

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
**«Уральский федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н.Ельцина»**
Центр классического образования
Физический факультет

Учебная практика

Высшая геодезия

Высокоточное нивелирование

Учебное пособие для студентов 2 курса

Екатеринбург, 2011 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Геометрическое нивелирование. Общие сведения..

2. Лабораторная работа 1 «Исследования и поверки высокоточного нивелира Н-05»

2.1. Поверка 1. Осмотр нивелира. Регулировка хода подъемных винтов.

2.2. Поверка 2. Поверка круглого установочного уровня

2.3. Поверка 3. Поверка плавности вращения нивелира вокруг вертикальной оси

2.4. Поверка 4. Устранение параллакса сетки нитей

2.5. Поверка 5. Поверка установки сетки нитей

2.6. Поверка 6. Поверки и исправления установки цилиндрического контактного уровня

2.7. Поверка 7. Исследование работы механизма, наклоняющего плоскопараллельную пластину и определение цены деления отсчетного барабана

Задание 1

3. Лабораторная работа 2. «Исследования и поверки нивелиров Sal-32 и Leica Sprinter-50»

3.1 Нивелир оптический CST/Berger SAL 32 ND. Краткое описание. Поверки и юстировки

3.1.1. Поверка 1. Поверка работы компенсатора

3.1.2. Поверка 2. Поверка круглого установочного уровня

3.1.3. Поверка 3. Поверка горизонтальности оси визирования

3.2. Нивелир оптический Leica Sprinter 50. Краткое описание. Поверки и юстировки

3.2.1. Поверка 1. Поверка круглого установочного уровня

3.2.2. Поверка 2. Исследование горизонтальности оси визирования

Задание 2

4. Лабораторная работа 3 «Исследования и поверки нивелирных инварных реек»

4.1 Нивелирные рейки Общие сведения

4.1.1 Рейка РН-05. Краткая характеристика

4.1.2 Рейка NEDO-17а. Краткая характеристика

4.2 Поверки нивелирных инварных реек

4.2.1 Поверка 1. Осмотр реек

4.2.2 Поверка 2. Определение разности высот нулей шкал инварных реек

4.2.3 Поверка 3. Исследование перпендикулярности пятки рейки к оси рейки и совпадения плоскости пятки с нулем основной шкалы

4.2.4. Поверка 4. Определение прогиба рейки

4.2.5. Поверка 5. Контрольное определение длины метровых интервалов шкал рейки

4.2.6. Поверка 6. Исследование правильности нанесения дециметровых делений шкал рейки

4.2.7. Поверка 7. Поверка правильности установки круглого уровня на рейке

Задание 3

5. Лабораторная работа 4. «Проложение нивелирного хода II класса»

5.1. Порядок выполнения измерений

1.4.2. Обработка результатов

Задание 4

Список использованных источников

Введение

Учебно-методический материал представляет собой электронный учебник для реализации на современном технологическом и научно-техническом уровне программы учебной практики по высшей геодезии.

Учебная практика по высшей геодезии ставит перед студентами следующие задачи:

- освоение методики проведения поверок геодезических инструментов, применяемых при выполнении нивелирования II класса;
- проложение прямого и обратного нивелирного хода с использованием оптических и электронных нивелиров;
- обработка результатов нивелирования с помощью специального программного обеспечения;
- организация работы в коллективе, защита полученных результатов.

За время проведения практики студенты должны овладеть методикой работы с высокоточными нивелирами и научиться обрабатывать результаты измерений при помощи современных программных средств.

Приборы, оборудование и программное обеспечение, рекомендуемое для проведения учебной практики:

- нивелир Н-05;
- нивелир SAL-32;
- нивелир Leica Sprinter-50;
- рейка инварная PH-05;
- рейка инварная NEDO 17a (3 м);
- лазерная рулетка Leica Disto D-5;
- рулетка 50 м;
- программный комплекс CREDO.

Учебная практика рассчитана на две недели и состоит из четырех лабораторных работ:

- 1) исследование и поверки высокоточного нивелира Н-05;
- 2) исследование и поверки нивелиров SAL-32 и Leica Sprinter-50;
- 3) исследование и поверки нивелирных инварных реек;
- 4) выполнение нивелирования II класса и обработка результатов геодезических измерений.

Учебная практика студентов по высокоточному нивелированию подразумевает работу в группах. Перед началом практических занятий студенты должны разбиться на бригады по 5-6 человек. Каждый из студентов должен научиться выполнять все поверки и измерения, приводить нивелир в рабочее положение, снимать отсчеты, грамотно записывать результаты измерений в журнал, производить расчеты, вести контроль измерений. Поэтому в процессе проведения поверок и измерений каждый должен сделать свою часть работы, побывать в разных ролях – нивелировщика, секретаря, реечника, техника по обработке результатов. Таким образом, студенты получают навык универсальной работы и становятся опытными специалистами.

Высокоточное нивелирование требует большой аккуратности и точности в снятии отсчетов и в обработке результатов. Это дисциплинирует студентов, повышает их уровень как специалистов. Групповая работа учит сотрудничеству.

1. Геометрическое нивелирование.

Общие сведения.

Нивелирование - это совокупность геодезических измерений, производимых для определения превышений (h) и высот (H) относительно принятой исходной поверхности.

Применяют следующие виды нивелирования:

- геометрическое - нивелирование геодезическим прибором, имеющим горизонтальный луч визирования;
- тригонометрическое (геодезическое) - нивелирование геодезическим прибором, имеющим наклонный луч визирования;
- физическое - нивелирование геодезическим прибором, с измерением физических величин (изменение атмосферного давления, ускорения силы тяжести);
- механическое - нивелирование различными механическими приборами.

Самым точным является геометрическое нивелирование. Государственная нивелирная сеть создается методом геометрического нивелирования и состоит из нивелирных сетей I, II, III, IV классов. Нивелирные сети I и II классов относятся к высокоточному нивелированию и являются главной высотной основой, посредством которой устанавливается единая система высот на всей территории страны. Нивелирование III, IV классов предназначается для обеспечения единой системой высот топографических съемок и решения инженерных задач.

В **Таблице 1.1** представлены значения предельных средних квадратических ошибок и допустимые невязки в полигонах согласно Инструкции ГКИНП (ГНТА)-03-010-02 по нивелированию I, II, III и IV классов.

Таблица 1.1

Класс нивелирования	Предельная средняя квадратическая ошибка мм/км	Допустимые невязки в полигонах и по линиям f , мм
I	0.8	$3\text{мм}\sqrt{L}^*$
II	2.0	$5\text{мм}\sqrt{L}$
III	5.0	$10\text{мм}\sqrt{L}$
IV	10.0 ^{**}	$20\text{мм}\sqrt{L}$

* L – периметр полигона или длина линии, км.

** Ошибку вычисляют по невязкам линий или полигонов.

Чтобы производить геометрическое нивелирование с требуемой точностью, необходимо использовать соответствующие геодезические приборы – нивелиры.

Нивелир - геодезический прибор, который позволяет определить превышение одной точки над другой при помощи горизонтального луча визирования и вертикально установленных реек.

По степени точности нивелиры делятся на 3 группы:

- высокоточные;
- точные;
- технические.

В **Таблице 1.2** представлены основные параметры нивелиров в соответствии с ГОСТ 10528-90.

Таблица 1.2.

Наименование параметра	Группа нивелиров		
	высокоточных	точных	технических
Допустимая средняя квадратическая погрешность измерения превышения на 1 км двойного хода (в мм): для нивелиров с компенсатором для нивелиров с уровнем	0,3 0,5	2,0 3,0	5,0 -
Увеличение зрительной трубы, крат, не менее	40	30	20
Диаметр входного зрачка зрительной трубы, мм, не менее	48	37	24
Наименьшее расстояние визирования, м, не более: без насадки с насадкой на объектив	4,0 1,0	1,5 0,8	1,0 0,5
Коэффициент нитяного дальномера, крат	100 ± 1	100 ± 1	100 ± 1
Цена деления уровня при зрительной трубе, угл. сек. на 2 мм	10 ± 1	15 ± 1,5	-
Цена деления шкалы оптического микрометра, мм	0,05 ± 0,003	-	-

Данная учебная практика посвящена главным образом нивелированию II класса, а это значит, что для проведения измерений необходимо подобрать инструменты, дающие требуемую точность – 2 мм/км. К таким приборам относятся высокоточные нивелиры с уровнем, обеспечивающие точность 0,5 мм на 1 км двойного хода и точные нивелиры с компенсатором, обеспечивающие точность 2 мм на 1 км двойного хода.

Заявленным требованиям соответствует ряд отечественных и зарубежных геодезических инструментов. В данном учебном пособии из них представлены следующие: нивелир Н-05 производства УОМЗ, лазерный нивелир SAL-32 производства фирмы Bosch и электронный нивелир фирмы Leica Sprinter-50.

Технические данные этих нивелиров приведены в сводной **Таблице 1.3.**

Таблица 1.3

Нивелир	H-05	SAL-32	Sprinter-50
Допустимая средняя квадратическая погрешность измерения превышения на 1 км двойного хода	0,5 мм	1 мм	2 мм (электронное измерение) 2,5 мм (оптическое измерение)
Увеличение	42х	32х	24х
Диаметр входного зрачка зрительной трубы	50 мм	40 мм	36 мм
Наименьшее расстояние визирования	2 м	0,3 м	0,5 м
Коэффициент нитяного дальномера	100	100	100
Цена деления цилиндрического уровня на трубе	10" на 2 мм.	-	-
компенсатор	нет	есть	есть

Из **Таблицы 1.3** видно, что нивелиры H-05 и SAL-32 обеспечивают требуемую точность при оптических измерениях, а нивелир Sprinter-50 – только при электронных измерениях.

В учебной практике для выполнения нивелирования II класса нивелиром H-05 используется 3-метровая инварная рейка РН-05 или инварная рейка фирмы NEDO. При работе с нивелиром SAL-32 используется 4-метровая алюминиевая телескопическая рейка с шашечной и миллиметровой шкалами. При работе с нивелиром Sprinter-50 используется алюминиевая рейка с электронно-цифровой шкалой.

2. Лабораторная работа № 1. Исследования и поверки высокоточного нивелира Н-05.

Цель работы:

- изучение устройства нивелира;
- выполнение поверок;
- выявление основных неисправностей и их устранение;

Приборы и принадлежности: нивелир Н-05, инварная рейка, компарированная шкала с делениями, расположенными через 4-мм интервалы.

Нивелир Н-05 является глухим нивелиром. Это означает, что зрительная труба соединена наглухо с подставками. Увеличение зрительной трубы 42, фокусировка внутренняя. Нивелир снабжён механизмом с плоскопараллельной пластиной и цилиндрическим контактным уровнем. Изображение контактного уровня передаётся в поле зрения трубы. Уровень считается «приведённым на середину», если концы пузырька совмещены. С механизмом, осуществляющим наклон плоскопараллельной пластины, связано отсчётное приспособление с барабаном и оптическим микрометром. Цена деления отсчётного барабана в среднем 0,05 мм. Механизм с плоскопараллельной пластиной позволяет смещать параллельно самому себе визирный луч и этим своим смещением оценивать доли делений рейки.

На **Рис.2.1, 2.2** представлен общий вид нивелира Н-05 со стороны элевационного винта и со стороны цилиндрического уровня. На **Рис.2.3** показано поле зрения нивелира Н-05.

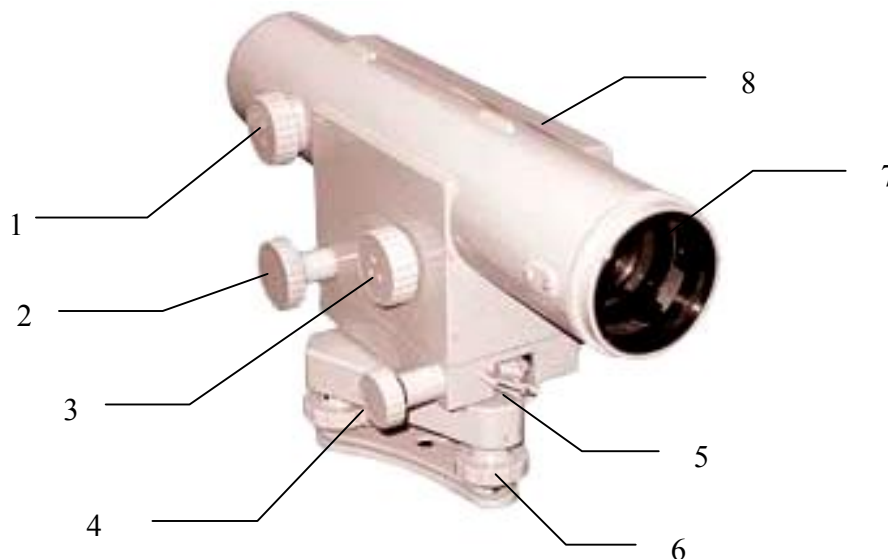


Рис. 2.1 Нивелир Н-05 (вид со стороны элевационного винта):

1 – головка фокусирующего устройства; 2 – головка элевационного винта; 3 – головка механизма наклона плоскопараллельной пластинки; 4 – головка наводящего винта; 5 – зажимной винт; 6 – подъемный винт; 7 – объектив; 8 – коробка цилиндрического уровня.

