Определение средней квадратической погрешности измерения превышения на один км двойного нивелирного хода	5.I3.	-"-	-"-	-"-

3. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны применяться образцовые средства измерений (ОСИ) и вспомогательные средства поверки, приведенные в таблице 3.

Таблица 3

Номер пункта методики	Наименование ОСИ или вспомогательного средства поверки и их основные метрологические или технические характеристики
I	2
5.2.2.	Рейка нивелирная из соответствующего комплекта; динамометр с ценой деления I0 г.
5.2.3. 5.3.2.	Рейка нивелирная из соответствующего комплекта.
5.4.	Для нивелиров типа Н3 и Н10: нитяной отвес, линейка длиной 20 см (ГОСТ 427). Для нивелиров типа Н-05: рейка нивелирная из комплекта или линейка длиной 20 см (ГОСТ 427).
5.5.	Образцовый теодолит типа Т1 или Т2 Полевой линейный базис с уклоном не более $0,5^{0}$ и с погрешностью длины не хуже I/2000; рейка нивелирная из комплекта.
5.6.	Полевой высотный базис (стенд), имитатор разноудаленных визирных целей.
5.7.	Коллиматор с фокусным расстоянием не менее 500 мм или образцовый теодолит типа Т1, или нивелир типа Н-05. Рулетка длиной 50 м (ГОСТ 7502).
5.8. 5.9.	Экзаменатор с ценой деления 0,2"- I".
5.I0.	Шкала длиной 40-50 мм, цена деления I-0,7 мм; средняя квадратическая погрешность цены деления шкалы не более I,5 мкм.

I	2
5.II.	Экзаменатор с ценой деления I-5″ Автоколлиматор типа АК 0,25 или АК 0,2У, или теодолит типа ТТ. Приспособление для подсветки сетки нитей нивелира.
5.II.3.	Секундомер типа СIА.
5.I2.	Рейки нивелирные из комплекта. Рулетка металлическая длиной 50 м (ГОСТ 7502).
5.I3.	Образцовый высотный полигон с погрешностью превышений, не менее чем в три раза меньшей допустимой погрешности на один км нивелирного хода для поверяемого нивелира. Высотный стенд.

4. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

4.I. При проведении поверки в лабораторном помещении температура воздуха должна быть 20 $\pm 2^{\circ}$С; относительная влажность 60±20 %. Изменение температуры в помещении во время проведения поверки не должно превышать $\pm 2^{\circ}$ С.

4.2. Проверяемый нивелир должен быть внесен в лабораторное помещение за час до начала поверки и установлен на жесткое устойчивое основание, чтобы исключить возмущающие механические воздействия и колебания.

4.3. При проведении поверки в полевых условиях температура воздуха должны быть от -10°С до $+30^{\circ}$С. Скорость изменения температуры должна быть не более 3°С в час, относительная влажность не более 90 %, атмосферное давление от 630 до 800 мм рт.ст.

Условия видимости должны быть благоприятными: колебания изображений и дымка - минимальными, освещенность визирных целей должна быть достаточной и равномерной для уверенного наблюдения; скорость ветра не должна превышать 4 м/с; на приборы не должны попадать прямые солнечные лучи, измерения должны проводиться при полном отсутствии осадков.

4.4. При проведении поверок в полевых условиях готовность приборов к работе - через I ч после извлечения их из футляров.

4.5. Перед началом поверки нивелир и средства поверки должны быть приведены в рабочее состояние в соответствии с технической документацией.

4.6. При проведении поверки должны соблюдаться все правила работы с нивелиром и средствами поверки, а также техника безопасности в соответствии с технической документацией.

5. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

5.I. Внешний осмотр и проверка комплектности

Проверка внешнего состояния и комплектности нивелира выполняется осмотром. При проведении осмотра должно быть установлено соответствие нивелира следующим требованиям:

I) Маркировки прибора и футляра должны соответствовать требованиям ГОСТ 23543 и ГОСТ I0528, а также техническим условиям на конкретный тип нивелира.

2) Прибор и футляр не должны иметь механических повреждений.

3) Комплектность нивелира должна соответствовать комплекту поставки, приведенному в паспорте, и отвечать установленным требованиям.

4) Оптические системы нивелиров должны обеспечивать четкие и контрастные изображения наблюдаемых объектов - визирных целей, отсчетных шкал, шкалы ампулы уровня. Поверхности оптических деталей должны быть чистыми, без пятен, царапин, следов расклейки и сколов.

5.2. Опробование

5.2.I. Проверка работоспособности и взаимодействия подвижных узлов нивелира выполняется опробованием. При опробовании необходимо проверить:

I) Работоспособность замков, прижимов и винтов, фиксирующих прибор в футляре.

2) Отсутствие качаний в подъемных, наводящих и закрепительных винтах.

3) фиксирование зеркала подсветки уровня в заданном положении. Исправность крепления всех подвижных частей нивелира и опорных винтов.

5.2.2. Проверка устойчивости штатива. Подтяните все винты и гайки на штативе. Установите нивелир на штатив и приведите его в рабочее положение (см. прилож.2); наведите трубу на рейку, установленную на расстоянии 50 м, отсчитайте по рейке. К головке штатива приложите в горизонтальной плоскости крутящий момент (около I Нм) трижды: сначала по часовой, затем против часовой стрелки и вновь отсчитайте по рейке.Отсчеты не должны различаться более чем на 0,5 мм для нивелира типа Н-05 и на I и 2 мм - для нивелиров типа Н-3 и Н-I0 соответственно.

При выполнении поверки в лабораторных условиях, когда рейка (или другая шкала)устанавливается на расстояние менее 50 м,допуск пригодности должен быть уменьшен пропорционально расстоянию.

5.2.3. Проверка работоспособности компенсатора. Приведите нивелир с компенсатором в рабочее положение, в направлении одного из подъемных винтов установите рейку (в полевых условиях на расстоянии около 50 м), отсчитайте по рейке. Вращая подъемный винт, направленный в сторону рейки, наклоните зрительную трубу нивелира, например вниз, на угол, приблизительно равный диапазону работы компенсатора (см. табл. I, п.9), вновь возьмите отсчет по рейке. Затем наклоните зрительную трубу нивелира вверх на тот же угол и вновь отсчитайте по рейке.

Отсчеты не должны различаться более чем на 0,5 мм для нивелира типа Н-05 и на I и 2 мм - для нивелиров типа Н3 и Н-I0 соответственно.

5.3. Проверка правильности юстировки цилиндрического и установочного уровней

5.3.I. Проверка правильности установки цилиндрического уровня производится следующим образом. Расположите ось цилиндрического уровня параллельно двум подъемным винтам нивелира, приведите пузырек уровня на середину и поверните верхнюю часть

прибора на 180°. Если пузырек уровня отклонился от среднего положения, то его перемещают к середине на половину отклонения исправительными винтами уровня, вторую половину - подъемными винтами нивелира. Затем поверните нивелир на 90° и третьим подъемным винтом приведите пузырек уровня на середину.

Проверка выполняется несколько раз до соблюдения условия, когда отклонение пузырька уровня от середины при повороте нивелира на 180° должно быть менее одного деления уровня. После выполнения этого условия, пузырек установочного (круглого) уровня должен находиться в центре круговой шкалы. Если условие не соблюдено, выполните юстировку исправительными винтами уровня.

5.3.2. Проверку расположения уровня и визирной оси трубы в параллельных плоскостях производят следующим образом.

В направлении одного из подъемных винтов на расстоянии около 50 м установите нивелирную рейку. Тщательно приведите ось нивелира в отвесное положение. Элевационным винтом совместите изображения концов пузырька уровня и отсчитайте по рейке. Наклоните нивелир боковыми подъемными винтами на 2-3 оборота в одну, затем в другую сторону, и следите за изменением отсчета по рейке.

Если при наклонах в разные стороны нивелира концы пузырька уровня не расходятся или смещаются в одну сторону, условие выполнено. Если концы пузырька уровня расходятся в разные стороны более чем на одно деление, то боковыми юстировочными винтами исправьте положение уровня.

5.3.3. Проверку правильности юстировки установочного уровня нивелиров с компенсатором выполните аналогично п. 5.3.I. для цилиндрического уровня.

5.4. Проверка правильности установки сетки нитей

Проверку производят с целью убедиться в том, что вертикальная нить сетки при среднем положении пузырька уровня совпадает с отвесной линией, а ось биссектора (горизонтальная нить сетки) перпендикулярна к вертикальной оси вращения нивелира.

I) Для нивелиров типа Н-3 и Н-IO проверку выполните следующим образом. На удалении IO-I5 м от нивелира повесьте нитя-

ной отвес. Приведите нивелир в рабочее положение и наведите верхнюю часть вертикальной нити сетки на нить отвеса. Если нижний конец вертикальной нити сетки отклоняется от нити отвеса сетки более чем на 0,5 мм (определяется при помощи линейки), то установку сетки нитей исправляют. Затем проверку выполняют вновь.

