ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ РОССИИ

Центральный ордена "Знак Почета"
научно-исследовательский институт геодезии,
аэросъемки и картографии им. Ф.Н. Красовского

МЕТОДИКА ИНСТИТУТА

Базисный прибор БП-1.
Методика выполнения измерений контрольных базисов

МИ БГЕИ 34-00

Москва
ЦНИИГАиК
2000 г.

gost.e-ecolog.ru

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ РОССИИ

Центральный ордена "Знак Почета"
научно-исследовательский институт геодезии,
аэросъемки и картографии им. Ф.Н. Красовского

МЕТОДИКА ИНСТИТУТА

Базисный прибор БП-1.
Методика выполнения измерений
контрольных базисов

МИ БГЕИ 34-00

Москва
ЦНИИГАиК
2000 г.

Предисловие

1. РАЗРАБОТАНА Центральным ордена "Знак Почета" научно-исследовательским институтом геодезии, аэросъемки и картографии им. Ф.Н. Красовского (ЦНИИГАиК)

Директор института	Н.Л. Макаренко
Главный метролог	А.А. Синдеев
Руководитель темы зав. ОСМОГИ	А.И. Спиридонов
Исполнитель: н.с.	В.Д. Крылов

2. РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА подкомитетом ПК4 "Геодезические приборы" Технического комитета ТК 404 "Геодезия и картография" (протокол № 2-00 от 06.09. 2000 г.)

3. СОГЛАСОВАНА Роскартографией 03 ноября 2000 г. № 4-09-3257 .

4. ВВЕДЕНА ВПЕРВЫЕ с 01.04.2001 г.
Приказом ЦНИИГАиК № 310 от "28" ноября 2000 г.

5. МЕТОДИКА АТТЕСТОВАНА ГОМС – ЦНИИГАиК 28 ноября 2000 г.

© ЦНИИГАиК, 2000

Группа Т84

МЕТОДИКА ИНСТИТУТА

Базисный прибор БП-1 МИ БГЕИ 34-00
Методика выполнения измерений
контрольных базисов

Дата введения 2001.04.01.

1 Область применения

Настоящий нормативный документ устанавливает методику выполнения измерений контрольных базисов с целью получения эталона длины для испытаний, сертификации и поверки электронных средств измерения расстояний и испытаний приборной продукции топографо-геодезического назначения.

Измерения выполняются подвесными мерными инварными проволоками длиной 24 метра при натяжении их грузом в 10 кг, входящими в комплект базисного прибора первого класса БП-1.

2 Нормативные ссылки

В настоящей методике выполнения измерений (МВИ) использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 10528-96 Нивелиры. Общие технические условия.

Инструкция по базисным измерениям I и II классов. М., Геоиздат, 1940 г.

Инструкция по построению государственной геодезической сети СССР. М., Недра, 1966 г.

Руководство по камеральной обработке базисов 1, 2 и 3 классов. Д.С. Шерман, М., Геоиздат, 1961 г.

Пособие для рабочих по линейным измерениям Д С. Шерман, М , Геоиздат, 1955 г.

Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах. ПТБ-88. М., Недра, 1991 г

Инструкция по составлению технических отчетов о геодезических, астрономических, гравиметрических и топографических работах. М., Недра, 1971 г

МИ БГЕИ 09-90 Образцовые линейные базисы. Общие технические требования Метрологическое обеспечение.

3 Требования к составным частям комплекта БП-1

3.1 В комплект базисного прибора первого класса БП-1 входит следующее оборудование:

а) инварные проволоки длиной в 24 м	7-8 шт.
б) инварная лента длиной 6-12 м	1 шт.
в) барабаны для хранения инварных проволок (на 2 проволоки)	4 шт.
г) станки блочные	2 шт.
д) блоки	2шт.
е) грузы по 10 кг	2 шт.
ж) штативы базисные	24 шт.
з) базисные целики для штативов	24 шт.
и) барабан для хранения инварной ленты	1 шт.
к) базисная нивелирная рейка	1 шт.
л) оптический центрир системы Малышева (ОЦМ)	2 шт.
м) штативы для оптических центриров	2 шт.

Все оборудование комплекта БП-1 хранится и транспортируется в укладочных ящиках.

3 2 Для комплекта БП-1 отбираются особо надежные инварные проволоки, длиной 24 м, отвечающие следующим требованиям:

а) отклонение длины проволок от номинала должно быть не более ± 2 мм;

б все проволоки комплекта должны иметь индивидуально определенные температурные коэффициенты α, β, γ; коэффициент α не должен быть более $\pm$ 5-6 мкм на длину проволоки в 24 м на 1^0С;

в) половина комплекта проволок должна иметь отклонение длины от номинала со знаком "плюс", другая со знаком "минус", то же требование должно быть соблюдено относительно температурного коэффициента "α";

г) плоскости шкал с нанесенными делениями на обоих концах проволоки должны лежать в одной плоскости и совпадать с продолжением оси проволоки.