Фокусировка изображения производится вращением головки фокусирующего устройства **1**. Фокусировка изображения сетки нитей производится вращением диоптрийного кольца окуляра зрительной трубы. Для негрубого (тонкого) изменения положения визирной оси относительно подставки служит элевационный винт **2**. С его помощью можно добиться совмещения изображения концов цилиндрического уровня в поле зрения зрительной трубы.

Вращение головки механизма, наклоняющего плоскопараллельную пластинку **3**, смещает визирный луч в вертикальной плоскости, что позволяет точно навести горизонтальную нить сетки нитей на штрих инварной рейки. Вращение головки наводящего винта **4** приводит к перемещению визирной оси нивелира в горизонтальной плоскости для точного наведения вертикальной нити сетки нитей на рейку.

Зажимной винт **5** может находиться в двух положениях – при его наклоне влево верхняя часть нивелира может свободно вращаться относительно подставки, а при его наклоне вправо зрительная труба нивелира жестко сцепляется с подставкой.

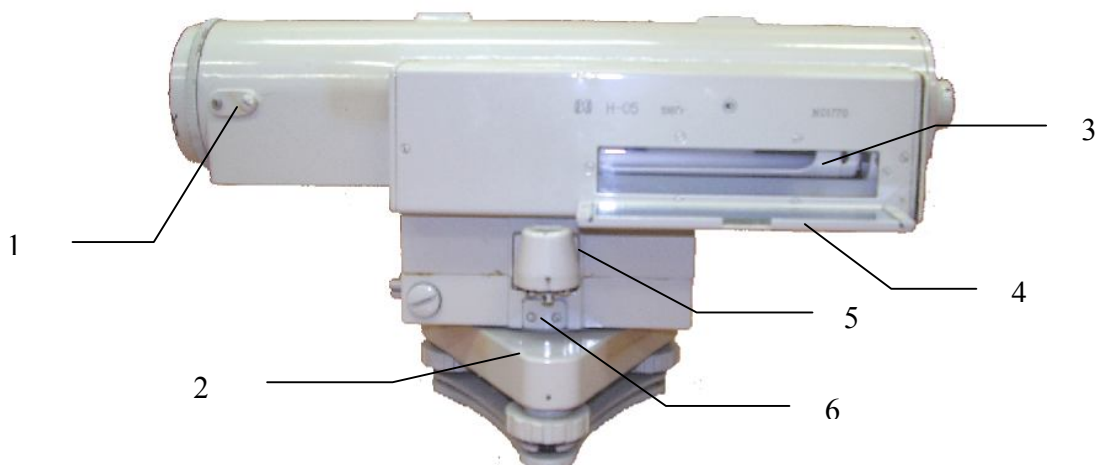


Рис.2.2 Нивелир Н-05 (вид со стороны цилиндрического уровня):

1 – закрепительный винт оправы оптического клина; 2 – подставка; 3 – цилиндрический уровень; 4 – зеркало подсветки цилиндрического уровня; 5 – круглый (установочный) уровень; 6 – вкладыш.

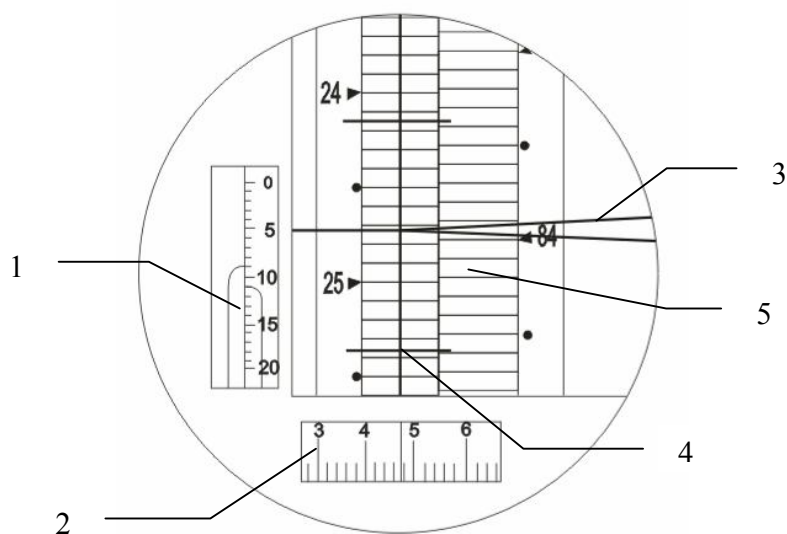


Рис. 2.3 Поле зрения нивелира Н-05:

1 – изображение пузырька цилиндрического уровня; 2 – изображение шкалы микрометра; 3 – биссектор; 4 – дальномерные нити; 5 – изображение рейки.

2.1. Поверка 1.

Осмотр нивелира. Регулировка хода подъемных винтов.

При осмотре нивелира обращают внимание на исправность всех его частей, отсутствие шатаний в подъемных, закрепительных и наводящих винтах, отсутствие коррозии, раковин на металлических частях и других видимых дефектов прибора. Визуально проверяют чистоту оптических деталей зрительной трубы; контрастность и чёткость одновременного изображения всех нитей сетки, концов пузырька уровня и шкалы отчётного микрометра; плавность вращения окуляра и головки, перемещающей фокусирующую линзу; возможность точной фокусировки на выбранный предмет и качество изображения.

При осмотре нивелира проверяют также исправность зеркала подсветки уровня, качество работы элевационного винта и механизма оптического микрометра, а также крепления всех подвижных частей нивелира и стопорных винтов. Исправительные винты должны занимать среднее положение.

Элевационный винт и барабан оптического микрометра не должны иметь видимого мёртвого хода. Изменение наклона зрительной трубы при помощи элевационного винта должно быть плавным, без срывов. Совмещение изображения концов пузырька уровня должно происходить вблизи центральной части окошечка. Барабан оптического микрометра должен вращаться плавно и иметь достаточное трение, чтобы не сползать.

Проверяют исправность штатива, смотрят, подходит ли становой винт к нивелиру. Подтягивают все винты и гайки и проверяют устойчивость штатива. Для этого нивелир устанавливают на штативе, приводят его в рабочее положение, наводят на рейку, совмещают концы пузырька цилиндрического уровня и слегка нажимают на головку штатива. После того как прекратится нажим на штатив, отсчёт по рейке и положение концов пузырька цилиндрического уровня не должны значительно отличаться от первоначального. Если отличие значительно, то следует установить и устранить причины неустойчивости штатива.

При плотно завинченном становом винте подъёмные винты подставки нивелира должны вращаться легко и плавно. Если их вращение затруднено или, наоборот, слишком лёгкое, то регулируют их ход.

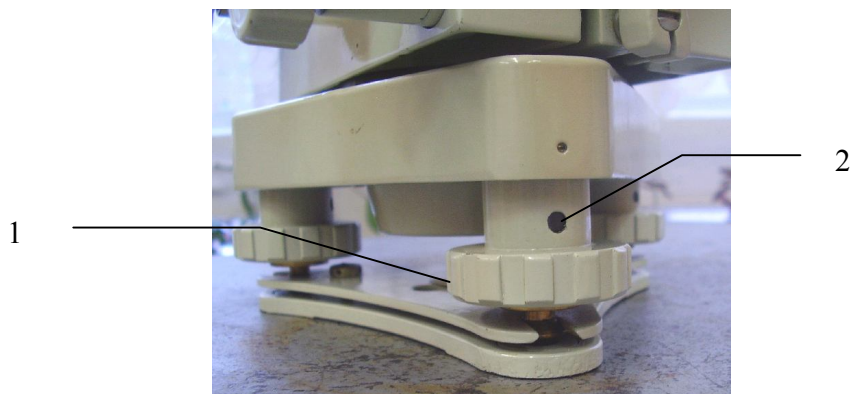


Рис.2.1 Регулировка подъемного винта:

1 – подъемный винт; 2 – боковое наружное отверстие

Для этого устанавливают нивелир на штатив, приводят в рабочее положение и вращают подъёмный винт до тех пор, пока боковое наружное отверстие подъёмного винта не совместится с отверстием внутренней регулировочной гайки (рис.1.4). При помощи шпильки, вставляемой в это отверстие, поворачивают весь винт до тех пор, пока вращение его не будет нормальным. После исправления вращения первого подъёмного винта проверяют следующий винт. Регулировка подъёмных винтов осуществляется путём нескольких исправлений и проб каждого винта.

2.2. Поверка 2. Поверка круглого установочного уровня.

Ось круглого установочного уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.



Рис.2.2 Регулировка установочного уровня:

1 – круглый (установочный) уровень; 2 – исправительные винты уровня

Пузырёк установочного уровня приводят на середину при помощи подъёмных винтов. Поворачивают нивелир вокруг оси на 180 градусов. Если пузырёк отклонился от середины, то, действуя исправительными винтами, расположенными снизу оправы уровня, перемещают его к середине на половину дуги отклонения, а затем подъёмными винтами приводят его на середину. Затем снова поворачивают нивелир на 180 градусов. Если пузырёк уйдёт с середины более чем на 0,3 деления, то производят вторичное исправление. Обычно требуется не более трёх исправлений. Эту поверку выполняют ежедневно перед началом работы.

2.3. Поверка 3.

Исследование плавности вращения нивелира вокруг вертикальной оси

Нивелир устанавливают на каменной тумбе и тщательно горизонтируют его по цилиндрическому уровню. Затем постепенно поворачивают верхнюю часть нивелира вокруг вертикальной оси на два оборота, то есть на 720° , отсчитывая деления уровня через каждые 60° по концам пузырька.

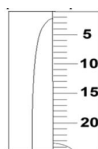


Рис.2.3.1 Отсчеты по левому и правому концам пузырька уровня:
Л=3,2, П=23,2.

В прямом ходе вращение производят по ходу часовой стрелки, в обратном – против. Перед каждым отсчётом уровень должен успокоиться. Расхождение между отсчётами, полученными при прямом и обратном ходах на одних и тех же установках не должны превышать 20", а вращение нивелира должно быть лёгким и плавным. В противном случае нужно провести чистку и смазку оси. Пример проведения исследования представлен в **Таблице 2.3**.

Таблица 2.3

Установка трубы	Прямой ход			Обратный ход			Разность
	Л	П	П-Л	Л	П	П-Л	
0 (а)	12,5	12	+0,5	11,5	11,1	0,4	0,1
60 (b)	11,1	11,0	+0,1	11,1	11,5	-0,4	0,5
120 (с)	10,0	10,2	-0,2	10,5	10,6	-0,1	-0,1
180 (d)	11,0	1,1	-0,1	11,0	11,5	-0,5	0,4
240 (е)	11,7	11,5	0,2	11,9	10,8	1,1	-0,9
300 (f)	11,3	11,0	+0,3	11,0	11,1	-0,1	0,4
360 (a)	12,0	11,8	0,2	11,0	10,5	0,5	-0,3
420 (b)	11,5	11,7	-0,2	11,0	11,5	-0,3	-0,1
480 (с)	11,3	11,4	-0,1	11,2	11,5	-0,3	0,2
540 (d)	11,6	11,5	0,1	11,7	11,2	0,5	-0,4
600 (е)	10,5	10,9	-0,4	10,2	10,2	0	-0,4
660 (f)	11,1	10,7	0,4	11,0	11,5	-0,5	0,9

Цена деления уровня составляет 4,1"

Наибольшее отклонение разности прямого и обратного хода на одних и тех же установках составляет 0,8 деления уровня, что составляет $0,8 \cdot 4,1'' = 3,28''$. Это не превышает допустимого значения 20".