2) Перпендикулярность горизонтальной нити сетки к вертикальной оси нивелира типа Н-05 проверяют следующим образом. Приведите нивелир в рабочее положение (рис.I), малым участком горизонтальной нити сетки (точка "а") наведите на четко видимую цель,находящуюся на расстоянии 5-I0 м от нивелира (например, штрих линейки с миллиметровыми делениями),точно совместите изображения концов пузырька контактного уровня и отсчитывайте по шкале отптического микрометра с точностью до 0,I деления (отсчет по шкале микрометра должен быть на участке шкалы,близким к отсчету 50). Наводите на ту же цель тт."б","в", "г" (согласно рис.I) горизонтальной нити и биссектора и отсчитайте по шкале оптического микрометра.

Разность между полусуммами отсчетов Δ не должна быть более двух делений шкалы микрометра, т.е.

$$\Delta = \frac{а+б}{2} - \frac{в+г}{2} \leqslant 0,I \text{ мм.}$$

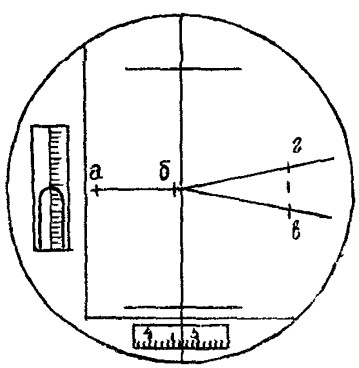


Рис. I

5.5. Определение коэффициента дальномера и асимметрии дальномерных нитей сетки

5.5.I. Полевой метод. Измерения выполните на базисе длиной около 50 м, на одном конце которого установите нивелир, на другом - рейку. Приведите нивелир в рабочее положение и, совместив концы пузырька уровня, отсчитайте по средней и крайним штрихам сетки нитей зрительной трубы. Измерения выполните I0 раз, меняя каждый раз горизонт прибора.

Коэффициент дальномера К вычисляют по формуле:

$$K = \frac{S - c}{\ell_{ср}},$$

где S - длина базиса, мм;

c - постоянное слагаемое дальномера, мм (берется из паспорта);

$\ell_{ср}$ - среднее значение разностей отсчетов по верхнему и нижнему штрихам сетки, мм.

Значение асимметрии нитей a (%) определяют по формулам:

$$a = \frac{200\, a_{ср}}{\ell_{ср}}, \quad a_{ср} = \frac{1}{n}\sum_{i}^{n}\left[(c_i - b_i) - (H_i - c_i)\right],$$

где n - число измерений;

b_i, C_i, H_i - отсчеты по верхнему, среднему и нижнему штрихам сетки нитей.

Значение коэффициента дальномера и асимметрии штрихов должны удовлетворять требованиям таблицы I, п. 6 и 7.

5.5.2. Лабораторный метод. Установите проверяемый нивелир и образцовый теодолит на каменное основание (бетонный столб) так, чтобы их визирные оси были совмещены, при этом их зрительные трубы должны быть сфокусированы на бесконечность.

С помощью образцового теодолита выполните измерение вертикального угла между верхней и нижней нитями сетки нивелира не менее чем за три приема. Погрешность измерения угла должна быть не более 2". Коэффициент дальномера К вычислите по формуле:

$$K = ctg\, \varphi_{ср},$$

где $\varphi_{ср}$ - среднее значение измеренного угла.

Значение коэффициента дальномера должно удовлетворять требованиям таблицы I, п.6.

Пример обработки результатов приведен в приложении 3.

5.6. Проверка смещения визирной оси зрительной трубы при ее перефокусировке

Проверку производят на высотном полигоне, в лабораторном помещении при помощи имитатора разноудаленных визирных целей.

5.6.I. Высотный полигон разбивается на окружности радиусом 50 м (рис.2), закрепляются кольями точки I,2,3,...7,находящиеся на расстоянии I0,20,30,....70 м от точки А.

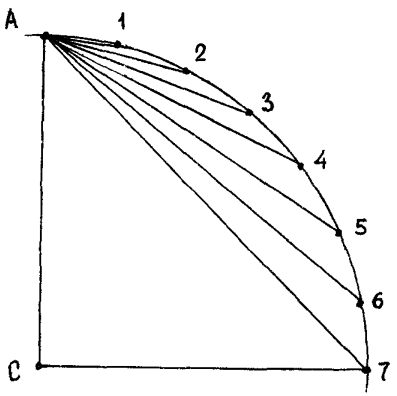


Рис. 2

Нивелир устанавливают в точке С и, не меняя фокусировку трубы, производят отсчеты по рейке, устанавливаемой последовательно на точках А, I-7 сначала в прямом, а затем в обратном порядке. Эти действия составляют один прием. Таких приемов выполняют подряд три, изменяя от приема к приему высоту инструмента.

Нивелир устанавливают в точке А и, изменяя фокусировку трубы, производят отсчеты по 2-м сторонам рейки, устанавливаемой на точках I-7, последовательно: сначала в прямом, а затем в обратном порядке. Перечисленные действия составляют один прием. Таких приемов делают три, изменяя от приема к приему высоту инструмента.

Обработку наблюдений выполняют в следующем порядке:

I) по наблюдениям из точки С вычисляют средние значения из шести отсчетов по рейке в точках А, I-7; по средним отсчетам вычисляют превышения $u_{I,\dots 7}$ точек I-7 над точкой А;

2) по наблюдениям из точки А вычисляют средние значения $m_{1,\dots}$ из шести отсчетов по рейке в точках I-7;

3) вычисляют значения горизонта инструмента в точке А

$$h_i = m_i + u_i,$$

среднее значение горизонта $h_{cp} = \frac{1}{7}\sum_{i=1}^{7} h_i$

и уклонения отдельных значений горизонта от среднего

$$\Delta i = h_i - h_{cp},$$

4) составляют уравнения погрешностей вида:

$$-k s_i - q + \Delta_i = v_i$$

и нормальные уравнения вида:

$$k\Sigma s_i^2 + q\Sigma s_i - \Sigma(s_i \Delta) = 0;$$

$$k\Sigma s_i + 7q - \Sigma \Delta_i = 0,$$

из которых вычисляют неизвестные k и q, а затем v_i

В уравнениях приняты обозначения:

k – коэффициент, связывающий угол между визирной осью и осью движения фокусирующей линзы;

s_i – расстояния от точки А до точек I,2,3,... 7;

q – разность горизонтов нивелира при двух его постановках;

v_i – величины, характеризующие неправильность хода фокусирующей линзы.

5.6.2. В лабораторных помещениях допускается применение специальных имитаторов визирных целей, удаленных на различные расстояния, при условии обеспечения погрешности конечных результатов наблюдений не более I".

Непостоянство визирной оси зрительной трубы нивелира контролируют по величине смещения изображения сетки (марки) коллиматора или имитатора при фокусировании трубы в заданном диапазоне. Измерения выполняют не менее двух раз.

Величина смещения v_i визирной оси зрительной трубы при ее фокусировке не должна превосходить указанной в таблице I, п.I3.

Пример выполнения измерений и вычислений приведен в приложении 4.

5.7. Определение угла непараллельности между осью цилиндрического уровня и визирной осью зрительной трубы (угол i)

Определение угла i выполняют в лабораторных и полевых условиях.

5.7.I. В лабораторных условиях определение угла i производят коллиматорным методом. В качестве коллиматора можно использовать образцовый нивелир или высокоточный теодолит с фокусным расстоянием объектива $f_{об} \geqslant 500$ мм. Зрительную трубу образцового теодолита, отфокусированную на бесконечность, устанавливают на зенитное расстояние $90^{\circ}00'00"$ (или приводят образцовый нивелир в рабочее положение). Поверяемый нивелир устанавливают соосно со зрительной трубой образцового теодолита, затем нивелир приводят в рабочее положение. Измеряют вертикальный угол средней нити сетки нитей нивелира. Уклонение этого угла от 90° является углом i . При использовании образцового нивелира горизонтальную нить сетки его нитей наводят на аналогичную нить поверяемого нивелира, при этом концы пузырька контактного уровня образцового нивелира разойдутся. Величина смещения не должна быть более 2-х делений.

5.7.2. В полевых условиях угол i определяют нивелированием точек I и 2 (рис.3), закрепленных на расстоянии 40–60 м.

Нивелир устанавливают посередине и берут отсчеты по рейкам ℓ_1 и ℓ_2. Переносят нивелир в точку 3, удаленную от точки 2 на I0–I2 м внутри створа между рейками, и берут отсчеты ℓ_1' и ℓ_2' по рейкам. Выполняют не менее 3-х приемов измерений.