Инварные проволоки, имеющие два температурных коэффициента (α и β), допускаются к измерениям при температуре от $+5^0$С и выше.

3 3 Инварная лента, предназначена для измерения остатков (неполных пролетов) базиса, должна иметь длину измерительной шкалы 6.1 м или 12.1 м:

а) допустимое отклонение от номинальной длины ± 0.5 мм.

б) измерительная шкала ленты должна иметь дециметровые деления и оцифрована через каждый метр. Первый и последний дециметры должны иметь цену деления 1 мм.

3.4 Грузы, предназначенные для натяжения проволок и ленты, должны иметь массу 10 кг и не должны различаться в массе более 5 г.

3.5 Блоки, предназначенные для передачи натяжения от грузов к проволоке, посредством стальной (упругой) струны,

диаметром 0.4 мм должны иметь плавное вращение. Чувствительность нагруженных блоков не должна превышать 5 г.

3.6 Оптический центрир ОЦМ предназначен для вынесения центров начала и конца базисов (секций базиса) в горизонт измерения с точностью 0.25 мм. Для выполнения отсчитывания по шкалам проволок, на окулярную часть ОЦМ надевается колпачок, на верхней сферической части которого нанесены два взаимоперпендикулярных штриха Перекрестие штрихов должно совпадать с осью трубы с точностью 0.1 мм.

3.7 Блочные станки предназначены для подвески мерных проволок и ленты посредством блоков и для подведения шкал проволок к целикам перемещением блоков в продольном и поперечном направлениях.

3.8 Базисные штативы предназначены для установки базисных целиков, которые служат для фиксирования концов мерных приборов при измерении базисов. На сферическом торце целика нанесено перекрестие, относительно которого производится отсчитывание по шкалам мерных приборов.

3.9 Двусторонняя базисная рейка, длиной 1.5 м, служит для производства нивелирования целиков и должна иметь круглый уровень.

4 Требования к погрешности измерений комплектом БП-1

4.1 При выполнении базисных измерений кроме случайных погрешностей значительную роль играют различные систематические погрешности.

4.2 Наиболее существенные погрешности, подлежащие учету, следующие:

- погрешность собственно измерения базиса;
- погрешность нивелирования базисных целиков;
- погрешность определения температурных коэффициентов проволок;
- погрешность определения длины жезла;
- погрешность за изменение длины проволок между двумя смежными поверками;
- погрешность за несоответствие измеряемой температуры воздуха температуре проволок.

4.3 При правильной организации измерений (подбор проволок с различными температурными коэффициентами, измерения в прямом и обратном направлениях, перемена мест наблюдателей и станочников) систематические погрешности должны быть сведены к минимуму, а оставшиеся их части должны, по возможности, комбинироваться между собой по закону случайных погрешностей.

4.4 Одним из главных моментов, обеспечивающий высокую точность результатов измерения, является особо бережное обращение с инварными проволоками.

4.5 Соблюдение всех необходимых предосторожностей при измерении базиса, изложенных в “Инструкции по базисным измерениям I и II классов”дает возможность

обеспечить относительное среднее квадратическое отклонение результата измерения по программе I класса $\sigma=1x10^{-6}$.

Методика оценки точности результатов измерения изложена в "Руководстве по камеральной обработке базисов 1, 2 и 3 классов".

5 Требования к квалификации исполнителей

5.1 Для производства измерения контрольных базисов комплектом БП-1 минимальное количество исполнителей должно быть 9 человек.

5.2 Обязанности исполнителей распределяются следующим образом:

- руководитель измерений, инженер - ведет журнал измерений и управляет всей работой измерительной бригады;

- два инженера (техника) - отсчитывают по шкалам мерных проволок, переносят грузы для натяжения, подают команды последовательности выполнения операций измерения;

- двое работников устанавливают и переносят блочные станки, осуществляют натяжение проволок, регулируют положение станков так, чтобы шкалы проволок находились точно над целиками;

- четверо работников переносят проволоки.

Подготовительные работы при измерении базиса - расстановка и выставление штативов с целиками в створе базиса и последующее нивелирование целиков выполняются членами измерительной бригады. Инженерно-технический состав измерительной бригады должен иметь высшее или среднее геодезическое образование и стаж работы в топографо-геодезическом производстве не менее 2 лет.