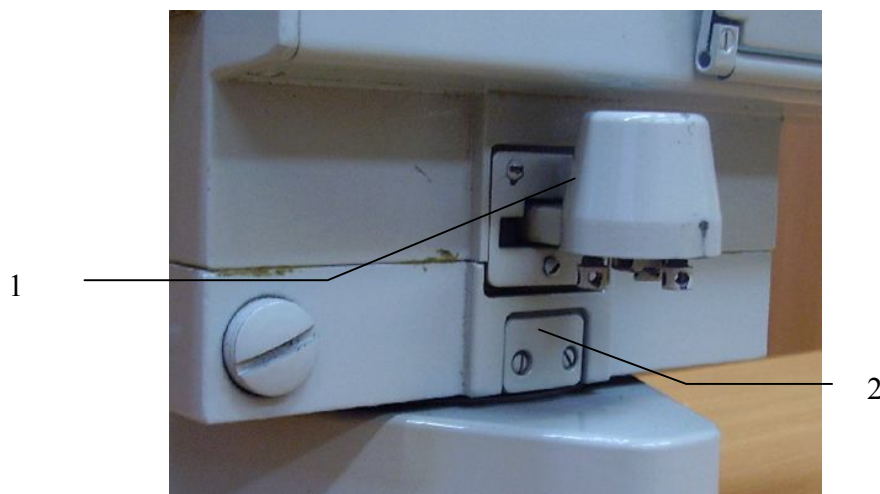


Рис.2.3.2. Регулировка плавности вращения нивелира вокруг вертикальной оси:

1 – круглый уровень; 2 – вкладыш



Рис.2.3.3 Регулировка плавности вращения нивелира вокруг вертикальной оси:

1 – наводящий винт; 2 – зажимной винт; 3 – гильза возвратной пружины; 4 – водильце хомутика

При неплавном вращении верхней части нивелира Н-05 необходимо в первую очередь проверить смазку вертикальной оси вращения. Для этого необходимо выполнить следующие действия: вывинтить два винта крепления вкладыша, расположенного под установочным уровнем (Рис.1.6); вывинтить до упора наводящий винт; отжать гильзу возвратной пружины и, слегка поворачивая верхнюю часть нивелира, снять ее с вертикальной оси; протереть ось и втулку салфеткой и нанести на ось 5 - 6 капель масла; надеть на ось верхнюю часть, при этом следить за тем, чтобы гильза возвратной пружины попала в углубление на водильце хомутика; ввинтить наводящий винт, при этом шпилька наводящего винта должна попасть в углубление на водильце хомутика; закрепить винтами вкладыш.

2.4. Поверка 4.

Устранение параллакса сетки нитей.

При параллаксе плоскость сетки нитей не совпадает с плоскостью изображения рейки, а находится ближе или дальше неё. В этом случае при изменении положения глаза относительно окуляра происходит изменение отсчёта по рейке на 2-3 мм.

Чтобы уничтожить параллакс, необходимо совместить плоскость сетки нитей с плоскостью изображения предмета. Это достигается как перемещением сетки нитей при помощи диоптрийного кольца окуляра, так и изменением фокусировки.

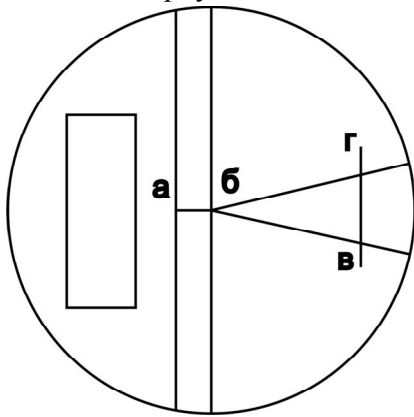
Исправления выполняются до тех пор, пока отсчёт по рейке не будет постоянным при изменении положения глаза относительно окуляра. Поверку выполняют перед началом утренних и вечерних наблюдений.

2.5. Поверка 5.

Поверки и исправления установки сетки нитей.

Если нивелир находится в рабочем положении, то вертикальная нить сетки нитей должна совпадать с отвесом, а ось биссектора должна быть перпендикулярна ей.

Поверку выполняют в помещении. В 10–15 м от нивелира вешают тяжёлый отвес. Тщательно горизонтируют прибор. Совмещают один из концов вертикальной нити с нитью отвеса. Если другой конец вертикальной нити отходит от отвеса более чем на 0,5 мм (измерения выполняют линейкой), то установку сетки нитей следует исправить.



Предварительно необходимо отсоединить окулярную часть от корпуса зрительной трубы. Ослабив закрепительные винты примерно на один оборот, пластинку с сеткой нитей слегка поворачивают. Затем надевают окулярную часть на зрительную трубу и проверяют положение вертикальной нити. Постепенно добиваются того, чтобы вертикальная нить сетки строго совпадала с отвесом. Закрепив винты, необходимо еще

раз убедиться, что положение вертикальной нити не нарушилось. После этого привинчивают окулярную часть.

Затем проверяют установку оси биссектора. Ось биссектора должна быть перпендикулярна вертикальной оси. Тщательно приводят вертикальную ось вращения нивелира в отвесное положение. Наводят точкой **а** горизонтальной нити сетки на какую-нибудь хорошо видимую точку, находящуюся на расстоянии около 10 м от нивелира, точно совмещают концы пузырька уровня и производят отсчёт по барабану оптического микрометра нивелира с точностью до 0,1 деления. Отсчёт по барабану должен быть близок к 50. Наводят на выбранную точку точками **б, в, г** горизонтальной нити и биссектора и производят отсчёты.

Вычисляют разность

$$\Delta = \frac{a + б}{2} - \frac{в + г}{2}$$

Если эта разность превышает два деления, то необходимо ещё раз проверить юстировку вертикальной оси. При расхождениях более чем на 2 деления сетку нитей необходимо заменить.

2.6. Поверка 6.

Поверки и исправления установки цилиндрического контактного уровня.

Главное требование к нивелиру: ось контактного цилиндрического уровня должна быть параллельной визирной оси.

Поверка этого условия распадается на две части:

- 1) проверяется, располагается ли ось уровня и визирная ось в параллельных отвесных плоскостях;
- 2) определяется угол i (проекция на отвесную плоскость угла между осью уровня и визирной осью трубы). Этот угол должен быть меньше $10''$.

Первую часть поверки выполняют следующим образом.

Устанавливают нивелир примерно в 50 м от рейки так, чтобы один подъёмный винт находился в отвесной плоскости, проходящей через визирную линию, а два других по обе стороны от неё. Тщательно приводят ось вращения нивелира в отвесное положение по установочным уровням и, совместив элевационным винтом изображения концов пузырька, производят отсчёт по рейке.

Поворотами подъёмных винтов, расположенных симметрично относительно визирной плоскости, в разные стороны точно на два полных оборота каждым винтом дают нивелиру боковой наклон. При этом следят, чтобы отсчёт по рейке не менялся. Затем точно также придают боковой наклон нивелиру в другую сторону. Если в обоих случаях концы пузырька уровня не расходятся или пузырёк смещается одинаково, то первое требование выполнено. В противном случае производят исправление установки цилиндрического уровня при помощи боковых исправительных винтов.

Исправительные
винты уровня



Рис.2.6.1 Исправительные винты цилиндрического уровня

При исправлении постепенно один винт вращают на ввинчивание, а другой – на вывинчивание. Юстировку выполняют методом приближений.

Для второй части поверки на расстоянии 50 м друг от друга забивают два колышка и определяют превышение между ними с двух станций. Первый раз нивелир устанавливают за первым колышком на расстоянии 5-10 м от него, второй раз – на таком же расстоянии за другим колышком.

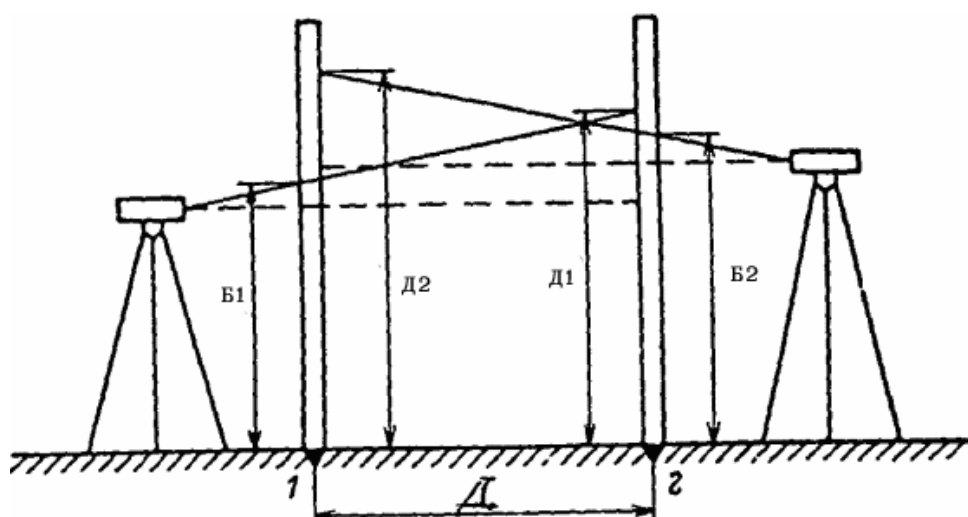


Рис. 2.6.2 Определение угла i

На первой станции сначала производят отсчёты (принцип снятия отсчетов подробно изложен в п.2,7) с использованием оптического микрометра по основной и дополнительной шкалам ближней рейки и затем, изменив фокусировку трубы, – отсчёты по дальней рейке. На второй станции сначала без изменения фокусировки снимают отсчеты по дальней рейке, а затем, снова изменив фокусировку, – по ближней рейке. Результаты снятия и обработки отсчетов представлены в **Табл. 2.6**.

Обозначив отсчёты по ближним рейкам B_1 и B_2 , по дальним рейкам D_1 и D_2 , получим следующие формулы для определения угла i :

$$x = \frac{B_1 + B_2}{2} - \frac{D_1 + D_2}{2} \text{ (мм/2)}$$

$$i'' = \frac{x\rho''}{d},$$

где $\rho''=206265''$, d – расстояние между рейками (в полумиллиметрах).

Всего делают два таких приёма.

Расхождения между значениями угла i , полученные из разных полуприёмов, не должны превышать $3''$.

Таблица 2.6

N полуприема	номер костыля*	отсчеты по рейкам, деления барабана		х в полумм	i''
		Б	Д		
1 осн.шк.	1	28,605 (1)	34,873 (3)	-5,4	-11,1
	2	29,784 (7)	23,408 (5)		
	среднее	29,194	29,140		
2 доп.шк.	1	87,852 (2)	94,120 (4)	-5,5	-11,3
	2	89,038 (8)	82,660 (6)		
	среднее	88,445	88,390		

3 осн.шк.	2	28,002	34,288	-4,3	-8,9
	1	29,334	22,962		
	среднее	28,668	28,625		
4 доп.шк.	2	87,253	93,540	-4,9	-10,1
	1	88,597	82,212		
	среднее	87,925	87,876		
			ср.	-5,0	-10,3

* Номер костыля, ближайшего к точке стояния нивелира.

Если среднее значение угла больше 10", то производят его исправление. Для этого при помощи элевационного винта устанавливают биссектор на отсчет по дальней рейке, равный

$$Д' = Д + x_{\text{ср.}}$$

Изображения концов цилиндрического уровня разойдутся. Вертикальными исправительными винтами уровня совмещают концы пузырька уровня, следя за тем, чтобы отсчет по рейке оставался равным $Д'$. В случае, если исправительными винтами уровня не удастся сделать угол i меньше 10", его исправляют перемещением сетки нитей при помощи вертикальных исправительных винтов сетки. Это делается в мастерской.

Исправление угла i у Н-05 можно также производить вращением защитного стекла, находящегося перед объективом зрительной трубы. Защитное стекло выполнено в виде оптического клина с небольшим углом преломления (**Рис.2.6.3**).



Рис. 2.6.3 Защитное стекло объектива:

1 – оптический клин; 2 - стопорный винт

Для того, чтобы уменьшить угол i , открепляют стопорный винт и вращают защитное стекло вокруг оси до тех пор, пока отсчет по рейке не станет равным $Д'$, при этом следят, чтобы уровень не отклонился от среднего положения. Первую часть поверки выполняют перед выездом в поле, вторую часть - каждый день практики, перед выполнением нивелирных работ.

2.7. Поверка 7.

Исследование работы механизма, наклоняющего плоскопараллельную пластину и определение цены деления отсчетного барабана.