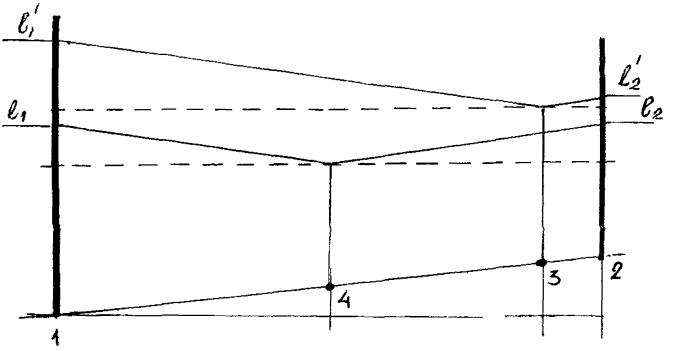


Рис. 3

Значение угла i вычисляют по формуле:

$$i = \frac{[(\ell_1' - \ell_2') - (\ell_1 - \ell_2)]\rho''}{S_{1,3} - S_{2,3}} = \frac{h' - h}{S_1 - S_2}\rho'',$$

где $S_{1,3}$ – расстояние между точками I и 3;
$S_{2,3}$ – расстояние между точками 3 и 2.

Для облегчения вычислений расстояние S_1 и S_2 можно подбирать так, чтобы отношение $\frac{\rho''}{S_1 - S_2}$ было равно целому числу. Тогда формула вычислений имеет вид:

$$i = (h' - h)k,$$

где $k = \frac{\rho''}{S_1 - S_2}$.

Точку 3 можно располагать на продолжении их створа, в этом случае формула для вычисления угла i примет вид:

$$i = \frac{h' - h}{S_{1-2}}\rho''.$$

С целью уменьшения искажения результатов измерений за ход фокусирующей линзы расстояние до т.2 выбирают более IOм.

5.7.3. В полевых условиях возможно применение других методов, которые изложены в инструкции по эксплуатации или инструкции по нивелированию I-IУ классов.

Значение угла i не должно превосходить величину, указанную в таблице I, п.II. Пример определения угла i приведен в приложении 5.

5.8.Определение цены деления контактного уровня

Цену деления цилиндрического уровня определяют на экзаменаторе (рис. 4 и 5). Шкалу измерительного винта экзаменатора устанавливают на начальный отсчет. Элевационным винтом нивелира перемещают пузырек уровня в крайнее положение, допускающее отсчеты по обоим концам пузырька уровня. Затем изменяют положение винта экзаменатора через IO-I5 делений, пока сохраняется возможность взятия отсчетов по обоим концам пузырька уровня (при этом число установок должно быть 6-8).

В прямом ходе установку винта экзаменатора производят ввинчиванием, в обратном - вывинчиванием.

Отсчеты по концам пузырька уровня после установки винта экзаменатора выполняют через I,5 - 2 мин. Выполняют два

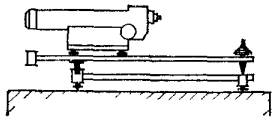


Рис. 4.

Положение нивелира на экзаменаторе

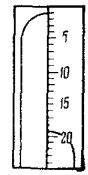


Рис.5.

Изображение концов пузырька уровня нивелира Н-05

приема измерений. Во втором приеме измерений нивелир поворачивают на 180^0, а начальный отсчет по лимбу винта экзаменатора изменяют на 60–100 делений.

При обработке результатов измерений вычисляют:

I. Разность ℓ_i и сумму отсчетов (П + Л) по концам пузырька уровня.

2. Величину перемещения пузырька уровня в прямом и обратном ходе $r_{пр,\ обр}$ и среднее значение r_m :

$$r_{пр,обр} = \ell_i - \ell_{i+1}$$

$$r_m = \frac{1}{2}\,(r_{пр} + r_{обр}) .$$

3. Среднее значение перемещения пузырька уровня $r_{ср}$ из двух приемов измерений:

$$r_{ср} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{k} r_m^j ,$$

где k – общее число перемещений в двух приемах измерений.

4. Величину V_j , характеризующую правильность кривизны ампулы уровня:

$$V_j = r_m^j - r_{ср.}$$

5. Цену деления уровня для каждого интервала τ_j и среднее значение из всей программы ($\tau_{ср}$):

$$\tau_j = \frac{2(M\,n}{r_m} ,$$

где M – цена деления шкалы лимба экзаменатора;

n – число делений, на которое переставлялся винт экзаменатора.

$$\tau_{ср} = \frac{1}{k}\sum_{j=1}^{k} \tau_j ,$$

$$m_\tau = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{k} (\tau_j - \tau_{ср})^2}{k\,(k-1)}} .$$

Цена деления цилиндрического уровня нивелира всех типов, определенная на различных участках шкалы τ_j , не должна от-

личаться от среднего значения $\tau_{ср}$ более чем на 20%. Среднее значение цены деления уровня должно удовлетворять требованиям таблицы I, п.3.

Пример определения цены деления уровня приведен в приложении 6.

5.9. Определение средней квадратической погрешности совмещения изображений концов пузырька цилиндрического контактного уровня

5.9.I. Установите нивелир на экзаменатор с ценой деления 0,5" или 0,2" таким образом, чтобы визирная ось трубы нивелира была параллельна оси экзаменатора. Элевационным или подъемными винтами нивелира приведите пузырек уровня приблизительно на середину и ввинчиванием измерительного винта экзаменатора точно совместите концы пузырька уровня. При этом отсчет по шкале лимба измерительного винта может быть произвольным. Убедитесь, что в течение 5–I0 с концы не разошлись, сделайте отсчет по шкале лимба измерительного винта. Затем вывинчиванием измерительного винта сместите изображения концов пузырька уровня на 5–I0 делений и снова ввинчиванием сместите их. Отсчитайте по шкале лимба измерительного винта экзаменатора.

Сделайте подряд I0 точных совмещений концов пузырька уровня, каждый раз отсчитывая по шкале лимба измерительного винта экзаменатора.

Затем выполните обратный ход, в котором вывинчиванием измерительного винта также сделайте подряд I0 точных совмещений концов пузырька уровня и I0 отсчетов по шкале лимба измерительного винта экзаменатора.

Прямой и обратный ходы вместе составляют один прием. Таких приемов сделайте не менее 3-х.

Среднюю квадратическую ошибку совмещения $m'_{соб}$ и $m''_{соб}$ вычисляют отдельно для каждого приема по формулам:

$$m'_{соб} = \pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} v_i^2}{n-1}}, \qquad m_{соб} = \sqrt{\frac{(m'_{соб})^2 + (m''_{соб})^2}{2}},$$

где v_i – уклонения отдельных отсчетов по шкале измерительного винта от среднего арифметического из них в полуприеме;

n – число отсчетов в полуприеме.

Окончательное значение погрешности вычислите по формуле:

$$m_{ссв} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{k} m_{сов\,j}}{k}},$$

где k – общее число выполненных приемов.

Окончательное значение средней квадратической погрешности совмещения изображений концов пузырька цилиндрического контактного уровня должно удовлетворять требованиям п.4 таблицы I. Пример определения погрешности приведен в приложении 7.

5.9.2. В полевых условиях для обеспечения работ при температуре окружающего воздуха, отличного от температуры проведения проверок по п. 5.8 и 5.9.I более чем на 10^{0}С, определение погрешности совмещения концов пузыка контактного уровня выполняют по рейке.

Погрешность $m_{сов}$ определяется при помощи рейки косвенным методом на основании определений средних квадратических ошибок взгляда $m_{взг}$ и наведения биссектора нитей $m_{нав}$. Ошибку совмещения $m_{сов}$ вычисляют по формулам:

$$m_{сов}^{дел} = \sqrt{m_{взг}^{2} - m_{нав}^{2}}, \quad m_{сов}'' = \frac{m_{сов}^{дел} \cdot R \cdot \rho''}{S(мм)}.$$

Ошибки $m_{взг}$ и $m_{нав}$ определяют на расстоянии S до рейки 50 м и разной температуре воздуха. При каждой температуре выполняют по три приема, каждый из которых включает I0 отдельных определений. Между приемами изменяют высоту инструмента.

Прием выполняют в следующей последовательности:

I) Устанавливают нивелир на штатив и приводят его в рабочее положение. На расстоянии 50 м от нивелира устанавливают в рейкодержателе рейку.

2) Точно совместив изображения концов пузырька уровня, производят I0 отсчетов по барабану при наведениях биссектора на ближний штрих рейки. Отсчеты служат для вычисления $m_{нав}$

3) Затем делают I0 отсчетов, но перед каждым наведением биссектора на штрих рейки элевационный винт и отсчетный барабан отводят на I/4 оборота. Выполняют совмещение концов пузырька уровня и после наведения на штрих рейки отсчитывают по барабану микрометра.