5.3 От слаженной работы всего состава измерительной бригады и от умелого исполнения своих обязанностей каждым членом измерительной бригады зависит успешное выполнение измерения базиса с высокой точностью результата измерения.

5.4 Особо тщательным должен быть подбор пары счетчиков. Отсчеты по шкалам проволок выполняются до 0.1 мм. Систематическое завышение оценки долей "мм" или занижение одним из счетчиков ведет к систематическому отклонению значения разности длин проволок от разности полученной из результатов эталонирования и как следствие, к понижению точности результата измерения.

5.5 Перед производством работ по измерению контрольного базиса измерительная бригада должна выполнить тренировочные измерения под руководством опытного наставника для приобретения навыка в выполнении отдельных видов работ каждым работником бригады.

6 Условия измерений

6.1 Условия измерения контрольных базисов во многом зависят от места их расположения, рельефа местности, подъезда, типа пунктов, закрепляющих базис и их оформление.

Поэтому контрольные базисы должны отвечать требованиям МИ БГЕИ 09.

6.2 Измерение контрольных базисов следует проводить в благоприятное время года при температуре от $+5^0$С до $+25^0$С, спокойном состоянии атмосферы и отсутствии атмосферных осадков.

6.3 Запрещается проводить измерения базиса:

- при значительном ветре в поперечном к линии базиса направлении;
- при дожде;

- при температуре воздуха выше $+30^0$С и ниже $+5^0$С.

7 Подготовка к измерениям

7.1 Начальным этапом подготовки к измерению является поверка инварных проволок и инварной ленточки на 24-метровом оптико-механическом компараторе с целью определения их длины.

7.2 Измерению контрольного базиса прибором БП-1 предшествуют два подготовительных этапа - расстановка базисных штативов с целиками и нивелирование целиков.

7.3 Длина базиса делится на три примерно равные части, каждая из которых должна ограничиваться пунктами базиса. Если каждая из третей базиса имеет длину от 0.5 км до 1 км, то каждая треть измеряется по секциям.

7.4 Если базис закреплен пунктами, у которых марка центра пункта расположена ниже поверхности земли или на ее уровне и центры пунктов выносятся в горизонт измерения оптическим центриром комплекта БП-1, длина секции должна быть не более 300 м.

Это позволяет минимальным составом измерительной бригады произвести измерение секций в прямом и обратном ходах при одноразовом вынесении центров пунктов в горизонт измерения и расстановке штативов.

Если пункты базиса закреплены наружными сооружениями, где центрами являются марка или вкладыш (приспособление для принудительного центрирования), то длина секции может быть до 500 м и измерение в “прямом” и “обратном” ходах допускается в разные дни.

7.5 При расстановке штативов необходимо соблюдать следующее правило: две ножки штатива располагаются на-

раллельно створу измеряемой линии, а третья ножка поочередно то по одну, то по другую сторону измеряемой линии.

7.6 Расстановку штативов следует производить таким образом, чтобы избежать "остатков",т.е. чтобы все расстояния между пунктами базиса измерялись только инварными проволоками. Если длина секции или треть базиса не кратна 24 м, то остаток измеряется инварной ленточкой. Остаток по возможности разбивается на ровном месте, внутри секции, на расстоянии одного или нескольких пролетов от конечного пункта. Целики должны быть как можно точнее выставлены в створе с минимальным превышением. Выставленные штативы должны быть устойчивыми, неподвижность их во время измерений должна быть обеспечена.

7.7 После завершения расстановки штативов и выставления целиков в створе измеряемой линии, приступают к их нивелированию, предварительно выставив вместо теодолита оптический центрир или вкладыш над конечным пунктом. Для выполнения нивелирования используется точный нивелир типа Н-3 по ГОСТ 10528.

При нивелировании применяют легкую двустороннюю рейку с уровнем, входящую в комплект БП-1. Отсчеты берутся по средней нити сетки нитей нивелира по двум сторонам рейки. Расхождения между превышениями, полученными по черной и красной сторонам рейки не должны превышать 2мм. Рейку устанавливают непосредственно на вкладыш или целик штатива, соблюдая осторожность для сохранения неизменного положения последнего.

Нивелирование выполняется до начала измерения проволоками - ход "прямо" и после измерения - ход "обратно".

При ясной погоде на станции нивелир защищают от солнечных лучей зонтом. С одной точки стояния берется не

более 5-6 штативов В обратном ходе нивелирование выполняется по программе прямого хода.

7.8 Образец записи и вычислений в журнале поштативной нивелировки на одной станции в прямом и обратном ходах приведен в Приложении А.