Нивелирование первого и второго классов выполняют с помощью штриховых инварных реек с ценой деления 5 мм. Штрихи, как правило, нанесены на металлической ленте, выполненной из инвара (сплава, практически не чувствительного к изменениям температуры).

Точность отсчитывания по рейке повышают за счет использования зрительных труб с увеличением порядка (40 - 45)х и применения оптического микрометра. В качестве подвижного оптического элемента микрометра наибольшее распространение в нивелирах получила плоскопараллельная пластинка, позволяющая смещать визирный луч параллельно самому себе в вертикальной плоскости. Плоскопараллельная пластинка изменяет свое положение при вращении барабанчика отсчетного микрометра.

Отсчет по инварной рейке берется следующим образом: вращением головки барабанчика микрометра добиваются смещения изображения горизонтальной нити сетки с ближайшим горизонтальным штрихом на рейке. Полный отсчет состоит из отсчета по рейке и отсчета по барабанчику микрометра.

Установлены жёсткие допуски на отличие цены деления отсчётного барабана от номинала и различие цены деления на отдельных частях барабана. Средняя цена деления барабана не должна отличаться от номинала более чем на 0,0025 мм.

Для того, чтобы установить, изменяется ли цена деления отсчётного барабана при различных расстояниях между нивелиром и рейкой, необходимо иметь шкалу с 8-10 подписанными штрихами толщиной в 1 мм, длиной 10 мм и расстоянием между осями штрихов 4 мм. Шкалу компарируют при помощи контрольной линейки с ошибкой определения расстояний между осями смежных штрихов не больше 0,05 мм. Для компарирования на шкалу, перпендикулярно ее штрихам, укладывается контрольная линейка, и с ее помощью снимаются отсчеты по левому и правому краю каждого штриха шкалы. Затем находится среднее значение для каждого штриха, определяющее положение его оси.

Исследования шкалы барабанчика микрометра выполняются на ровном участке местности при расстояниях между нивелиром и рейкой 30 и 50 м. Исследования желательно проводить при облачной или пасмурной погоде, при слабом ветре и спокойных или слегка колеблющихся изображениях. Нивелир устанавливают так, чтобы визирный луч проходил примерно посередине шкалы, прикрепленной к рейке. Рейка должна быть установлена в рейкодержателе или прислонена к стене здания.

Определяют величину смещения визирного луча в делениях отсчётного барабана, соответствующего четырёхмиллиметровому интервалу шкалы. Один прием состоит из прямого и обратного хода. В прямом ходе при тщательно совмещенных изображениях концов пузырька уровня движением барабана по ходу часовой стрелки наводят биссектор сетки нитей по очереди на два смежных штриха шкалы. Записывают их номера и отсчеты по барабану до десятых долей делений. В обратном ходе барабан вращают против хода часовой стрелки и наблюдают те же штрихи, но в обратном порядке.

На каждом расстоянии делают по 8 приёмов. Перед началом наблюдений и в конце 8-го приема измеряют температуру воздуха. Через каждые два приёма смещают шкалу или изменяют высоту нивелира, чтобы в поле зрения трубы попала следующая пара смежных штрихов шкалы. Цену деления отсчётного барабана вычисляют по формуле

$$c = \frac{\delta}{a}$$

где a – интервал между штрихами шкалы в делениях барабана;

δ – интервал между штрихами шкалы по результатам компарирования.

В **Таблице 2.7** приведен пример определения цены деления отсчетного барабана.

Таблица 2.7

Определение цены деления отсчётного барабана

на расстоянии 50 м

Нивелир № 00127, t(нач)=26, t(кон)=27

Номер приёма	Номер штриха	Отсчёты по барабану			Интервал		Цена деления барабана,мм
		при ввинчивании	при вывинчивании	среднее	Дел	мм	
1	5	1,1	1,2	1,15	79,80	4,01	0,0503
	6	81,4	80,5	80,95			
2	5	1,6	1,4	1,50	78,95	4,01	0,0508
	6	79,8	81,1	80,45			
3	6	14,5	15,2	14,85	80,25	4,09	0,0510
	7	96,0	94,2	95,10			
4	6	16,0	15,6	15,80	79,30	4,09	0,0516
	7	95,4	94,8	95,10			
5	7	5,1	6,0	5,55	79,60	3,91	0,0491
	8	86,4	83,9	85,15			
6	7	5,4	5,2	5,30	79,15	3,91	0,0494
	8	85,1	83,8	84,45			
7	8	0,5	0,5	0,50	80,70	4,05	0,0502
	9	80,8	81,6	81,20			
8	8	0,0	0,1	0,05	81,35	4,05	0,0498
	9	80,4	82,4	81,40			
Среднее							0,0503

Отклонение среднего значения от номинального составляет:

$$0,0503 - 0,0500 = 0,0003,$$

что не превышает допустимого значения расхождения 0,0025

Задание 1.

1. Выполнить поверки 1-7 нивелира Н-05, при необходимости произвести юстировку.
2. Описать проделанную работу, сделать выводы о пригодности нивелира к наблюдениям.

3. Лабораторная работа № 2.

Исследования и поверки нивелиров Sal-32 и Leica Sprinter-50

Цель работы:

- изучение устройства нивелиров;
- выполнение поверок; выявление основных неисправностей и их устранение.

Приборы и принадлежности: нивелир Sal-32 и Leica Sprinter-50, алюминиевая 4-метровая телескопическая рейка, рейка с электронно-цифровой шкалой

3.1. Нивелир оптический CST/Berger SAL 32 ND. Краткое описание. Поверки и юстировки



Рис. 3.1а Нивелир Sal-32

SAL 32 ND - оптический нивелир с компенсатором производства компании CST (США).

Имеет горизонтальный лимб для грубого определения горизонтальных углов.

Технические характеристики:

Модель	SAL 32
Точность измерения превышения (среднее отклонение на 1 км двойного хода)	1.0 мм
Изображение	Прямое
Увеличение	32 х
Диаметр объектива	36 мм
Поле зрения	1° 20'
Минимальное расстояние фокусировки	0.3 м
Тип компенсатора	Маятниковый компенсатор с магнитным демпфером
Рабочий диапазон компенсатора	15'
Чувствительность круглого уровня	8'/2 мм
Дискретность отсчета горизонтального круга	1°
Масса прибора	1.8 кг

Данный инструмент не имеет плоскопараллельной пластинки, а, следовательно, и барабанчика микрометра. Поэтому в комплекте с ним используется не инварная рейка, а алюминиевая телескопическая рейка с миллиметровыми делениями (рис.3.1б).

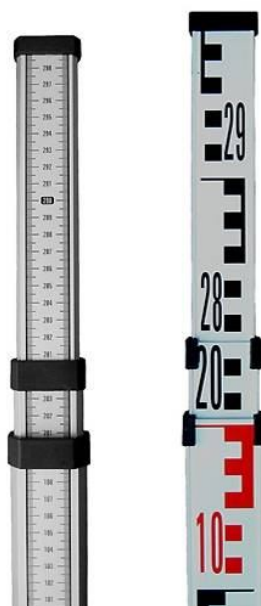


Рис. 3.16 Алюминиевая рейка для работы с нивелиром Sal-32

Характеристики прибора и высокое качество изготовления алюминиевых реек позволяет проводить измерения, соответствующие II классу нивелирования, однако, из-за относительно небольшого увеличения (32х) нивелир Sal-32 не используют для высокоточного нивелирования, а применяют при нивелирной съемке на небольших расстояниях (до 40 м), в основном - в строительстве. Снятие отсчетов по рейке производится по средней нити сетки. Расстояние от прибора до рейки измеряется при помощи отсчетов, снятых по верхней и нижней дальномерным нитям. Общий вид нивелира Sal-32 приведен на рис.3.1в

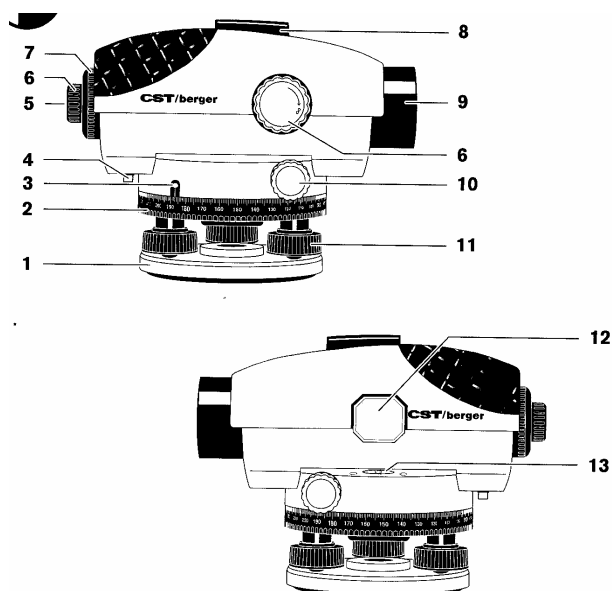


Рис.3.1в Нивелир Sal-32:

1 – подставка; 2 – лимб горизонтального круга; маркировка для установки 0 горизонтального круга; 4 – транспортировочный фиксатор компенсатора; 5 – окуляр зрительной трубы; 6 – винты фокусировки зрительной трубы; 7 – крышка окуляра; 8 – визир; 9 – объектив; наводящий винт; 11 – подъемный винт; 12 – пентапризма для считывания показаний круглого уровня; 15 – юстировочный винт сетки нитей

При работе с нивелиром рекомендуется произвести три основные поверки: поверку работы компенсатора, поверку параллельности оси круглого уровня оси вращения нивелира и поверку горизонтальности линии визирования.

3.1.1 Поверка работы компенсатора.

Каждый раз перед началом работы необходимо проверить безупречность работы компенсатора. Для этого приводят компенсатор в движение нажатием и отпусканием транспортировочного фиксатора 4. После его остановки записывают высоту и повторяют операцию снова. Значения высоты, измеренные в первом и во втором случае, должны в точности совпадать. Если это не так, инструмент отдают в ремонт.

3.1.2 Поверка круглого установочного уровня.

Ось круглого установочного уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.

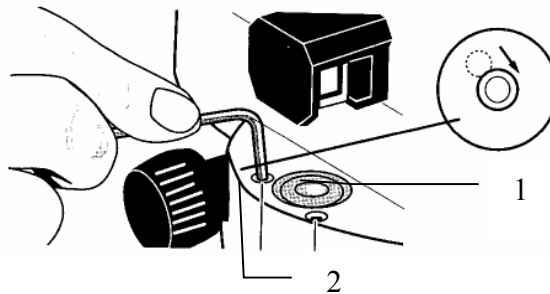


Рис.3.1.2 Регулировка установочного уровня:

1 – круглый (установочный) уровень; 2 – исправительные винты уровня

Пузырёк установочного уровня приводят на середину при помощи подъёмных винтов. Поворачивают нивелир вокруг оси на 180 градусов. Если пузырёк отклонился от середины, то, действуя подъёмными винтами, нужно переместить пузырек на половину величины его смещения из центра, а затем переместить пузырек в центр уровня, манипулируя двумя юстировочными винтами с помощью шестигранной шпильки. Затем снова поворачивают нивелир на 180 градусов. Если пузырёк уйдёт с середины более чем на 0,3 деления, то производят вторичное исправление. Эту поверку выполняют ежедневно перед началом работы.

3.1.3 Поверка 3.

Исследование горизонтальности оси визирования.

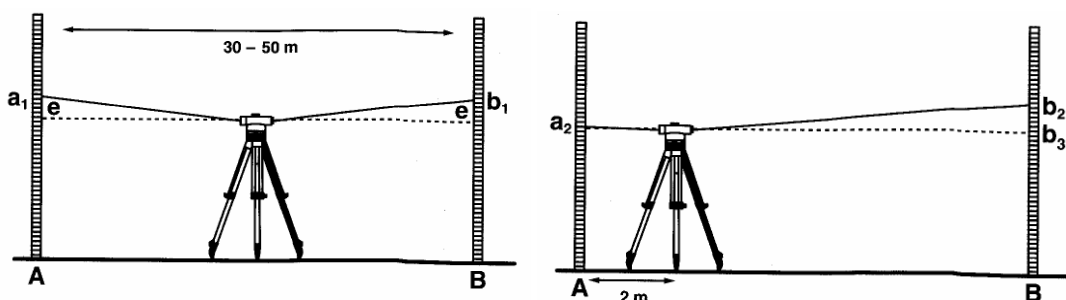


Рис.3.1.3 Исследование горизонтальности оси визирования

- Для проведения поверки ставят две рейки (лицом друг к другу) на точки А и В, на расстоянии 70-100 м друг от друга (**Рис.3.1.3**). Инструмент устанавливают на штатив посередине между ними и выполняют стандартную процедуру горизонтирования.
- Наводят зрительную трубу на каждую рейку и берут отсчеты А1 и В1.
- Переносят и устанавливают инструмент на расстоянии около 2 м от одной из реек. Берут отсчеты А2 и В2.
- Если $A1 - B1 = A2 - B2$, инструмент отлично отъюстирован, допуском является 3мм. Если же нет, выполняют следующую процедуру юстировки:
 - Вычисляют результат: $A3=B2+(A1 - B1)$
 - Наводятся на вычисленный отсчет по рейке А.
 - Снимают крышку, закрывающую юстировочные винты сетки нитей. Используя шестигранную шпильку и юстировочный винт сетки нитей, перемещают крест сетки нитей на отсчет А3.
 - Поверку повторяют.