Отсчеты служат для вычисления $m_{взг}$

Погрешности $m_{нав}$ и $m_{взг}$ вычисляют по формуле:

$$m = \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n-1}},$$

где $v_i = c_i - c_{ср}$, $c_{ср} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} c_i$

c_i – отсчет по барабану оптического микрометра.

5.10. Определение цены деления оптического микрометра

Для наблюдений линейку (или шкалу) закрепляют вертикально на удалении 5–10 м от нивелира.

Измерения в приеме заключаются в последовательном наведении биссектора на 5–10 штрихов шкалы и отсчитывании по шкале микрометра с точностью до 0,1 деления. Во время измерений следят за тем, чтобы при наведении биссектора на штрихи шкалы концы пузырька контактного уровня были точно совмещены. Измерения внутри приема состоят из прямого (от 0 до 100 делений) и обратного (от 100 до 0) ходов. *В прямом ходе* барабан вращают на *ввинчивание*, в обратном – на *вывинчивание*.

Измерения выполняют 6-ю приемами, между приемами изменяют или высоту нивелира, или положение шкалы, поэтому каждый последующий прием должен начинаться с наведения на новый штрих.

Цену деления R для каждого участка шкалы получают по формуле:

$$R_i = \frac{b_{0i}}{b_i},$$

где b_{0i} – длина интервала шкалы линейки, известная из компарирования;

b_i – то же, из измерений оптическим микрометром.

Окончательное значение цены деления вычисляют по формуле:

$$R = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} R_i,$$

где n – число интервалов шкалы, по которым проводились измерения.

Значения цены деления шкалы оптического микрометра должно удовлетворять требованиям таблицы I, п.5.

Пример определения цены деления шкалы оптического микрометра приведен в приложении 8.

5.II. Проверка компенсатора

Проверка компенсатора включает: определение диапазона действия компенсатора, погрешность компенсации углов наклона, среднюю квадратическую погрешность самоустановки визирной оси в горизонтальное положение. Указанные составляющие определяются совместно и раздельно в лабораторных и полевых условиях.

5.II.I. Для проверки в лабораторных условиях нивелир с приспособлением для подсветки сетки нитей устанавливают на столике экзаменатора (рис.6). Экзаменатор приводят в рабочее положение, измерительный винт устанавливают в среднее положение. Нивелир приводят в рабочее положение.

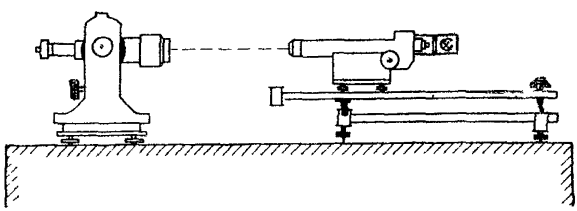


Рис. 6

При выполнении поверки зрительную трубу нивелира устанавливают сначала параллельно оси экзаменатора, затем перпендикулярно, при этом автоколлиматор или зрительную трубу образцового теодолита каждый раз устанавливают соосно со зрительной трубой нивелира (рис.7,А и Б).

Измерения включают: последовательное изменение угла наклона зрительной трубы нивелира с помощью экзаменатора и последовательное фиксирование угломерным прибором положения средней нити сетки нивелира при отсутствии наклона и после наклона зрительной оси нивелира на углы ν, равные $1'$, $2'$, ... n'

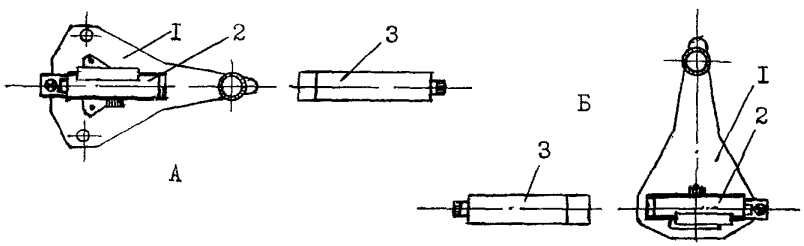


Рис.7:

I–экзаменатор; 2 –нивелир; 3– автоколлиматор (теодолит)

до тех пор, пока работает компенсатор, сначала в продольном, затем в поперечном направлениях.

Для каждого наклонного положения нивелира получают три отсчета по угломерному прибору. Один прием измерений включает наклоны нивелира вращением винта экзаменатора на ввинчивание (прямой ход) и на вывинчивание (обратный ход). Для нивелиров, предназначенных для нивелирования I и II классов, выполняют два приема измерений, для остальных типов нивелиров выполняют один прием.

При обработке результатов измерений вычисляют:

I. Среднее значение b_j''' из трех отсчетов по угломерному прибору:

$$b_j''' = \frac{1}{3}\sum_{i=1}^{3} b_i'''_j ,$$

где индекс i – относится к единичному отсчету,

j – относится к номеру установки винта экзаменатора.

2. Разность средних отсчетов $d b_j$ и среднее значение b_j, полученных для одного и того же угла наклона оси в прямом (′) и обратных ходах (″):

$$d b_j = b_j' - b_j'' ,$$

$$b_j = \frac{1}{2}(b_j' + b_j'')$$

3. Уклонения δb_j средних отсчетов b_j от отсчета b_j^0, соответствующего нулевому наклону оси нивелира:

$$\delta b_j = b_j - b_j^0$$

4. Диапазон работы компенсатора Д:

$$Д = \frac{I}{2}(\nu_+ - \nu_-),$$

где ν_+ и ν_- – максимальные наклоны оси нивелира при положительных и отрицательных наклонах, для которых удовлетворяются условия для случайной и систематической составляющих погрешности $\sigma_н$ (таблица I, п.8), т.е.:

$$d b_j \leq d b_{случ}$$

$$|\delta b_j| \leq \sigma_н \cdot |\nu|$$

5. Среднюю квадратическую погрешность m_y установки визирной линии нивелира:

$$m_y = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n} d b_j^2}{2n}},$$

где n – общее количество установок.

6. Систематическую составляющую погрешности σ :

$$\sigma = \frac{b_j^+ - b_j^-}{\nu},$$

где b_j^+ и b_j^- – средние отсчеты при максимальных наклонах нивелира в диапазоне работы компенсатора;

ν – наклон оси нивелира, выраженный в минутах дуги, для принятой к вычислению разности отсчетов.

Пример определения погрешностей и диапазона работы компенсатора приведен в приложении 9.

5.II.2. В полевых условиях погрешности работы компенсатора проверяют следующим образом.

Нивелир устанавливают в середине створа между двумя рейками, установленными по уровню (желательно укрепленными с помощью рейкодержателей). Определяют превышения между рейками, при этом наблюдения выполняются сериями, общее число которых должно быть не менее 5. Перед взятием отсчетов по рейкам нивелир наклоняют подъемными винтами по схеме, приведенной на рис.8. Перед каждой серией изменяют высоту прибора.

Для высокоточных нивелиров проверку выполняют при расстояниях между рейками I0, 50, I00 м; для точных нивелиров – I00 и 200 м; для технических – 200 м.

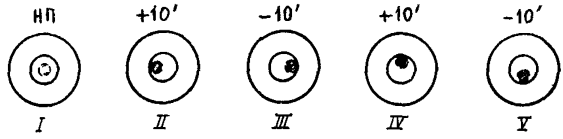


Рис.8.

При обработке результатов измерений вычисляют превышения между рейками при соответствующих положениях уровня в серии наблюдений и среднее значение превышений, кроме этого вычисляют разности Δh превышений относительно положения уровня в нуль-пункте.

Значения Δh не должны быть более 0,5 мм для высокоточных нивелиров и 3,0 и 5,0 мм для точных и технических нивелиров соответственно.

Пример проверки качества работы компенсатора в полевых условиях приведен в приложении I0.

5.II.3. Время затухания видимых колебаний изображения предметов в поле зрения зрительной трубы нивелира с компенсатором определяют по рейке, установленной на расстоянии около 25 м от нивелира. Нивелир приводят в рабочее положение. Затем, слегка постукивая по корпусу нивелира, следят, когда прекратится дрожание изображения рейки. Время между окончанием постукивания и прекращением дрожания изображения рейки не должно превышать 2 с.