8 Метод измерений

8.1 Измерение контрольных базисов выполняются шестью инварными проволоками по программе измерения базисов 1 класса.

Каждая треть базиса измеряется четырьмя проволоками - двумя ходом "прямо" и двумя другими - ходом "обратно".

Для измерения базиса по третям мерные проволоки комбинируются по схеме:

Части базиса	Ход "прямо"	Ход "обратно"
I	1 - 2	3 - 4
II	5 - 6	1 - 2
III	3 - 4	5 - 6

8.2 Не менее чем за 30 минут до начала измерения мерные проволоки разматываются с барабана и развешиваются, с использованием блочных станков, вдоль створа базиса на некотором удалении. Развешанные проволоки помечаются предупредительным знаком в виде флажков из белой или красной материи.

8.3 Для выполнения измерений проволоки располагаются таким образом, чтобы оцифровка шкал возрастала по ходу измерения.

8.4 Непосредственно процесс измерения начинается с установки блочных станков для натяжения проволок над целиками первого пролета. Эта работа требует особого внимания и предосторожности, чтобы не нарушить установку

штативов и обеспечить возможность отсчитывания по шкалам, после подвешивания проволоки. Счетчики должны следить за процессом установки блочного станка и неизменностью положения штатива с целиком.

8.5 Подвесив проволоку, проверяют установку станка, обращая внимание на то, чтобы струнка располагалась по центру желобка блока и находилась в створе базиса. Передний счетчик проверяет перед подвеской проволоки прочность установки переднего штатива и правильность установки целика, убеждается в достаточном зажиме винтов штатива и целика.

8.6 Установка шкал проволоки для отсчитывания делается таким образом, чтобы скошенный край ее лишь слегка касался головки целика и совпадал с продольным штрихом перекрестия.

8.7 Блочные станки во время измерения должны быть неподвижны, гири не касаться земли либо других подпирающих предметов. Отсчитывание по шкалам производится после полного прекращения колебания проволоки и кручения гирь.

8.8 Команду для подвешивания проволок и гирь, для начала счета и снятия проволоки подает передний счетчик.

8.9 Измерение пролета заключается в том, что по команде первого счетчика делается последовательно три пары одновременных отсчетов по шкалам с точность до 0.1 мм. Между парными отсчетами шкала сдвигается в одну сторону на 1-2 см от первоначального положения.

8.10 Пролеты контрольного базиса ограниченные с одной или обеих сторон базисными пунктами, центрами которых в момент измерения служат вкладыши оптических центриров или вкладыши принудительного центрирования, измеряются каждой проволокой дважды. Перед вторым измерением с целью исключения эксцентриситета перекрестия

вкладыш поворачивается на 180^0. Из полученных результатов берется среднее арифметическое для каждой проволоки.

8.11 Отсчеты записываются в журнал, где тотчас же вычисляются значения разности (П-З). Колебания этих значений не должны превышать 0.2 мм. При больших расхождениях берутся 1-2 дополнительных отсчета. Среднее выводится из всех отсчетов, за исключением явно ошибочных и записывается в журнале с удержанием сотых долей мм.

8.12 Закончив отсчитывание по первой проволоке, ее снимают и передают переносчикам проволоки, которые тотчас переносят ее на следующий пролет. Счетчики подвешивают вторую проволоку для измерения пролета.

8.13 Во время измерений записывающий контролирует разности длин проволок. Отклонения этих разностей от значений их по результатам эталонирования на компараторе не должны превышать $\pm$0.2 мм. Большие расхождения указывают на грубый просчет, одной из причин которого может быть не одновременность отсчетов счетчиков. Отклонения с преобладанием в "плюс" или "минус" указывают на неисправность блоков, на изменение длины одной из проволок, на систематически неверную оценку при отсчитывании десятых долей миллиметров одним или обоими счетчиками. В таком случае надо проверить работу блоков, определить - длина какой проволоки изменилась, произвести замену одного из счетчиков.

8.14 Для измерения следующего пролета задний счетчик идет вперед, а передний остается на месте и внимательно следит за неизменностью положения своего штатива при перестановке блочного станка. Измерение выполняется в том же порядке. В случае сомнения в неизменности положения последнего штатива вновь измеряется предыдущий пролет.

Если результат отличается больше чем на ±0.3 мм, то возвращаются назад еще на один пролет.

8.15 Во время измерений записывающий измеряет температуру воздуха термометром пращом через 10 - 15 минут, но не реже чем через пять пролетов. В начале и конце измерения секции записывается состояние погоды и время. Термометр должен быть защищен от прямых солнечных лучей.

8.16 Если конечный пункт секции является пунктом контрольного базиса и расположен ниже уровня земли счетчик лично обязан убедиться в неизменности оптического центрира над центром пункта.