3.2 Нивелир оптический Leica Sprinter 50. Краткое описание. Поверки и юстировки



Рис.3.2.1 Нивелир Leica Sprinter 50:

1 – кнопка включения; 2 – клавиша снятия измерений

Электронный нивелир Leica Sprinter 50 - представляет собой точный нивелир, работающий как в оптическом, так и в электронном режимах измерений. Простота оформления (снятие отсчетов одной кнопкой, вывод результатов на дисплей) и высокая точность снятия отсчетов позволяют производить нивелирование II – IV классов с большой экономией времени. Имеется горизонтальный лимб для грубого определения горизонтальных углов. Нивелир имеет датчик наклона, который препятствует системе выполнять измерение, если пользователь работает вне диапазона работы компенсатора.

Технические характеристики:

Модель	Leica Sprinter 50
Точность измерения превышения (среднее отклонение на 1 км двойного хода)	оптическое измерение - 2,5 мм
	электронное считывание – 2,0 мм
Изображение	Прямое
Увеличение	24 х
Диаметр объектива	36 мм
Поле зрения	2°
Минимальное расстояние фокусировки	0.5 м
Тип компенсатора	Маятниковый компенсатор с магнитным демпфером и электронным контролем диапазона
Рабочий диапазон компенсатора	10'
Чувствительность круглого уровня	10'/2 мм
Дискретность отсчета горизонтального круга	1°
Масса прибора	2,55 кг

На Рис.3.2.2 представлен внешний вид электронного нивелира Leica Sprinter 50.

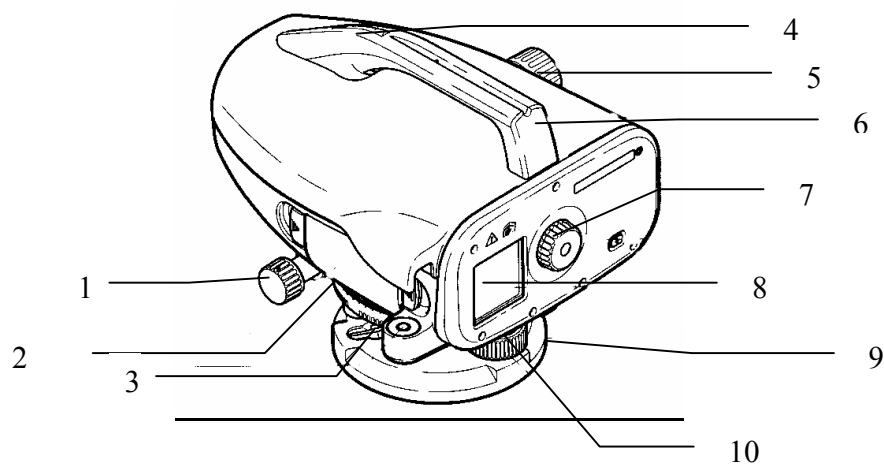


Рис.3.2.2 Нивелир Leica Sprinter 50:

1 – винт горизонтального наведения; 2 – батарейный отсек; 3 – круглый уровень; 4 – визир; 5 – винт фокусировки; 6 – ручка; 7 – окуляр; 8 – ЖК дисплей; 9 – подставка; 10 - подъемный винт

Для работы с нивелиром Leica Sprinter 50 используют специальные двусторонние рейки – с одной стороны они имеют шкалу для работы в оптическом режиме, с другой – электронно-цифровую шкалу для работы в электронном режиме (**рис.3.2.3**).



Рис.3.2.3 Нивелирная двусторонняя рейка для работы в режимах оптического / электронного снятия отсчетов

Также для выполнения высокоточных измерений используется специальная инварная рейка, на шкале которой нанесены штрихи для электронного считывания нивелиром (**рис.3.2.4**).



Рис.3.2.4 Инварная рейка с электронно-цифровой шкалой

Чтобы произвести снятие электронных отсчетов, нужно:

- включить нивелир;
- направить объектив на рейку и сфокусировать изображение;
- слегка нажать на клавишу измерений – отобразится значение высоты и расстояния.

3.2.1 Поверка круглого установочного уровня.

Поверка выполняется аналогично проверке нивелира Sal-32, описанной в п.3.1.2

3.2.2 Исследование горизонтальности оси визирования.

- Для активации программы «Юстировка (ADJ)», нажимают и удерживают нажатой клавишу измерения в течение 3 секунд.
- Для проведения проверки ставят две рейки (лицом друг к другу) на точки А и В, на расстоянии 30 м друг от друга. Инструмент устанавливают на штатив посередине между ними и выполняют стандартную процедуру горизонтирования.
- Наводят зрительную трубу на каждую рейку и берут отсчеты А1 и В1. Чтобы принять измерение, нажимают и удерживают нажатой клавишу измерения в течение 3 секунд.

- Переносят и устанавливают инструмент на расстоянии около 2 м от одной из реек. Берут отсчеты А2 и В2. Отображается ошибка нового электронного визирования. Для того, чтобы принять новую коррекцию, нажать и удерживать нажатой клавишу измерения в течение 3 секунд. Чтобы отклонить результат, один раз нажать на клавишу измерения.
- Если ошибка визирования превышает 3 мм, необходимо провести юстировку сетки нитей. Для этого нужно поворачивать юстировочный винт сетки (он расположен под окуляром) и методом приближений достигать уменьшения погрешности.

Задание 2

1. Выполнить поверки и юстировки нивелира Sal-32.
2. Выполнить поверки и юстировки нивелира Leica Sprinter-50;
3. Оформить результаты поверок в виде отчета.

4. Лабораторная работа № 3.

Исследования и поверки нивелирных инварных реек

Цель работы:

- провести поверки инварных реек РН-05 и NEDO 17а;
- определить, пригодны ли рейки для производства нивелирования II класса

Приборы и принадлежности: рейка инварная РН-05, рейка инварная NEDO 17а, нивелир Н-0,5, линейка, нить

4.1. Нивелирные рейки. Общие сведения

При выполнении геометрического нивелирования в качестве рабочей меры используются нивелирные рейки.

В соответствии с точностью выполнения нивелирных работ они подразделяются на классы:

- 1) высокоточные;
- 2) точные;
- 3) технические.

В настоящее время согласно ГОСТу 11158-83 для нивелирования I и II классов применяют рейки трех типов: РН-05 (высокоточные), РН-3 (точные), РН-10 (технические). Широкий спектр реек представлен также и зарубежными заводами-изготовителями.

Для повышения точности измерений в высокоточных рейках используются инварные ленты, закрепленные на рейке с постоянным натяжением. Кроме того высокоточные и точные рейки снабжены круглыми уровнями для точной их установки в отвесное положение во время измерений.

4.1.1 Рейка РН-05. Краткая характеристика

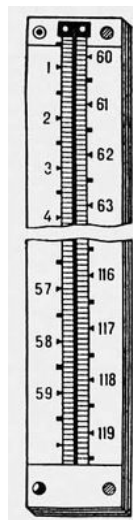


Рис.4.1.1 Инварная рейка РН-05;

Рейка РН-05 имеет деревянный корпус, изготовленный из хорошо выдержанного, пропитанного маслом и покрытого краской дерева, и шкалу, нанесенную на инварной ленте. Корпус деревянной рейки имеет длину 3060 мм, ширину 85 мм, наибольшую толщину – 40 мм.

На скошенной середине, лицевой грани корпуса вырезан продольный паз глубиной 6-8 мм, в котором находится инварная лента. На инварной ленте нанесены штрихи с интервалом 5 мм. Длина инварной ленты 3000 мм, ширина – 25 мм и толщина – 0,6 мм. Нижний конец ленты наглухо скреплён со стальным наконечником корпуса рейки (пяткой), верхний скреплён со стальным рычагом; к другому концу рычага прикреплена стальная пружина, крепко связанная с корпусом рейки. Пружина сообщает ленте натяжение в 20 кг. Натяжение проверяют при помощи динамометра и регулируют при помощи специальных гаек.

На инварной ленте рейки НР-05 нанесены две шкалы штрихов – основная и дополнительная. Толщина штрихов 1 мм, оси штрихов отстоят друг от друга на 5 мм. Дополнительная шкала смещена относительно основной на 2,5 мм. Нумерация штрихов основной шкалы рейки РН-05 от 0 до 60, дополнительной от 60 до 119. Нижняя плоскость пятки совпадает с нулевым штрихом основной шкалы.

Рейка снабжена круглым уровнем с ценой деления около 10' на 2 мм и откидными ручками.

Импортные инварные рейки делятся на рейки с интервалом между осями штрихов 5 мм, с интервалом 10 мм и с электронно-цифровой шкалой. Каждый из видов реек предназначен для работы с определенным типом нивелиров.

4.1.2 Рейка NEDO 17a. Краткая характеристика

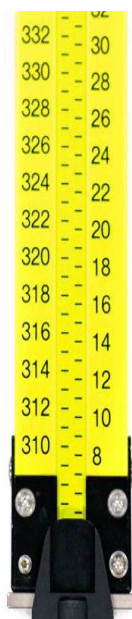


Рис.4.1.2 Инварная рейка NEDO 17a

Корпус инварной рейки сделан из прочного алюминиевого сплава с анодированной поверхностью. Сторона рейки с нанесенным делением лакирована желтым цветом. Деления выгравированы с высокой аккуратностью интерференционно направленным лазерным пучком прямо на лакировку. Оцифровка защищена полиэстеровым покрытием толщиной 0,1 мм. Погрешности деления встречаются редко и составляют менее $\pm 0,005$ мм.

Инварная лента находится в пазу реечного профиля и натянута очень слабым пером. Этим объясняется сбалансированный коэффициент растяжения реечного профиля.

Коэффициент растяжения составляет $< 1,5 \times 10^{-6}$. Подставка сделана из никелированной стали со сплавом хрома, закаленной и ошлифованной. Инварные рейки оснащены пузырьковыми уровнями и подвижными рукоятками. Рукоятки оцинкованы и имеют порошковое покрытие.

4.2 Поверки нивелирных инварных реек

4.2.1 Поверка 1.

Осмотр реек

При осмотре реек особое внимание обращают на качество окраски штрихов и оцифровки реек, а также на равномерность и чистоту красочных покрытий. На инварной полосе не должно быть пятен, царапин и отслаивания краски. Следует проверить крепление ручек, круглого уровня и пятки реек. Между корпусом и пяткой рейки не должно быть щелей.

4.2.2 Поверка 2.

Определение разности высот нулей шкал инварных реек

В 15 м от нивелира забивают три костыля. На каждом костыле проводят следующие действия: ставят сначала одну рейку и делают по три отсчёта по основной и дополнительной шкалам, затем те же действия проводят со второй рейкой. Результат измерений и их обработки приведен в Таблице 4.2.2.

Таблица 4.2.2

Определение разности высот нулей шкал инварных реек

№ костыля	Отчеты по рейкам						Разность высот	
	№5615			№5616				
	осн. шк	доп. шк	разность	осн. шк	доп. шк	разность	осн. шк.	доп. шк.
1	27,153	86,404	59,252	27,153	86,401	59,248	+1	+5
	4	5		2	0			
	3	5		2	0			
	Сред.	27,153		86,405	27,152			
2	30,021	89,273	59,251	30,021	89,269	59,249	0	+2
	2	3		1	70			
	1	0		0	70			
	Сред.	30,021		89,272	30,021			
3	29,285	88,536	59,251	29,282	88,530	59,248	+2	+5
	6	7		4	1			
	4	6		4	2			
	Сред.	29,285		88,536	29,283			
Сред.	59,251			59,248			+1	+4

Второй и третий приемы не приводятся

Сред. из 3-х приемов	59,251	59,249	+1	+3
Средняя разность высот нулей шкал барабана			+2 дел. = 0.10 мм	

Когда рейки побывают на всех трёх костылях, все действия составят один приём. Всего необходимо сделать три приёма. Между приёмами требуется изменять положение нивелира по высоте на 3-5 см.