5.I2. Определение средней квадратической погрешности измерения превышения на станции

Определение погрешности превышения на станции производят многократным измерением превышения между точками на местности методом "из середины". Измерения проводят по двум шкалам реек при длине визирного луча 30 и 50 м для высокоточных нивелиров и I00 м - для точных и технических нивелиров. Точки установки реек закрепляют нивелирными костылями или кольями с ввин-

ченными в них шурупами со сферической головкой. Рейки целесообразно закреплять рейкодержателями, чтобы в процессе измерений они сохраняли неизменно вертикальное положение. Нивелир устанавливают в створе между рейками на равных расстояниях от них. Для проверки нивелир приводят в рабочее положение и десятью приемами измеряют превышение между рейками, что составляет одну серию измерений. Число серий должно быть не менее четырех, для технических нивелиров-не менее трех. Горизонт нивелира меняют перед каждым приемом и переходом к новой серии.

Среднюю квадратическую погрешность превышения на станции m_{ji} для i-й серии вычисляют по формуле:

$$m_j = \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n-1}}$$

или

$$m_j = \sqrt{\frac{\sum \Delta_i^2}{n}},$$

где v_i – отклонения измеренных превышений от среднего арифметического в i-й серии;

n – число приемов в одной серии;

Δ_i – отклонения измеренных превышений от образцового значения, полученного образцовым (более точным) нивелиром.

Окончательно среднюю квадратическую погрешность определения превышения на станции вычисляют по формуле:

$$m_{cm} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{K} m_j^2}{K}},$$

где K – число серий.

Значение m_{cm} должно удовлетворять требованиям п.2 таблицы I.

5.13. Определение средней квадратической погрешности измерения превышения на один км нивелирного хода

Среднюю квадратическую погрешность превышения на один км двойного хода определяют по результатам прокложения контрольных нивелирных ходов на образцовом высотном полигоне или высотном

полигоне (см. схему в приложении II). Допускается получать среднюю квадратическую погрешность превышения из проложения нивелирных замкнутых ходов при производстве нивелирных работ.

Нивелирные ходы должны иметь общую длину не менее 10 км. Нивелирование по ходу выполняют в прямом и обратном направлениях по программе того класса нивелирования, для которого предназначен данный нивелир. Условия и порядок проведения измерений должны отвечать требованиям действующей инструкции ГУГК СССР по нивелированию.

Среднюю квадратическую погрешность превышения на один км двойного хода $m_{км}$ (мм) вычисляют по формуле:

$$m_{км} = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n} \left(\frac{\Delta h}{S}\right)^2}{n}},$$

где Δh – отклонение измеренных превышений по секции от эталонного значения;

S – длина секции хода, км;

n – число измеренных секций.

При проверке высокоточных нивелиров допускается определять среднюю квадратическую погрешность превышения на один км хода на образцовом замкнутом нивелирном ходе длиной 1–3 км.

В этом случае проверяемым нивелиром не менее 3–10 раз определяют превышения в замкнутом ходе в прямом и обратном направлениях.

Среднюю квадратическую погрешность превышения на один км двойного хода для замкнутого нивелирного хода $m_{км}$ (мм) вычисляют по формуле:

$$m_{км} = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{k} f_h^2}{k[S]}},$$

где f_h – невязка хода, полученная как отклонение измеренной нивелиром суммы превышений в ходе от теоретического значения;

k – число частей в прямом и обратном ходах;

$[S]$ – периметр полигона, км.

Контрольное значение средней квадратической погрешности превышения на один км хода для эталонного хода или замкнутого полигона $m_{км}$(мм) вычисляют по формуле:

$$m_{км} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{dh}{S}\right)^2}{n}},$$

где dh – разности превышений по данной секции, полученные в прямом и обратном ходах;

S – длина секции хода, км;

n – число измеренных секций.

Пример определения средней квадратической погрешности превышений на один км хода приведен в приложении I2.

Значение $m_{км}$ должно удовлетворять требованиям п.I таблицы I.

6. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

6.I. Результаты первичной поверки, проводимые предприятием-изготовителем, вносятся в паспорт прибора и вместе с записью заводского номера нивелира оформляются подписью и оттиском штампа технического контроля в разделе "Свидетельство о приемке".

6.2. Результаты ведомственной поверки заносятся в протокол (форма приведена в приложении I3).

6.3. На основании положительных результатов поверки оформляется свидетельство, приведенное в приложении I4.

6.4. Отрицательные результаты поверки влекут за собой запрещение применения нивелира в эксплуатации на основе извещения о непригодности. Свидетельство о предыдущей поверке аннулируется.

7. ПЕРИОДИЧНОСТЬ ПОВЕРКИ

Периодичность поверки нивелиров в эксплуатации устанавливается следующим образом:

I) Периодичность всех видов поверки согласно таблице 2 – один раз в год.

2) Периодичность отдельных видов поверки устанавливается дополнительно:

– один раз в полгода – проверка устойчивости штатива (табл.2, п.2.2);

- после транспортирования, переезда с объекта на объект	- проверка работоспособности нивелира (табл.2, п.2.I), проверка правильности установки сетки нитей (табл.2, п.4);
- один раз в два месяца	- определение цены деления оптического микрометра (табл.2, п.I0); проверка правильности работы компенсатора (табл.2, п.II);
- ежедневно перед началом работ	- внешний осмотр нивелира (табл.2, п.I); проверка правильности юстировки уровней (табл.2, п.3); определение угла между осью цилиндрического уровня и визирной осью трубы (угол i) (табл.2, п.7).

Приложение I
(рекомендуемое)

ПРОТОКОЛ № ____

первичной поверки нивелира _____
(тип, номер)

_____
(наименование организации: изготовителя – при выпуске из производства, потребителя – в случае ремонта)

№ пп	Наименование операции поверки	Результат поверки	Допустимое значение параметра
I	Проверка внешнего состояния и комплектности		
2	Проверка работоспособности и взаимодействия подвижных узлов нивелира		
3	Проверка метрологических характеристик:		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Дата поверки:

Главный метролог (подпись) _____
Ф.И.О.

Начальник ОТК (подпись) _____
Ф.И.О.

Исполнители: (подписи) _____
Ф.И.О.

Приложение 2
(справочное)

ПРИВЕДЕНИЕ НИВЕЛИРА В РАБОЧЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ

Для приведения нивелира в рабочее положение необходимо:

– установить штатив над центром, подтянуть все винты и гайки на нем;

– вытащить нивелир из футляра и установить его на столб или штатив, закрепить нивелир на штативе с помощью станового винта;

– выполнить внешний осмотр и проверку взаимодействия подвижных частей нивелира, а также подъемных и наводящих винтов;

– привести вертикальную ось вращения с помощью круглого уровня в отвесное положение;

– привести элевационный и наводящий винты в среднее положение;

– произвести наводку на визирную цель;

– поворотом зеркала добиться освещения цилиндрического уровня;

– вращением окуляра добиться четкого изображения сетки нитей, а вращением ручки фокусирующего устройства – четкого изображения визирной цели.

Приложение 3
(рекомендуемое)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ДАЛЬНОМЕРА И АСИММЕТРИИ НИТЕЙ

Дата:
Время:
t° =

Нивелир Н-05 № I2
Д = 50,000 м
С = 350 мм

Положение нивелира	Отсчеты по нитям $в_i, с_i, н_i$	$с_i - в_i$ $н_i - с_i$	a_i, полу-милли-метры	$l_i = (н_i - в_i)$ полумиллиметры
I	2448			
	2947	499		
	3447	500	- I	999
2	8373			
	8872	499		
	9372	500	- I	999
3	2442			
	2940	498	- I	997
	3439	499		
4	8367			
	8865	498	- 2	998
	9365	500		
5	2455			
	2954	499	- 2	I000
	3455	50I		
6	838I			
	8880	499	- I	999
	9380	500		
	20I2			
	25I0	498	0	996
	3008	498		
8	7937			
	8435	498	0	996
	8933	498		
9	2003			
	250I	498	- 2	998
	300I	500		
I0	7928			
	4826	498	-	998
	8926	500		

Приложение 3
(продолжение)

Положение нивелира	Отсчеты по нитям $в_i, с_i, н_i$	$с_i - в_i$ $н_i - с_i$	a_i, полу-миллиметры	$\ell_i = (н_i - в_i)$ полумиллиметры
II	2020 2519 3020	 499 499	0	I000
I2	7945 8844 8944	 499 500	- I	999
		$a_{ср.} = -1{,}08$		$\ell_{ср.} = 998{,}3$

$$K = \frac{50000 - 350}{499{,}15} = 99{,}5 \qquad a \quad \frac{2(-1{,}08)\cdot 100}{998{,}3} \approx 0{,}23\%$$

Приложение 4
(рекомендуемое)