8.17 Когда измерения в одну сторону закончены, приступают к измерению в обратном ходе. Счетчики вместе со станочниками меняются местами.

8.18 Если секция имеет остаток, его измеряют одной (двумя) инварными лентами. При этом одновременно берется шесть пар отсчетов с переменой мест счетчиков после трех пар отсчетов, как в прямом, так и в обратном ходах.

8.19 Образец записи в журнале измерения базиса и составление сводки результатов измерений приведены в Приложении Б.

9 Требования к обеспечению безопасности работ

9.1 При измерении контрольных базисов соблюдение техники безопасности производится в строгом соответствии с требованиями "Правил по технике безопасности на топографо-геодезических работах".

9.2 Перед началом работ руководитель измерительной бригады обязан довести до сведения членов бригады правила обра-

щения с используемым для измерения базисным комплектом, особенно с правилами обращения с инварными проволоками.

10 Обработка результатов измерений

10.1 На стадии полевых измерений после завершения измерения секции или участка контрольного базиса выполняется вычисление результатов измерений. Перед началом вычислений записи в журналах линейных измерений и нивелирном проверяют во "вторую руку".

10.2 В нивелирном журнале для каждого пролета вычисляется среднее превышение из "прямого" и "обратного" ходов нивелирования если расхождение превышений между смежными штативами, полученными из "прямого" и "обратного" ходов, не превышают:

3 мм для пролетов с уклоном менее 1 м;

2 мм для пролетов с уклоном более 1 м;

1 мм для коротких пролетов.

Если превышения штативов в пролете из "прямого" и "обратного" ходов выше допустимого значения, то поправка за превышение в длину пролета вычисляется и вводится отдельно по каждому ходу.

10.3 После измерения секции (участка) контрольного базиса в полевом журнале составляется сводка измерений. Отдельно по каждой проволоке подсчитывается сумма средних значений (П-З).

Подсчитывают отдельно по "прямому" и "обратному" ходам среднюю температуру.

Подсчитывают число полных пролетов. Если в начале и конце секции пролеты измерялись дважды (при повороте вкладыша на 180^0) берут среднее значение (П-З) из двух измерений, и пролет считают за один.

Для каждой проволоки подсчитывается поправка за длину мерной проволоки, по результатам эталонирования и температурная поправка за разность температур при эталонировании проволок и во время измерений.

Длина измеренной секции (участка) контрольного базиса, вычисленная по результатам измерения одной проволокой имеет вид:

$$D_i = 24n + \sum(n - ,) + \Delta l_0 n + \Delta t n \ ;$$

где n - число полных пролетов;

l_0 - поправка в длину проволоки по результатам эталонирования;

Δt - температурная поправка.

В средний результат измерения секции (участка) четырьмя проволоками вводят поправку за превышения штативов и получают длину секции, приведенную к горизонту.

Вычисляют m - СКП измерения одной проволокой по формуле:

$$m = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}} \ ;$$

где v – уклонение от среднего арифметического значения результата измерения каждой проволокой,

а так же М - СКП результата по внутренней сходимости измерений всеми проволоками по формуле:

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}} \ ;$$

где n - число проволок.

Если секция (участок) имеет остаток (неполный пролет) оценка точности измерений выполняется по результатам, не приведенным к горизонту.

10.4 Закончив измерение всей длины контрольного базиса, вновь должно быть выполнено эталонирование инварных проволок, т.к. в процессе измерения длина проволок не остается постоянной даже без явных на то причин.

Если результат второго эталонирования подтвердит результат первого в пределах ±30 мкм, то для окончательной обработки измерений берется среднее арифметическое из обоих результатов. Изменения в длинах проволок между первым и вторым эталонированием до ±30 мкм при измерении контрольного базиса принято считать обычным. Более значительные изменения указывают либо на плохое качество проволоки, либо на недостаточно бережное обращение с ней во время работы.

10.5 Если в процессе измерений было замечено, что длина проволоки существенно изменилась, ее исключают из измерений и сохраняют на барабане до второго эталонирования, а для вычисления измеренной ею части базиса берется результат первого эталонирования.

10.6 Если изменение длины проволоки произошло после измерения базиса перед вторым эталонированием, то при вычислении базиса принимают результат только первого эталонирования.

10.7 Все случаи аварий с проволоками, погнутия и т. п. записываются в журнале измерений и только на основании этих записей решают вопрос о принятии окончательных значений длин проволок при обработке результатов измерений.

10.8 При окончательной обработке базиса необходимо в измеренную длину ввести еще ряд небольших поправок:

- за несимметрию цепной линии;
- за наклон шкал;
- за изменение силы тяжести.