Если число станций в нивелирном ходе чётное, то превышение по нивелирному ходу не искажается. Если число станций нечётное, то за разность высот нулей реек приходится вводить в превышение поправку.

Рассмотрим, каким образом следует вводить эту поправку.

Пусть рейки имеют номера i и j . Обозначим через (i) и (j) отсчёты по этим рейкам, а через $(i)_0$ и $(j)_0$ – отсчёты по этим рейкам при постановке их на один и тот же костыль (Рис.4.2.2).

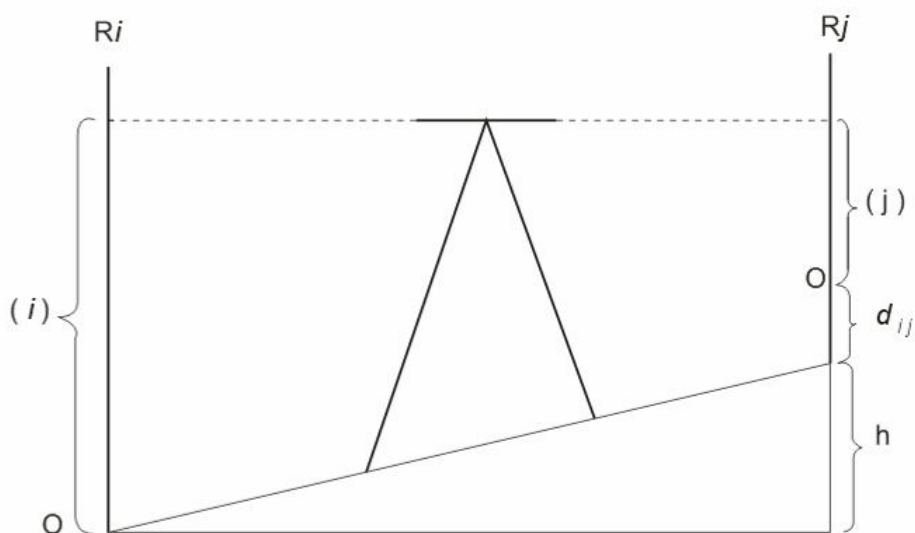


Рис.4.2.2 Влияние на превышение разности нулей реек

Тогда разность нулей этих реек

$$d_{ij} = (i)_0 - (j)_0$$

Пусть i – задняя рейка, j – передняя. В этом случае

$$h = (i) - (j) - d_{ij}$$

Этой формулой и следует пользоваться при введении поправок в превышения за разность высот нулей шкал реек.

4.2.3. Поверка 3.

Исследование перпендикулярности плоскости пятки рейки к оси рейки и совпадения плоскости пятки с нулем основной шкалы

В 15 м от нивелира забивают три колышка. На каждом колышке поочередно устанавливают рейку центром пятки, её передним, задним, левым и правым краями. Эти точки на пятке рейки указаны на **Рис.4.2.3**. При каждой установке рейки делают по три отсчёта по основной шкале. Средние значения отсчётов при каждом положении рейки обозначаются соответственно через a_1 , a_2 , a_3 , a_4 , a_5 . Все эти действия, при которых рейка побывает на всех трёх колышках, составляют один приём. Для каждой рейки полагается делать по два приёма.

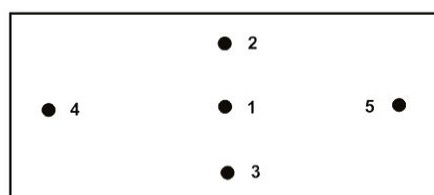


Рис. 4.2.3 Расположение точек установки рейки

Средние значения разностей должны быть меньше 0,1 мм. Если разности превышают этот предел, то необходимо пользоваться подпятником.

Исследование совпадения плоскости пятки с нулём основной шкалы производят путём простого измерения контрольной линейкой расстояния от плоскости пятки рейки до оси нулевого штриха основной шкалы рейки. Пример поверки перпендикулярности плоскости пятки рейки к оси рейки приведен в **Таблицах 4.2.3а и 4.2.3б**.

Таблица 4.2.3а

Поверка перпендикулярности плоскости пятки рейки к оси рейки и совпадения плоскости пятки с нулем основной шкалы

№ приема	№ колышка	№ штриха рейки	Отчеты по барабану				
			центр пятки	передним краем	задним краем	левым краем	правым краем
			a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
1	1	26,0	8,3	6,3	6,0	6,5	19,2
			8,1	6,8	5,8	6,3	18,4
			8,6	5,9	5,7	6,2	18,6
		сред.	8,3	6,3	5,8	6,3	18,7
	2	25,5	65,0	58,8	60,1	58,7	55,6
			66,2	57,9	61,2	59,1	54,9
			64,4	58,2	60,4	58,5	55,2
		сред.	65,2	58,3	60,6	58,8	55,2
	3	36	23,2	28,8	34,2	22,0	23,0
			23,8	29,1	34,0	22,1	23,8
			23,1	28,7	33,8	22,0	23,7
		сред.	23,4	28,9	34,0	22,0	23,5

Второй прием не приводится.

Таблица 4.2.36

Вычисление средних из приёмов

№ приёма	№ костыля	Разность (в делениях барабана)			
		a1-a2	a1-a3	a1-a4	a1-a5
1	1	+2,0	+2,5	+2,0	-10,4
	2	+6,9	+4,6	+6,4	+10,0
	3	-5,5	-9,6	+1,4	-0,1
2	1	+6,2	+1,5	+4,7	+6,8
	2	-4,0	+1,3	+0,5	+3,4
	3	+2,1	-0,7	+1,8	-3,8
Сред		+1,3	+0,9	+2,8	+1,0
Сред, мм		+0,06	+0,04	+0,14	+0,05

Вывод: без подпятника рейкой пользоваться нельзя, т.к. $a_1 - a_4 > 0,1$ мм.

4.2.4. Поверка 4.

Определение прогиба рейки

Рейка должна быть уложена в горизонтальное положение на боковое ребро. Между нижним и верхним концами рейки натягивается нить. При помощи обычной линейки измеряют расстояния a_1 (по левому краю), a_2 (по центру) и a_3 (по правому краю) от нити до инварной полосы (Рис.4.2.4 а,б).

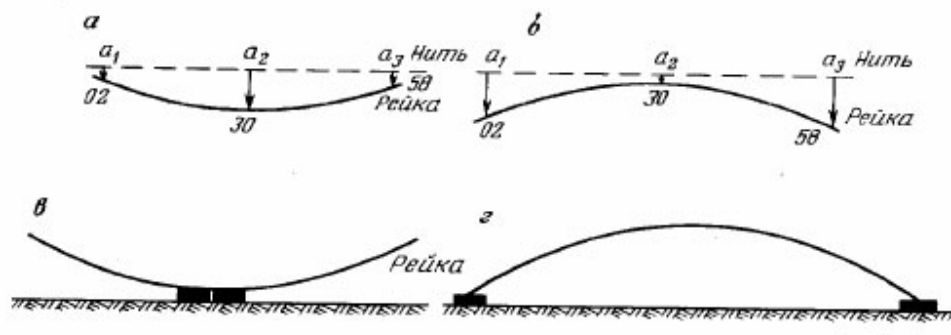


Рис. 4.2.4 а,б – определение прогиба рейки; в,г – расположение рейки на упорах.

Прогиб рейки определяется по формуле

$$\Delta a = a_2 - \frac{a_1 + a_3}{2}$$

Допустимая величина прогиба 5 мм.

Если во время работы прогиб стал больше, чем 5 мм, то в перерывах работы рейку надо укладывать на упоры, как показано на Рис. 4.2.4 в,г.

Пример определения прогиба рейки приведен в Таблице 4.2.4.

Таблица 4.2.4

Определение прогиба рейки

a1 мм	a2 мм	a3 мм	Прогиб мм
6	7	6	1
6	6	7	-0,5
5	6	7	0

4.2.5. Поверка 5.

Контрольное определение длины метровых интервалов шкал рейки

Погрешности метровых интервалов и всей шкалы у инварных реек, предназначенных для нивелирования 1 класса, не должны превышать 0,10 мм. При нивелировании 2 класса погрешности не должны превышать 0,20 мм. В случае превышения допустимого отклонения в измеренные превышения вводятся поправки.

Данное исследование выполняется перед началом и после окончания полевых работ. Исследуются метровые интервалы 10 – 30, 30 – 50, 70 – 90 и 90 – 110 основной и дополнительной шкал инварной рейки в прямом и обратном направлениях с помощью контрольной линейки. Каждый исследуемый интервал измеряется дважды по левому и правому краю штрихов начала и конца интервала (см. рис. 4.2.5).



Рис. 4.2.5 Определение погрешности метровых интервалов с помощью нормальной линейки:

$$Л1=0,03 * 2 = 0,06 \text{ мм}, \quad П1=1000,14 \text{ мм};$$

$$Л2=1.03 * 2 = 1,06 \text{ мм}; \quad П2=1001,14 \text{ мм}$$

Для проведения исследования рейку укладывают на упоры. Упоры должны находиться под делениями 12 и 48.

Метровые интервалы 10-30, 30-50 основной шкалы и 70-90 и 90-110 дополнительной шкалы измеряют в прямом и обратном направлениях. Перед обратным ходом контрольную линейку поворачивают на 180 градусов. Отсчёты производят по двум краям штрихов два раза. Перед вторым измерением каждого интервала линейку немного сдвигают.

П-Л не должны отличаться друг от друга больше, чем на 0,1 мм, иначе измерения необходимо повторить, сдвинув контрольную линейку еще раз.

Перед измерением какого-либо интервала с помощью термометра на контрольной линейке измеряется температура воздуха. Вычисляют среднее из 4-х значений П-Л и вносят поправку за длину и температуру контрольной линейки, получая таким образом длину метрового интервала.

Длины одних и тех же метровых интервалов, полученные в прямом и обратном ходах, не должны различаться более чем на 0,05 мм. Если расхождения больше допустимых, измерения повторяют, из полученных результатов берут среднее. Грубые отсчёты исключаются. Пример контрольного определения длин метровых интервалов шкал рейки приведен в **Таблице 4.2.5**.

Таблица 4.2.5

Рейка №2843

Контрольная линейка №462

$L=1000-0.03+0.018(t-20,7^{\circ}\text{C})$, мм

Основная шкала

Интервалы рейки	t, °C	Отсчеты по линейке, мм		П – Л, мм	Среднее (П – Л), мм	Поправка за длину и температуру линейки, мм	Длина интервала, мм
		Л	П				
10 – 30	+22,0	0,06	1000,14	1000,08	.	.	.
		1,06	1001,10	1000,04	.	.	.
		0,22	1000,24	1000,02	.	.	.
		1,26	1001,28	1000,02	1000,04	+0,02	1000,06
30 – 50	+22,0	0,10	1000,12	1000,02	.	.	.
		1,14	1001,16	1000,02	.	.	.
		0,26	1000,30	1000,04	.	.	.
		1,24	1001,28	1000,04	1000,03	+0,02	1000,05
50 – 30	+22,1	0,46	1000,50	1000,04	.	.	.
		1,50	1001,58	1000,08	.	.	.
		0,80	1000,80	1000,00	.	.	.
		1,82	1001,86	1000,04	1000,04	+0,02	1000,06
30 – 10	+22,1	0,58	1000,60	1000,02	.	.	.
		1,60	1001,60	1000,02	.	.	.
		0,76	1000,78	1000,00	.	.	.
		1,78	1001,80	1000,02	1000,02	+0,02	1000,04

Длины метровых интервалов, мм:

10-30 1000,05

30-50 1000,06

При исследовании инварной рейки NEDO 17a, штрихи которой расположены через 10 мм, измерения производятся на интервалах 50-150 и 150-250 основной шкалы и 350-450 и 450-550 дополнительной шкалы.

Описанный способ измерения метровых интервалов шкал рейки применяется для контроля в период работы в поле. Более точно длины метровых интервалов определяются на компараторе. Именно по результатам этих измерений в результаты нивелирования I и II класса вносится поправка за среднюю длину метрового интервала.

4.2.6. Поверка 6.