ПРОВЕРКА ПРАВИЛЬНОСТИ ХОДА ФОКУСИРУЮЩЕЙ ЛИНЗЫ

Дата: Нивелир Н-05 №

Время:

t° =

Номер точки	I прием		II прием		III прием		Среднее (в делениях рейки)	u (в делениях рейки)	u мм
	Шкала		Шкала		Шкала				
	основная	дополнительная	основная	дополнительная	основная	дополнительная			
4	29,662	88,914	32 011	91,260	31,140	90 397	60,564	—	—
1	28,134	87,383	30 479	89,726	29,610	88 862	59,032	+1,532	+76,60
2	28,294	87,545	30 650	89,893	29,770	89,023	59,196	+1,368	+68,40
3	28,928	88,178	31,275	90 525	30,393	89 649	59,825	+0,739	+36,95
4	27,927	87,178	30,277	89,526	29,403	88 649	58,827	+1,737	+86 85
5	26,377	85,626	28 729	87 979	27,851	87 101	57 277	+3,287	+164,35
6	26,212	85,463	28 570	87 818	27,680	86,933	57 113	+3 451	+172,55
7	27,066	86,316	29,426	88,676	28,544	87 795	57 970	+2,594	+129,70

Примечание Нивелир установлен в точке 4

Номер точки	I прием		II прием		III прием		Среднее m (в делениях рейки)	Среднее m мм	$h = u + m$, мм	$\Delta - h$ $h_{ср}$ мм
	основная	дополнительная	основная	дополнительная	основная	дополнительная				
1	27 997	87 248	29,158	88,407	28,720	87 975	58,251	2912,55	2989 15	−1 91
2	28,181	87,431	29,335	88,586	28 900	88 152	58 431	2921,55	2889,95	−1 11
3	28,819	88,071	29,973	89,226	29,543	88,793	59,071	2953,55	2990 50	−0,56
4	27,837	87,087	28,989	88,238	28,548	87,797	58,083	2904,15	2991,00	−0,06
5	26,299	85,549	27,454	86,701	27,015	86,261	56,546	2827,30	2991,65	+0,59
6	26,151	85,401	27 302	86,555	26,856	86,108	56 396	2819,80	2992 35	+1 29
7	27 022	86,271	28,171	87 418	27,719	86 969	57 262	2863,10	2992 80	+1 74
									$h_{ср}$ = 2991,06	

Примечание Нивелир установлен в точке 4

Составляют нормальные уравнения

$14000k + 280q - 168,85 = 0$; $280k + 7q - 0,02 = 0$,

из решения которых находят неизвестные $k = +0,06$; $q = -2,41$.

Используя полученные данные, определяют величины v :

$v_1 = -1,91 - 0,60 + 2,41 = -0,10$,

$v_2 = -1,11 - 1,20 + 2,41 = +0,10$,

$v_3 = -0,56 - 1,80 + 2,41 = +0,05$,

$v_4 = -0,06 - 2,40 + 2,41 = -0,05$,

$v_5 = +0,59 - 3,00 + 2,41 = 0,00$,

$v_6 = +1,29 - 3,60 + 2,41 = +0,10$,

$v_7 = +1,74 - 4,20 + 2,41 = -0,05$

Величины v характеризуют правильность хода фокусирующей линзы. У нивелиров Н-05, предназначенных для передачи высот через водные препятствия, v не должны превышать 0,5 мм.

Приложение 5
(рекомендуемое)

ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛА i

Дата:
Время:
t° =

Нивелир Н-3 №
S_{I-2} = 50,5 м

№ приема		1	2	3
Превышение, измеренное из середины (т.4)	ℓ_1	I400	II48	I357
	ℓ_2	I7I5	I465	I672
	h	-3I5	-3I7	-3I5
Превышение, измеренное, когда нивелир находился за т.3	ℓ'_1	I470	I4II	I485
	ℓ'_2	I783	I429	I803
	h'	-3I3	-3I8	-3I8
	i.	- 8,2"	- 4,I"	- I2,3"

$$i_з = \frac{-3{,}0 \times 206265}{50500} = -I2{,}3"$$

$$i_{ср} = - 8{,}2"$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНЫ ДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ НА ЭКЗАМЕНАТОРЕ

Нивелир Н 05, N , экзаменатор N , $\mu = 1''$ " " 19 .

Номер приема	Отсчет по шкале винта экзаменатора	Прямой ход: Время	Прямой ход: Отсчеты по уровню Л	Прямой ход: Отсчеты по уровню П	Прямой ход: $l = П - Л$	$r_{пр} = l_i - l_{i+1}$	Обратный ход: Время	Обратный ход: Отсчеты по уровню Л	Обратный ход: Отсчеты по уровню П	Обратный ход: $l = П - Л$	$r_{обр} = l_i - l_{i+1}$	$r_m = \frac{r_{пр} + r_{обр}}{2}$	$V_0 = r_m - r_{ср}$	Прямой ход: Л+П	Прямой ход: V	Обратный ход: Л+П	Обратный ход: V	τ	$V = \tau_{ср} - \tau_i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Объектив к винту экзаменатора						$t_{нач} = +22.8°$			$t_{кон} = +23,2°$				Длина пузырька 70.2 мм					
I	0	11 ч 33 мин	1,2	20,9	+19,7		11 ч 49 мин	2,0	20,5	+18,5				22,1	+0,25	22,5	—0,15		
	10	34	4,0	18,3	+14,3	5,4	48	4,5	18,0	+13,5	5,0	5,20	+0,06	22,3	+0,05	22,5	—0,15	3,85	—0,05
	20	35	6,7	15,6	+8,9	5 4	47	7,0	15,4	+8,4	5,1	5,25	+0,11	22,3	+0,05	22,4	—0,05	3,81	—0,09
	30	36	9,3	13,0	+3,7	5,2	46	9,4	13,0	+3,6	4,8	5,00	—0,14	22,3	+0,05	22,4	—0,05	4,00	+0,10
	40	37	11,9	10,4	—1,5	5,2	45	12,0	10,3	—1,7	5,3	5,25	+0,11	22,3	+0,05	22,3	+0,05	3,81	—0,09
	50	38	14 8	7,7	—7,1	5,6	44	14,7	7,8	—6,9	5,2	5 40	+0,26	22,5	—0,15	22,5	—0,15	3,70	—0,20
	60	39	17,3	4 9	—12,4	5,3	43	17,2	5,0	—12,2	5,3	5,30	+0,16	22,2	+0,15	22,2	+0,15	3 77	—0,13
	70	40	20,0	2,3	—17,7	5,3	11 ч 42 мин	19,7	2,8	—16,9	4,7	5,00	—0,14	22,3	+0,05	22,5	—0 15	4 00	+0,10
														$(П + Л)_{ср} = 22,35$		$\Sigma V = 00$			
	Окуляр к винту экзаменатора						$t_{нач} = +23,0°$			$t_{кон} = +23,5°$				Длина пузырька 70,5 мм					
II	150	12 ч 40 мин	2,0	20 9	+18,9		12 ч 55 мин	2,3	20,6	+18,3				22 9	—0,09	22,9	—0,09		
	140	41	4,4	18,2	+13,8	5,1	54	5,0	17,9	+12,9	5,4	5,25	+0,11	22,6	+0,21	22,9	—0,09	3,81	—0,09
	130	42	7,2	15,7	+8,5	5,3	54	7,7	15,2	+7,5	5,4	5,35	+0,21	22,9	—0,09	22,9	—0,09	3,74	—0,16
	120	43	9,7	13,0	+3,3	5,2	52	10,0	12,9	+2,9	4,6	4,90	—0,24	22,7	+0,11	22,9	—0,09	4,08	+0,18
	110	44	12,0	10,8	—1,2	4,5	51	12,4	10,3	—2,1	5,0	4,75	—0,39	22,8	+0 01	22,7	+0,11	4,21	+0,31
	100	45	14,8	8,0	—6,8	5,6	50	15,0	7,9	—7,1	5,0	5,30	+0,16	22 8	+0,01	22,9	—0,09	3,77	—0,13
	90	46	17,4	5,3	—12,1	5,3	49	17,5	5,2	—12,3	5,2	5 25	+0,11	22,7	+0,11	22,7	+0,11	3,81	—0,09
	80	12 ч 47 мин	19,8	3,0	—16,8	4,7	12 ч 48 мин	19,9	2,9	—17,0	4,7	4,70	—0,44	22,8	+0,01	22,8	+0,01	4,26	+0,36

$r_{ср} = 5,14$ $\Sigma V_0 = -0,06$ $(П + Л)_{ср} = 22\ 81$ $\Sigma V = +0,06$

$\Sigma\Sigma V^2 = 0,3936$ $\tau_{ср} = 3,90'' \pm 0,05''$

$\Sigma V \cdot V' = 0,4024$

$$m_{отс} = \sqrt{\frac{\Sigma\Sigma V^2}{2K\,(s-2)}} = \frac{0,3936}{2\,(32-2)} = \pm 0\ 08^{\tau} = \pm 0,32''$$

$$M_{ц\ д} = \sqrt{\frac{0,4024}{[(14-1)\ 14}} = \pm 0.05$$

Приложение 7
(рекомендуемое)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ КВАДРАТИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ СОВМЕЩЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ КОНЦОВ ПУЗЫРЬКА ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО КОНТАКТНОГО УРОВНЯ