Поправка Δ_p за несимметрию цепной линии вычисляют по формуле:

$$\Delta p = \left(3 \cdot 10^{-3} \sum h^2\right) \text{ мм},$$

где h - разность высот смежных целиков, выраженная в метрах.

Поправка $\Delta_{(в-а)}$ за наклон шкал вычисляют по формуле:

$$\Delta_{(в-а)} = \left[-0.22 \cdot \sum (в - а)\right] \text{ мм};$$

где *(в-а)* - разности отсчетов по передней и задней шкалам проволок, выраженная в метрах.

Поправка $\Delta\varphi$ за изменение силы тяжести вычисляют по формуле.

$$\Delta\varphi = 7.02 \cdot n \cdot \frac{g_2 - g_1}{g_1} \text{ мм};$$

где n - число пролетов;

g_1 - ускорение силы тяжести в месте эталонирования проволок;

g_2 - ускорение силы тяжести в месте измерения базиса.

Вычисление поправок изложено в "Руководстве по камеральной обработке базисов 1, 2 и 3 классов".

10.9 В окончательном виде длина измеренного контрольного базиса должна быть приведена к уровню Балтийского моря введением поправки, вычисленной по формуле.

$$\Delta D_{Hm} = -\frac{H_m \cdot D'}{R} \text{ (метрах)};$$

где D' - длина базиса, приведенная к горизонту (в метрах);

R - радиус кривизны на широте расположения базиса (в сотнях метров).

При вычислении поправок за приведение к горизонту полных пролетов по установленной форме посчитанную

сумму условных отметок всех пунктов и штативов контрольного базиса делением на их количество, получают H'_m - среднюю условную отметку базиса. Прибавив к средней условной отметке базиса высоту над уровнем моря пункта базиса, до которого вычислялись условные отметки, получают H_m - среднюю высоту базиса над уровнем моря (в сотнях метров).

Если ни один из пунктов базиса не привязан к Балтийской системе высот, то начальному пункту базиса дается условная отметка 100 м, относительно чего вычисляются условные отметки штативов и пунктов.

Тогда значение длины контрольного базиса приводится на уровень условной нулевой отметки по формуле:

$$\Delta D_{Hm} = \frac{H'_m \cdot D'}{R};$$

где R=6 378 км средний радиус Земли.

11 Оценка точности результатов измерений

11.1 Оценка точности выполняется по результатам, вычисленным с учетом принятых длин проволок из начального и заключительного эталонирований.

11.2 Длины секций, вычисленные по каждой проволоке (если треть базиса измерялась по секциям), выписывают и суммируют, получая длину трети базиса по каждой проволоке и среднее из них. Для оценки точности измерения трети базиса вычисляют уклонение от среднего "v" и "m" - СКП измерения одной проволокой

$$m = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}};$$

где n - число проволок, и M - СКП окончательного результата

11.3 Погрешность M для всего базиса вычисляют по формуле:

$$M = \sqrt{M_I^2 + M_{II}^2 + M_{III}^2};$$

где M_I M_{II} M_{III} - соответствующие погрешности по третям базиса.

Погрешность собственно измерения базиса M обозначим через m_1 .

11.4 Кроме погрешности m_1, необходимо учесть ряд систематических погрешностей к которым относятся:

m_2 - погрешность нивелирования базисных целиков;

m_3 - погрешность определения температурных коэффициентов;

m_4 - погрешность длины жезла;

m_5 - погрешность за изменение длин проволок между первым и вторым эталонированием;

m_6 - погрешность за несоответствие измеряемой температуры воздуха температуре проволок.

11.5 Погрешность нивелирования базисных целиков вычисляют по формуле:

$$m_2 = 0.0137\sqrt{\sum \Delta_h};$$

где $\sum \Delta_h$ - поправка за приведение базиса к горизонту.

11.6 Погрешность в определении температурных коэффициентов проволок вычисляют по формуле:

$$m_3 = \pm 0.6\text{мкм} \cdot \left(t_{изм} - t_{эт}\right);$$

где $t_{изм}$ - средняя температура измерения базиса;

$t_{эт}$ - средняя температура первого и второго эталонирования.

11.7 Погрешность в длине компаратора за неточное знание длины жезла вычисляют по формуле:

$$m_4 = \pm 0.6 \text{мкм} \cdot n$$

где n - число пролетов компаратора, равное 8.