Исследование правильности нанесения дециметровых делений шкал рейки

Данная поверка обычно выполняется в лабораторных условиях перед началом полевых работ. Поверку выполняют путём измерения длин дециметровых интервалов контрольной линейкой. Измерение дециметровых интервалов производят по частям: сначала на делениях 02-10, затем 10-30, 30-50 и, наконец, 50-58 основной шкалы и 60-70, 70-90, 90-110, 110-118 дополнительной шкалы. Отсчёты производят по обоим краям штрихов. В прямом ходе отсчёты производят по левым краям штрихов (Л), в обратном – по правым (П). Разности отсчётов по левому и правому краям (П-Л) на исследуемом интервале рейки не должны различаться между собой более чем на 0,2 мм. Если расхождение больше, все измерения в данном метре повторяют, из полученных результатов берут средние, исключая грубые отсчёты.

Перед началом и в конце измерений каждого метрового интервала отсчитывают температуру контрольной линейки. Погрешности дециметровых делений при выполнении нивелирования II класса не должны превышать 0,1 мм. Пример исследования дециметровых интервалов шкал инварной рейки приведен в **Таблице 4.2.6**.

Таблица 4.2.6

Основная шкала

Контрольная линейка №462

$L=1000-0.03+0.018(t-20,7^{\circ}\text{C})$, мм

№ деления	Л	П	(Л+П)/2	П-Л	Среднее, приведенное к нач. штриху, мм	Δt , 0,01 мм	Исправленная длина, мм	Ошибка дециметрового деления, мм
$t_{\text{нач}}=+25,0^{\circ}\text{C}$ $t_{\text{кон.}}=+25,2^{\circ}\text{C}$								
2	0 (1)	1,10(10)	0,55	1,10	00,00	0	00,00	0,00
4	100,02 (2)	101,12(9)	100,57	1,10	100,02	0	100,02	+0,02
6	199,96(3)	201,08(8)	200,52	1,12	199,97	+1	199,98	-0,02
8	300,64(4)	301,16(7)	300,61	1,10	300,06	+2	300,08	+0,08
10	400,00(5)	401,12(6)	400,56	1,12	400,01	+2	400,03	+0,03
$t_{\text{нач}}=+25,2^{\circ}\text{C}$ $t_{\text{кон.}}=+25,2^{\circ}\text{C}$								
10	00,04	01,14	00,59	1,10	00,00	0	00,00	0,00
12	100,08	101,14	100,61	1,06	100,02	+1	100,03	+0,03
14	200,06	201,12	200,59	1,06	200,00	+1	200,01	+0,01
16	300,00	301,10	300,55	1,10	299,96	+2	299,98	-0,02
18	400,00	400,14	400,57	1,14	399,98	+2	400,00	0,00
20	500,06	500,16	500,61	1,10	500,02	+3	500,05	+0,05
22	599,98	601,08	600,53	1,10	599,94	+3	599,97	-0,03
24	700,00	701,12	700,56	1,12	699,97	+4	700,01	+0,01
26	800,06	801,20	800,63	1,14	800,04	+4	800,08	+0,08
28	900,02	901,10	900,56	1,08	899,97	+5	900,02	+0,02
30	1000,06	1001,14	1000,60	1,08	1000,01	+5	1000,06	+0,06

Чтобы определить поправку Δt за приведенные длины интервала контрольной линейки K к температуре компарирования рейки, нужно длину исследуемого интервала в метрах умножить на ΔL , где ΔL определяется из уравнения контрольной линейки

$$L = 1000 + \Delta L$$

В нашем примере уравнение контрольной линейки:

$$L = 1000 - 0.03 + 0.018(t - 20,7^{\circ}\text{C}),$$

поэтому в нашем случае

$$\Delta t = K [-0.03 + 0.018 (t - 20,7^{\circ}\text{C})].$$

Для интервала 100 мм $K=0,1$; для интервала 200 мм $K=0,2$ и т.д.

Исследование инварной рейки NEDO 17а проводится на следующих интервалах:

основная шкала: 10-50, 50-150, 150-250, 250-290;

дополнительная шкала: 310-350, 350-450, 450-550, 550-590.

4.2.7. Поверка 7.

Поверка правильности установки круглого уровня на рейке

Эта поверка выполняется ежедневно перед началом работ. Выполнение данной поверки производится в следующей последовательности:

- 1) нивелир приводят в рабочее положение и наводят вертикальную нить сетки на ребро рейки, установленной на расстоянии около 40 м;
- 2) исправительными винтами круглого уровня рейки приводят пузырек в нуль-пункт;
- 3) поворачивают рейку на 90° и повторяют юстировку уровня в случае его отклонения более чем на 0.2 его деления;
- 4) при повторном повороте рейки в первоначальное положение контролируют положение пузырька уровня и, если есть необходимость, повторно его юстируют.

Задание 3

1. Провести поверки инварных реек.
2. Сделать вывод о пригодности реек к выполнению нивелирования II класса.

5. Лабораторная работа №5

Проложение нивелирного хода II класса

Цель работы:

- Ознакомиться с методикой проведения высокоточного геометрического нивелирования 2 класса, получить необходимые практические навыки;
- выполнить прямой и обратный нивелирный ход, используя различные геодезические инструменты;
- провести камеральную обработку полученных результатов, оценить погрешности выполнения работы.

Приборы и принадлежности:

- Нивелир Н-05;
- нивелир Sal-32;
- нивелир Leica Sprinter-50;
- две инварные рейки РН-05;
- 4-метровая телескопическая двусторонняя алюминиевая рейка с миллиметровыми делениями;
- 3-метровая телескопическая двусторонняя алюминиевая рейка с штрих-кодовой шкалой;
- лазерная рулетка Leica Disto D5;
- 50-метровая рулетка;
- штатив к нивелиру;
- набор костылей.

5.1 Порядок выполнения измерений

Нивелирование второго класса производят в прямом и обратном направлениях по костылям или кольям.

При нивелировании в прямом направлении порядок наблюдений на станции следующий:

Нечётная станция:

1. Отсчёт по основной шкале задней рейки;
2. Отсчёт по основной шкале передней рейки;
3. Отсчёт по дополнительной шкале передней рейки;
4. Отсчёт по дополнительной шкале задней рейки.

Чётная станция:

1. Отсчёт по основной шкале передней рейки;
2. Отсчёт по основной шкале задней рейки;
3. Отсчёт по дополнительной шкале задней рейки;
4. Отсчёт по дополнительной шкале передней рейки.

При нивелировании в обратном направлении наблюдения на нечётных станциях начинают с передней рейки, а на чётных - с задней. При перемене направления нивелирования рейки меняют местами. Нормальная длина луча визирования – 65 м. Высота луча визирования над подстилающей поверхностью должна быть не менее 0,5 м. В отдельных случаях при длине луча визирования до 30 м разрешается выполнять наблюдения при высоте луча визирования более 0,3 м.

Не разрешается выполнять наблюдения:

- при колебаниях изображений затрудняющих точное наведение биссектора на штрих рейки, и «плавающих» изображениях;
- сильном и порывистом ветре;
- сильных и скачкообразных колебаниях температуры воздуха и аномально быстрых односторонних её изменениях.

Расстояния от места установки нивелира до реек измеряют тонким стальным тросом или стальной лентой (рулеткой). Можно использовать лазерную рулетку. Но использовать для измерений дальномер нивелира запрещается. Неравенство расстояний от нивелира до реек допускают не более 1 м. Накопление этих неравенств по секции допускается не более 2 м.

Результаты наблюдений на станции записывают в журнал или вводят в запоминающее устройство регистратора.

При работе нивелиром с компенсатором отсчеты по рейке и отсчетному барабану (микрометру) делают сразу же после наведения трубы на рейку, которая должна наблюдаться первой, и приведения пузырька установочного уровня на середину. Перед отсчетом необходимо убедиться, что компенсатор находится в рабочем состоянии.

Последовательность наблюдений на станции нивелирами с уровнем следующая (порядок наблюдений в скобках показан в **Таблице 5.2**):

1. Направляют трубу в сторону той рейки, которая на данной станции наблюдается первой, и тщательно приводят пузырьки установочных уровней на середину.

2. Наводят трубу на основную шкалу той рейки, которая должна наблюдаться первой; ставят барабан на отсчёт 50; вращением элевационного винта приближённо совмещают изображения концов пузырька уровня; делают дальномерные отсчёты по верхней и нижней нитям [(1), (2)].

3. Вращением элевационного винта точно совмещают изображения концов пузырька уровня; вращением барабана точно наводят биссектор на ближайший штрих основной шкалы; делают отсчёты по рейке и барабану (до целых делений его шкалы) [(3), (4)].

4. Наводят трубу на основную шкалу второй рейки; выполняют действия из пунктов 2 и 3 [(5), (6), (7), (8)];

5. Наводят трубу наводящим винтов на дополнительную шкалу второй рейки; совмещают уровень поворотом элевационного винта на четверть оборота; снова точно совмещают вращением элевационного винта концов пузырька уровня и выполняют остальные действия перечисленные в пункте 3 [(9), (10)].

6. Наводят трубу на дополнительную шкалу первой рейки и действуют согласно пункту 3 [(11), (12)].

Отсчёт по рейке начинают снимать после полного успокоения пузырька цилиндрического уровня и не ранее чем через полминуты после установки рейки на костыле.

5.2 Обработка результатов

На каждой станции подсчитывают значение превышения по наблюдениям основных и дополнительных шкал реек 3 [(13),(14),(15),(16), (17),(18)]. При вычислении превышений (15) и (18) нужно производить внимательно, поскольку, если отсчеты по рейке и барабану имеют одинаковые знаки, то их значения складываются, а если разные – вычитаются. Расхождения между превышениями [(15)-(18)] и разность высот нулей реек[(25) – (26)], вычисленная и полученная из исследований, не должна быть более 0,7 мм (19). Если расхождение получилось более допустимого, то все наблюдения на станции переделывают, предварительно изменив положение нивелира по высоте не менее чем на три сантиметра.

Значения длины плеч (расстояние от станции до рейки) вычисляется для задней рейки: (21)=(1)-(2); для передней: (22)=(5)-(6). Для контроля записывается грубое значение превышения (24), вычисленное как среднее значение между разностями (1)-(5) и (2)-(6). Записывается разность плеч и ее накопление (23). Фиксируют также накопление погрешности определения превышений по основной и дополнительной шкалам (20).

Для контроля после последнего измерения в секции считают суммарные значения длин плеч и отсчетов по рейке и барабану. Исходя из этих суммарных значений вычисляют общее превышение по основной (37) и дополнительной (38) шкалам реек. Записывают среднее превышение в полудециметрах и переводят его в миллиметры, вносят поправку за среднюю длину метра реек (см.п.4.2.5). Результатом вычислений в журнале нивелирования II класса является значение превышения между 1-м и последним пунктами в секции и по всему нивелирному ходу, который может состоять из нескольких секций.

В ходе учебной практики может выполняться как нивелирование между двумя твердыми пунктами (реперами) с известными координатами, так и нивелирование по замкнутому ходу. В первом случае невязка хода вычисляется как разность значений превышений, вычисленных по имеющимся координатам и полученных в результате измерений. Во втором случае сумма всех превышений должна быть равна нулю, поэтому полученное суммарное превышение и даст невязку хода. Невязка хода как в первом, так и во втором случае должна быть не более $5\sqrt{L}(\text{мм})$, где L – длина хода в км.

Если расхождение получилось больше допустимого, то нивелирование по секции повторяют в одном из направлений. Явно неудовлетворительное значение превышения исключают. Оставшиеся два значения принимают в обработку, если они не расходятся между собой больше указанных допусков и получены из нивелирования в противоположных направлениях.