Дата:
$t_{нач}$ =
$t_{кон}$ =

Нивелир Н05 №
Экзаменатор №
Цена деления лимба I"

№ пп	Отсчет по шкале измерительного винта	$V_{1,i}$	Отсчет по шкале измерительного винта	$V_{2,i}$
	Ввинчивание		Вывинчивание	
I	4I,4	+0,26	4I,8	+0,45
2	4I,3	+0,I6	4I,2	-0,I5
3	4I,3	+0,I6	4I,4	+0,05
4	40,7	-0,44	4I,5	+0,I5
5	4I,3	+0,I6	4I,2	-0,I5
6	40,7	-0,44	4I,I	-0,25
7	40,8	-0,34	4I,3	-0,05
8	4I,0	-0,I4	4I,3	-0,05
9	4I,6	+0,46	4I,4	+0,05
I0	4I,3	+0,I6	4I,3	-0,05
	Ср. 4I,I4	Σ 0,00	Ср. 4I,35	Σ 0,00

$\Sigma V_1^2 = 0,3040$ $\Sigma V_2^2 = 0,3450$

$m'_{изм} = \pm 0,32''$ $m''_{изм} = \pm 0,20''$

$m_{сов,1} = 0,27''$

Приложение 7
(продолжение)

Сводка результатов исследований

Обозначения	Прием				
	I	2	3	4	5
$m'_{сов}$	±0,32	±0,24	±0,26	±0,22	±0,23
$\sum V_1^2$	0,9040	0,5210	0,6050	0,4400	0,4640
$m''_{сов}$	±0,20	±0,28	±0,21	±0,33	±0,18
$\sum V_2^2$	0,3450	0,7089	0,3890	0,9840	0,3040
$m_{сов\ j}$	0,26"	0,26"	0,24"	0,28"	0,21"

$$m_{сов.} = 0{,}25''$$

Приложение 8
(рекомендуемое)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНЫ ДЕЛЕНИЯ ШКАЛЫ МИКРОМЕТРА НИВЕЛИРА В ЛАБОРАТОРИИ

Дата:
Время:
t =

Нивелир Н-05 №
S = 9,8 м
b_0 = 0,73 мм

I прием

Штрих шкалы	Отсчеты по шкале			Разность пр - обр (дел.)	b_i в дел.	$b_0 i$, мм	i, мм
	прямо	обратно	среднее				
I9,5	3,2	,2	3,20	0,0			
I9,4	I7,4	',I	I7,25	+0,3	I4,05	0,730	0,0520
I9,3	32,0	I,2	3I,60	+0,8	I4,35	0,729	0,0508
I9,2	46,7	.6,I	46,40	+0,6	I4,80	0,736	0,0497
I9,I	6I,4	6I,I	6I,25	+0,3	I4,85	0,73I	0,0492
I9,0	76,I	75,6	75,85	+0,5	I4,60	0,720	0,0493
I8,9	90,7	90,4	90,55	+0,3	I4,70	0,75I	0,05II
I8,8	I04,7	I04,6	I04,65	+0,I	I4,I0	0,723	0,05I3
				среднее +0,35*			0,0505

Остальные приемы не приведены.

Значение цены деления барабана на различных его частях из шести приемов:

Часть барабана, дел	0-I5	I5-30	30-45	45-60
Цена деления, мм...	0,0500	0,0503	0,0488	0,0496
Часть барабана, дел...	60-75	75-90	90-I02	Среднее
Цена деления, мм..	0,0490	0,0508	0,049I	0,0497

* Разность пр - обр ≤ I дел.

ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПЕНСАТОРА НИВЕЛИРА

Дата:

Время:

t =

Нивелир НОБ №

I прием

Наклон ν, мин	Прямой ход		Обратный ход		$d b_j$	$b_j \frac{b'_i + b''_i}{2}$	$\lvert \delta b_j \rvert$	Допуск $\sigma_н \lvert \nu \rvert$
	b'_i	b'_d	b''_i	b''_d				
I	2	3	4	5	6	7	8	9
+I0	4,0"		4,I"					
	4,2		4,3					
	4,I	4,I0"	4,2	4,20	-0,I0"	4,I5"	0,25	0,50
8	4,4		4,I					
	4,2		4,2					
	4,3	4,30	4,I	4,I3	+0,I7	4,22	0,32	0,40
6	4,2		4,2					
	4,I		4,3					
	4,I	4,I3	4,2	4,23	-0,I0	4,I8	0,28	0,30
4	4,0		4,2					
	3,9		4,I					
	4,2	4,03	4,I	4,I3	-0,I0	4,08	0,I8	0,20

I	2	3	4	5	6	7	8	9
+ 2	3,8		3,9					
	3,8		4,0					
	3,8	3,80	4,I	4,00	-0,20	3,90	0,00	0,I0
0	3,9		3,9					
	3,9		3,9					
	3,9	3,90	3,9	3,90	0,0	3,90	0,00	0,00
- 2	3,7		4,0					
	3,9		4,0					
	3,8	3,80	4,0	4,00	-0,20	3,90	0,00	0,I0
4	3,8		3,8					
	3,9		3,8					
	4,0	3,90	3,8	3,80	+0,I0	3,85	0,05	0,20
6	3,7"		3,9"					
	4,0		3,7					
	3,8	3,83"	3,8	3,80"	+0,03"	3,82"	0,08	0,30
8	3,6		3,7					
	3,9		3,7					
	3,7	3,73	3,5	3,63	+0,I0	3,68	0,22	0,40

I	2	3	4	5	6	7	8	9
– I0	3,5		3,7					
	3,7		3,5					
	3,6	3,60	3,6	3,60	0,0	3,60	0,30	0,50

$$\Sigma\, d\beta_d^2 = 0{,}I598$$

Остальные приемы не приводятся.

$$m_{\kappa I} = \sqrt{\frac{0{,}I59o}{2\cdot II}} = 0{,}09'' \qquad m_{\kappa \bar{II}} = 0{,}II'' \qquad m_{\kappa} = 0{,}I0''$$

$$\sigma_{\kappa I} = \frac{4{,}I5-3{,}o0}{2o} = \frac{0{,}55''}{20} + 0{,}03'' \text{ на } I' \text{ наклона}, \qquad \sigma_{\kappa \bar{II}} = 0{,}04''$$

Среднее из двух приемов $\sigma_{\kappa} = +0{,}035''$

Приложение I0
(рекомендуемое)

ПРОВЕРКА КОМПЕНСАТОРА НИВЕЛИРА В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Дата:
Время:
t =

Нивелир Н-05
S = 50,0 м

№ серии измерений	Превышение, мм				
	при положении пузырька уровня в нульпункте	при продольном наклоне		при поперечном наклоне	
		+ I0′	– I0′	+ I0′	– I0′
I	I575,4	I575,4	I575,6	I575,4	I575,7
	I575,6	I575,5	I575,7	I575,4	I575,9
2	I576,0	I575,8	I576,0	I575,8	I576,0
	I575,8	I575,7	I575,6	I575,6	I575,8
3	I575,5	I575,3	I575,6	I575,4	I575,8
	I575,8	I575,4	I575,8	I575,6	I575,8
4	I575,9	I575,0	I575,2	I575,7	I575,9
	I575,9	I575,4	I575,9	I575,7	I576,I
5	I575,4	I575,5	I575,6	I575,2	I575,8
	I575,5	I575,4	I575,8	I575,6	I575,8
ср.	I575,68	I575,44	I575,78	I575,54	I575,86
Δh, мм	–	– 0,24	+ 0,I0	– 0,I4	+ 0,I8

Приложение II
(рекомендуемое)

ПОЛЕВОЙ СТЕНД ДЛЯ ПОВЕРКИ НИВЕЛИРОВ

Полевой стенд для испытания нивелиров включает в себя нивелирную сеть, образующую на местности фигуру в виде правильного четырехугольника с размерами сторон примерно 100х30 м, вершины которого закреплены реперами. На каждом репере неподвижно и вертикально устанавливают нивелирные рейки. На продольной оси фигуры намечают нивелирные станции. Станцию II (рис.А) располагают в центре фигуры, станции I и Ш – на продольной оси, примерно в 10 м по обе стороны от станции П. Станции IУ и У (рис.Ь) располагают примерно в 50 м по обе стороны от станции I. Со станций прокладывают два замкнутых нивелирных хода, нивелируя точки в последовательности I–2–3–4–I. Суммируя длины ходов, получают один ход длиной около I км.

Последовательность измерений указана в таблице.