11.8 Расхождение между результатами первого и второго эталонирования приводит к погрешности за изменение длин проволок. Если проволоки при измерении использовались равномерно и для вычисления принято среднее арифметическое из первого и второго эталонирования, то значение погрешности вычисляют по формуле:

$$m_5 = \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{4n}};$$

где Δ - разность в значении длины каждой проволоки, полученные при первом и втором эталонировании;

n - число проволок.

11.9 Погрешность за несоответствие измеряемой температуры воздуха температуре проволоки определяется по формуле:

$$m_6 = \pm 0.04 \cdot \alpha_{ср} \cdot 10^{-6};$$

где $\alpha_{ср}$ - средний температурный коэффициент всех проволок, участвующих в измерении и вычисляется по формуле

$$\alpha_{ср} = \underline{\alpha} + 2\underline{\beta}t + 3\underline{\gamma}t^2$$

где $\underline{\alpha}$, $\underline{\beta}$,$\underline{\gamma}$ - среднее арифметическое из коэффициентов проволок.

Совокупное влияние перечисленных погрешностей подсчитывается по формуле:

$$m = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + m_4^2 + m_5^2 + m_6^2}$$

12 Оформление результатов измерений

12.1 По окончании вычисления длины контрольного базиса составляется технический отчет. Составление отчета выполняется в соответствии с программой о работах по измерению длин базисов 1 и 2 классов, изложенной в "Инструкция по составлению технических отчетов о геодезических, астрономических, гравиметрических и топографических работах".

12.2 По завершению первого измерения контрольного базиса на него оформляется формуляр, где в краткой форме излагается местоположение базиса, помещается профиль базиса, описание гидрогеологических условий закладки центров, описание и чертежи типов центров и их оформление, каталог высот пунктов, результаты измерения инварными проволоками.

В формуляр заносятся все последующие измерения базиса инварными проволоками и светодальномерные, выполненные с целью контроля стабильности и поверки.

12.3 По результатам измерений оформляется свидетельство о поверке установленного образца с заключением о пригодности и использовании базиса для определенных видов работ.

Приложение А

Образец записи и вычислений в журнале нивелировки на одной станции в прямом и обратном ходах

h^I + _____ **Участок №** *I - IV* **дата** *12.07.99*

погода *пасмурно* **ст. №** *1* **направление** *прямо*

	№ *I*		№ *1*		№ *2*		№ *3*
Черная							
	1293		*697*		*500*		*295*
		596		*+197*		*+205*	
Красная							
	1176		*632*		*455*		*268*
	117.6		*63 2*		*45.5*		*26.8*
	1293.6	*+598.4*	*695.2*	*+195.0*	*500.2*	*+205.7*	*294.8*
	$h_{пр}$	*+597.2*	$h_{пр}$	*+196.0*	$h_{пр}$	*+205.4*	

погода *пасмурно* **ст. №** *1* **направление** *обратно*

	№ *I*		№ *1*		№ *2*		№ *3*
Черная							
	1321		*725*		*528*		*322*
		+596		*+197*		*+206*	
Красная							
	1201		*659*		*481*		*293*
	120 1		*65 9*		*48 1*		*29.3*
	1321.1	*+596.2*	*724 9*	*+195.8*	*529.1*	*+206.8*	*322.3*
	$h_{обр}$	*+596 1*	$h_{обр}$	*+196.4*	$h_{обр}$	*+206.4*	
	$h_{ср}$	*+596.6*	$h_{ср}$	*+196.1*	$h_{ср}$	*205.9*	
	Δ_h	*-7.42*	Δ_h	*-0.80*	Δ_h	*-0.88*	Δ_h

Приложение Б

Образец записи в журнале измерения базиса и составление сводки результатов

Дата *12.07.99* **Участок №** *Пункты I-VI* **Наблюдатели** $\left\{\begin{matrix}\text{П}\\ \text{З}\end{matrix}\right.$