При окончательной обработке сначала усредняют значения превышения из ходов одного направления, а затем - из ходов прямого и обратного направлений. Если первоначальные и повторные значения превышения не удовлетворяют перечисленным требованиям, то первоначальные исключают и выполняют еще одно повторное нивелирование в противоположном направлении. На линиях I и II класса обязательны рекогносцировка и исследование местности. При рекогносцировке ищут оптимальные варианты линий и узлов связи, намечают места закладки реперов, а также собирают сведения необходимые для организации дальнейших работ. Рекогносцировка начинается с обследования состояния исходного репера и продолжается по направлению намеченной линии. Места для закладки новых реперов отмечают на карте. Образец записи в журнале нивелирования II класса и пример расчета средних превышений по секциям приведен в **Таблицах 5.2.1 и 5.2.2.**

Таблица 5.2.1

Образец записи в журнале нивелирования II класса									
№	Привязка/ температура	Отсчет по дальномерным нитям			Отсчеты по биссектору нитей				Контроль
					Основная шкала		Дополнительная шкала		
		З	П		Р	Б	Р	Б	
1	Марка 6187 t=+17,3°C	1910(1)	2840(5)	з	19,8(3)	58(4)	79,0(11)	102(12)	59,244(25)
		2050(2)	2980(6)	п	29,1(7)	58(8)	88,4(9)	8(10)	59,250(26)
		140(21)	140(22)	з-п	-9,3(13)	0(14)	-9,4	+94(17)	
		-9,30(24)	0/0(23)	и	-9,300(15)		-9,306(18)		+6(19)
								+6(20)	
2		2435(5)	2380(1)	з	28,5(7)	40(8)	87,7(9)	88(10)	59,248(26)
		3260(6)	3215(2)	п	28,0(3)	95(4)	87,3(11)	47(12)	59,252(25)
		825(21)	835(22)	з-п	+0,5(13)	-55(14)	+0,4(16)	+41(17)	
		+0,50(24)	-10/-10(23)	и	+0,445(15)		+0,441(18)		+4(19)
								+10(20)	
3	t=+17,3°C	2050	4880	з	23,6	27	82,8	86	59,259
		2670	5500	п	51,9	28	111,1	77	59,249
		620	620	з-п	-28,3	-1	-28,3	+9	
		-28,3	0/-10	и	-28,301		-28,291		-10
								0	
4		750	4310	з	10,6	66	69,9	16	59,250
		1370	4930	п	46,2	8	105,4	57	59,249
		620	620	з-п	-35,6	+58	-35,5	-41	
		-35,60	0/-10	и	-35,542		-35,541		-1
								-1	
5	t=+17,3°C	2560	2505	з	29,7	24	89,9	75	59,251
		3380	3330	п	29,2	40	88,4	93	59,253
		820	825	з-п	+0,5	-16	+0,5	-18	
		+0,52	-5/-15	и	+0,484		+0,482		+2
								+1	
6		2602	1945	з	30,2	20	89,4	71	59,251
		3432	2775	п	23,6	93	82,9	42	59,249
		830	830	з-п	+6,6	-73	+6,5	+29	-2
		+6,57	0/-15	и	+6,527		+6,529		-1
7	t=+17,3°C	4480	1830	з	47,7	26	106,9	85	59,259
		5060	2410	п	21,2	35	80,5	0	59,265
		580	580	з-п	+26,5	-9	+26,4	+85	
		+26,50	0/-15	и	+26,491		+26,485		+6
								+5	
8		2020	5686	з	21,4	33	80,6	83	59,250
		2270	5934	п	58,1	25	117,3	78	59,253
		250	248	з-п	-36,7	+8	-36,7	+5	
		-36,65	+2/-13	и	-36,692		-36,695		+3
								+8	
9	t=+17,3°C	2100	5410	з	21,8	34	81,0	80	59,246
		2260	5550	п	54,8	60	114,1	13	59,253
		160	140	з-п	-33,0	-26	-33,1	+67	+7
		-33,00	+20/+7	и	-33,026		-33,033		+15

10	Σ(1-10)	1580	5455	з	16,5	57	75,8	8	59,251
		1720	5585	п	55,1	85	114,4	39	59,254
		140	130	з-п	-38,6	-28	-38,6	-31	
		-38,7	+10/+17	и	-38,628		-38,631		+3
									+18
	Грун. реп 2003 t=+17,3°C	4985(27)	4968(28)		249,8(29)	385(31)	842,0(38)	694(35)	
			+17		397,2(30)	527(32)	989,8(34)	454(36)	+18(20)
					-147,4(39)	-142(40)	-147,8(41)	+240(42)	
					147,542(37)		-147,560(38)		
11		1320	5560	з	14,0	43	73,2	91	59,248
		1480	5720	п	56,4	13	115,6	62	59,249
		160	160	з-п	-42,4	+30	-42,4	+29	
	-42,40	0/+17	и	-42,370		-42,371		+1/+19	
		Подсчет по секции от марки 6187 до грунт. реп. 2003							
		5145(27)	5128(28)	(Σ28)	263,8(29)	428(31)	915,2(33)	785(35)	
			+17		453,6(30)	540(32)	1105,4(34)	516(36)	
					-189,8(39)	-112(40)	-190,2(41)	+269(42)	+19(20)
					-189,912(37)		-189,931(38)		
		l=0,5 км (38)	n=11 шт. (39)		Ср. -189,922 (1/2 дм)				(36)

В скобках показан порядок действий при снятии отсчетов.

Измеренное превышение: $h' = -9496,1$ мм

Поправки за среднюю длину метра реек: $\delta h = -0,01$

Исправленное превышение: $h = -9496,2$ мм

Таблица 5.2.2

Превышения, мм				
Станция	прямой ход	обратный ход	Разности превышений, мм	Среднее измеренное превышение
1	-9496,5	+9489,9	-6,6	-9,4932
2	+1922,5	-1914,8	+7,7	+1,9186
3	-1107,6	+1107,4	-0,2	-1,1075
4	-308,6	+3806,1	+3,5	-3,8044

Обработку результатов измерений можно производить в различных прикладных программах. Одним из вариантов обработки результатов является использование программы Credo DAT. Для того, чтобы произвести обработку нивелирного хода, нужно знать (хотя бы с невысокой точностью) плановое положение пунктов. В план учебной практики по высокоточному нивелированию не входит тахеометрическая съемка, поэтому предлагается прокладывать нивелирный ход так, чтобы углы поворотов нивелирной трассы были близки к прямым.

Пример схемы нивелирного хода (**рис.5.2**) и ведомостей нивелирных ходов (**табл.5.2.3, 5.2.4**) приведены ниже.

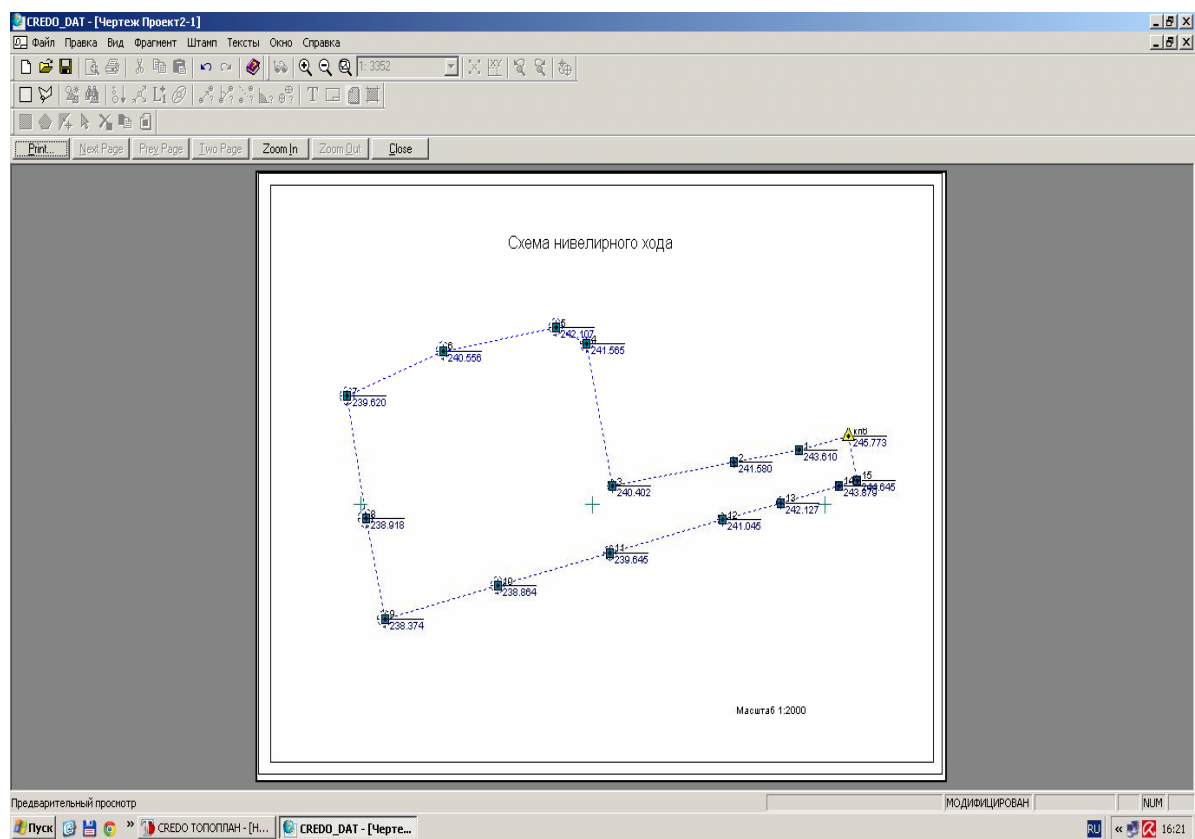


Рис. 5.2 Схема замкнутого нивелирного хода

Таблица 5.2.3

Ведомость нивелирных ходов

Ход	Пункт	Штати- ВЫ	Длина	h изм.	Поправка	h уравни.	H
1	кпб						245.773
			43.860	-2.163	-0.000	-2.163	
	1						243.610
			64.040	-2.030	-0.001	-2.030	
	2						241.580
			100.210	-1.177	-0.001	-1.178	
	3						240.402
			100.820	1.164	-0.001	1.163	
	4						241.565
			30.240	0.543	-0.000	0.543	
	5						242.107
			100.130	-1.550	-0.001	-1.551	
	6						240.556
			85.190	-0.936	-0.001	-0.937	
	7						239.620
			97.730	-0.701	-0.001	-0.702	
	8						238.918

	9		69.150	-0.543	-0.001	-0.544	238.374
	10		99.990	0.490	-0.001	0.489	238.864
	11		99.650	0.782	-0.001	0.781	239.645
	12		99.950	1.402	-0.001	1.400	241.045
	13		51.650	1.083	-0.001	1.082	242.127
	14		51.450	1.752	-0.001	1.751	243.879
	15		16.170	0.766	-0.000	0.766	244.645
	кпб		53.010	1.129	-0.001	1.128	245.773
Итого:			1163.240	0.013	-0.013	0.000	
Уравненное превышение:		0.000					
Невязка:		0.013					
Поправка на 1 км:		-0.000					
Поправка на 1 штатив:							

Таблица 5.2.4

Характеристика нивелирных ходов

Ход	Класс	Пункты	Штаты-вы	Длина	N	Fh факт.	Fh доп.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2-класс	кпб, 1, ..., кпб		1163.240	17	0.013	0.136

Задание 4

1. Изучить методику проведения нивелирования II класса; подготовить журнал наблюдения (на бумажном носителе или в компьютерном виде);

2. провести рекогносцировку местности; используя рулетку 50 м или лазерную рулетку, разбить замкнутый нивелирный ход, учитывая допуски на расстояния между нивелиром и рейками и обеспечивая видимость реек в поле зрения нивелира; забить колышки и отметить положение станций, на которых будет устанавливаться нивелир;

3. выполнить нивелирование по прямому и обратному ходу, используя нивелир Н-05 и инварные рейки РН-05 (или NEDO 17a);

4. на каждой станции нивелирования записывать отсчеты в журнал нивелирования и производить контроль; если на станции контроль вышел за пределы допуска, произвести повторные измерения;

5. производя измерения обратного хода, на каждой станции следить, не превышают ли расхождения значений превышений прямого и обратного хода допустимого значения расхождения;

6. выполнить нивелирование по прямому ходу, используя нивелир Sal-32 и алюминиевые рейки с миллиметровыми делениями, используя предыдущий маршрут;

7. выполнить нивелирование по обратному ходу, используя нивелир Sprinter 50;

8. выполнить обработку результатов измерений с использованием программного комплекса CREDO;

9. оформить отчет с описанием методики измерений и обработки результатов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов ГКИНП (ГНТА)-03-010-02
2. Ассур В.Л, Муравин М.М. Руководство по летней геодезической и топографической практике. – М., «Недра», 1975, - 397 с.
3. Магуськин Б.Ф. Исследования и поверки высокоточных нивелиров: Методические указания. – Екатеринбург: изд-во Урал. ун-та, 1994, - 18 с.
4. Магуськин Б.Ф. Исследования нивелирных инварных реек: Методические указания. – Екатеринбург: изд-во Урал. ун-та, 1991, - 13 с.