Номер станции	Номера точек визирования	Сумма длин визирных лучей, м
	Первый ход (прямой)	
I	I – 2	I20
П	2 – 3	I00
Ш	3 – 4	I20
П	4 – 1	I00
		440
	Второй ход (прямой)	
IУ	I – 2	200
П	2 – 3	I00
У	3 – 4	200
П	4 – I	I00
		600

В обратных ходах нивелируют точки в последовательности I-4-3-2-I.

Образцовым значением превышения в замкнутых нивелирных ходах служит сумма превышений, равная нулю ($h = 0$). После проложения ходов в прямом и обратном направлениях получают невязки $f_{пр}$, $f_{обр}$ на каждый километровый ход, по которым вычисляют погрешность $m_{км}$ по формуле, приведенной в п.5.I3.

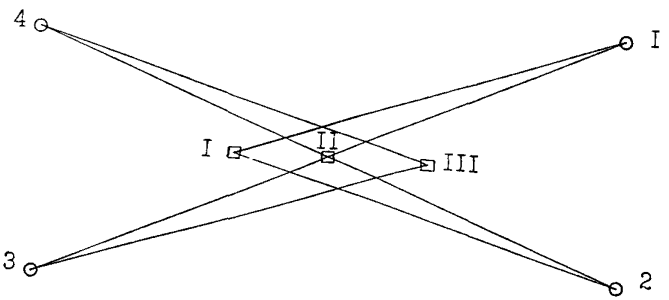


Рис. А

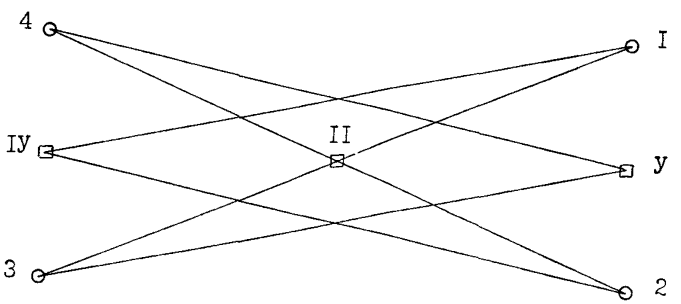


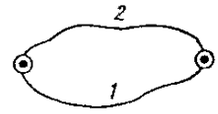
Рис. Б

Приложение I2
(рекомендуемое)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ КВАДРАТИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПРЕВЫШЕНИЙ НА ОДИН КМ НИВЕЛИРНОГО ХОДА

Нивелир Н-05 № 000703
Схема хода

Длина: секции I-I,3 км;
секции 2-I,I км;
хода -2,4 км.



№ п/п	№ секции	h', мм	h'', м	$dh = h' - h''$, мм	h, м	f_h, мм
I	I	+4,0475	+4,0470	+0,5	+4,0472	+0,6
	2	-4,0462	-4,047I	+0,9	-4,0466	
2	I	+4,0479	+4,0482	-0,3	+4,0480	+I,4
	2	-4,0457	-4,0469	+I,2	-4,0466	
3	I	+4,0473	+4,0477	-0,4	+4,0475	+0,7
	2	-4,0469	-4,0468	-0,I	-4,0468	
...	...	...				
...						
I0	I	+4,0460	+4,0460	0,0	+4,0460	-0,8
	2	-4,0465	-4,0472	+0,7	-4,0468	
II	I	+4,0470	+4,0463	+0,7	+4,0466	-0,I
	2	-4,0468	-4,0466	-0,2	-4,0467	

$$\sum \frac{(dh)^2}{S} = I0,28; \quad \Sigma f_h = 5,I8; \quad n = 22; \quad k = II.$$

$$m_{км} = \sqrt{\frac{5,I8}{II\ 2,4}} = 0,44 \text{ мм}$$

Приложение I3
(обязательное)

ПРОТОКОЛ

ведомственной поверки нивелира

Дата:

Тип нивелира №

Операции и средства поверки в соответствии с МИ БГКИ 07-90 "Нивелиры. Методика поверки".

Результаты поверки

Наименование характеристики	Норма по МИ	Полученное значение
I. Внешнее состояние		
2. Работоспособность и взаимодействие узлов		
3. Коэффициент дальномера		
4. Асимметрия штрихов, %		
5. Смещение визирной оси зрительной трубы при ее перефокусировке (максимальное значение υ_i), мм		
6. Угол i		
7. Цена деления уровня, "		
8. Погрешность совмещения изображений концов пузырька цилиндрического контактного уровня, "		
9. Цена деления оптического микрометра, мм		
I0. Случайная погрешность работы компенсатора, "		
II. Диапазон работы компенсатора, '		
I2. Средняя квадратическая погрешность измерения превышения на станции, мм		

Выводы:

Исполнители: _____

(должность, Ф.И.О., подписи)

Приложение I4
(обязательное)

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА "ЗНАК ПОЧЕТА" НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ГЕОДЕЗИИ, АЭРОСЪЕМКИ И КАРТОГРАФИИ
им. Ф.Н.КРАСОВСКОГО*

С В И Д Е Т Е Л Ь С Т В О

о ведомственной поверке нивелира

_____
(тип нивелира)

_____ № _____

_____

изготовлен _____

принадлежит _____

на основании результатов ведомственной поверки признан годным и допущен к применению в качестве рабочего средства измерения.

Свидетельство действительно по 19 г.

Результаты ведомственной поверки приведены в приложении к свидетельству.

Главный метролог предприятия М.П. _____
Ф.и.О.

"__" _____ 19 г.

* название организации ГУГК СССР, проводившей поверку

Приложение I4
(приложение к свидетельству)

Результаты ведомственной поверки

№ п/п	Наименование характеристики	Результаты поверки
I.	Коэффициент дальномера	
2.	Асимметрия дальномерных штрихов, %	
3.	Смещение визирной оси зрительной трубы при ее перефокусировке (максимальное значение v_{max}), мм	
4.	Угол i , "	
5.	Цена деления уровня, "	
6.	Погрешность совмещения изображений концов пузырька контактного уровня, "	
7.	Цена деления оптического микрометра ,мм	
8.	Систематическая погрешность компенсатора, "	
9.	Случайная погрешность компенсатора, "	
I0.	Диапазон работы компенсатора, '	

Ведомственный поверитель _____
(подпись, Ф.И.О.)

Дата

СОДЕРЖАНИЕ

I. Технические и метрологические характеристики нивелиров I
2. Описание поверки 4
3. Средства поверки 6
4. Условия поверки и подготовка к ней 7
5. Проведение поверки 8
5.I. Внешний осмотр и проверка комплектности 8
5.2. Опробование 8
5.3. Проверка правильности юстировки цилиндрического и установочного уровня 9
5.4. Проверка правильности установки сетки нитей I0
5.5. Определение коэффициента дальномера и асимметрии дальномерных нитей сетки I2
5.6. Проверка смещения визирной оси зрительной трубы при ее перефокусировке I3
5.7. Определение угла непараллельности между осью цилиндрического уровня и визирной осью зрительной трубы I5
5.8. Определение цены деления контактного уровня I7
5.9. Определение средней квадратической погрешности совмещения изображений концов пузырька цилиндрического контактного уровня..... I9
5.I0. Определение цены деления оптического микрометра 2I
5.II. Проверка компенсатора 22
5.I2. Определение средней квадратической погрешности определения превышения на станции 25
5.I3. Определение средней квадратической погрешности измерения превышения на один км нивелирного хода 26
6. Оформление результатов поверки 28
7. Периодичность поверки 28

Приложения:

I. Протокол первичной поверки нивелиров 30
2. Приведение нивелира в рабочее положение 3I
3. Определение коэффициента дальномера и асимметрии нитей 32
4. Проверка правильности хода окулярной линзы 34
5. Пример определения угла i 35
6. Определение цены деления уровня указателя 36

7. Определение средней квадратической погрешности совмещения изображений концов пузырька цилиндрического контактного уровня..... 37

8. Определение цены деления шкалы микрометра нивелира в лаборатории 39
9. Пример исследования компенсатора нивелира 40
I0. Проверка компенсатора нивелира в полевых условиях... 43
II. Полевой стенд для поверки нивелиров 44
I2. Определение ср.квадр. погрешности измерения превышений на один км нивелирного хода 46
I3. Протокол ведомственной поверки нивелира 47
I4. Свидетельство о ведомственной поверке нивелира 48

Редактор Г.М.Асташина

Подписано в печать
I3.09.90
Формат 60x90/I6
Бумага типографская
Печать офсетная
Усл.печ.л. 3,25
Усл.кр.отт. 3,38
Уч.изд.л. 3,I2

Тираж 100
Заказ 96
Цена 65 к.

ЦНИИГАиК
I254I3, Москва,
Онежская ул.,26

gost.e-ecolog.ru