Начало измерения *11 h*

Конец измерения _____ t^0 *+12.5*^{0}

Погода *Пасмурно; сл. ветер* **Записывающий** _____

№№	№ 3361			№ 4132			№ 3361			№ 4132		
про-етов	П	З	(П-З)	П	З	(П-З)	П	З	(П-З)	П	З	(П-З)
	40.6	43.5	-2.5	25.0	27.3	-2.3	17.5	20.3	-2.8	19.0	21.2	-2.2
I-1	45.4	48.2	2.8	34.3	36.5	2.2	29.1	31.9	8	34.4	33.7	3
вкла-дыш	31.6	34.6	3.0	43.5	45.7	2.2	39.0	41.8	8	37.2	39.4	2
			-2.90			-2.23			-2.80			-2.23
			Ср. -2.85			-2.23						
	63.5	6.0	+57.5	65.6	7.1	+58.5						
1-2	69.2	11.7	5	70.2	11.7	5						
	77.4	19.8	6	78.8	20.3	5						
			+57.53			+58.50						
	24.8	21.6	+3.2	29.7	25.7	+4.0						
2-3	46.5	43.1	4	37.9	33.8	4.1						
	41.2	37.9	3	48.9	95.0	3.9						
			+3.30			+4.00						
	20.6	33.7	-13.7	26.2	39.1	-12.9						
3-4	30.9	44.6	7	34.1	47.2	13.1						
	41.4	55.2	8	35.0	48.0	13.0						
			-13.73			-13.00						
	1499	51.8	1447.2	149	51.7	1447						
4-4а	500	52.8	7.2	500	52.9	7.1						
	501	53.8	7.2	501	53.8	7.2						
				Ср. +1447,20			6-метровая лента № 811					

Продолжение приложения Б

Дата 12.07.99 **Участок №**____ **Наблюдатели** П ____ / З

Начало измерения 11^h

Конец измерения 17^h30 t^0 $+13,2^0$

Погода облачность; сл. ветер **Записывающий**_____

№№	№ 3938			№ 4125			№ 3938			№ 4125		
про-етов	П	З	(П-З)	П	З	(П-З)	П	З	(П-З)	П	З	(П-З)
1-1	21.0	24.5	-3.5	29.6	32.2	-2.6	27.1	30.3	-3.2	34.1	36.4	-2.3
	25.5	29.0	5	38.1	40.8	7	36.7	40.1	4	40.4	42.7	3
	35.3	38.8	5	45.0	47.6	6	42.4	45.8	4	51.2	53.5	3
			-3.50			-2.63			-3.33			-2.30
	Ср. -3.42			-2.46								
2-1	59.9	2.8	+57.1	65.2	7.4	+57.8						
	71.5	14.5	7.0	75.4	17.4	58.0						
	76.8	19.7	7.1	79.7	21.9	57.9						
			+57.07			+57.90						
3-2	29.5	26.8	+2.7	25.2	21.6	+3.6						
	39.1	36.3	8	34.2	30.6	6						
	47.8	45.0	8	40.7	37.0	7						
			+2.77			+3.63						
4-3	23.0	37.2	-14.2	15.7	29.0	-13.3						
	33.8	48.0	2	28.1	41.5	4						
	44.7	58.9	2	39.5	52.9	4						
			-14.20			-13.37						
4а-4	1499	52.0	1447.0		52.0	7.0						
	500	53.0	7.0		53.1	6.9						
	501	53.9	7.1		53.1	7.0						
				Ср. +1447,00			6-метровая лента № 811					

Продолжение приложения Б

Дата *12.07.99* **Участок №** *Пункты 1-17* **Наблюдатели** П / З

Начало измерения _____

Конец измерения *11 h* t^0 *+13.7*^{0}

Погода *Пасмурно; сл. ветер* **Записывающий** _____

№№	№ 3361			№ 4132			№ 3361			№ 4132		
про-етов	П	З	(П-З)	П	З	(П-З)	П	З	(П-З)	П	З	(П-З)
15-16	38.0	26.7	+11.	36.8	24.8	+12.0						
	48.4	37.1	3	46.2	34.1	1						
	55.2	43.9	3	59.1	46.9	2						
			+11.30			+12.10						
16-VI вкла-дыш	7.6	20.9	-13.3	27.9	40.5	-12.6	22.6	36.1	-13.5	24.0	36.8	-12.8
	23.2	36.7	5	36.7	49.4	7	30.2	43.8	6	33.8	46.5	7
	37.8	51.2	4	46.1	58.8	7	39.4	52.9	5	42.1	56.0	9
			-13.40			-12.67			-13.53			-12,80
			СР. -13.46			-12.74						

Сводка по секции

	$\Sigma t_{пр}$ +124.1^0 $t_{ср}$ +12.4^0		$\Sigma t_{обр}$ +137.0^0 $t_{ср}$ +13.7^0	
№№	3361	4132	3938	4125
Σ	+128.26	+141.04	+118.87	+133.71
Δl	+3.33	-9.57	+11.80	-3.18
Δt	+0.11	+0.24	+0.21	+0.24
D_i	+131.70	+131.71	+130.88	+130.77

Ср. D=408 131.26 мм
m=0.51 M=0.26
В секции 17 пролетов. Остаток положительный ≈ 1.5м

Продолжение приложения Б

Дата *12.07.99* **Участок №***Пункты I-VI* **Наблюдатели** П / З

Начало измерения *11^{h}30^m*

Конец измерения _____ t^0 *+13.7^0*

Погода *Пасмурно; сл. ветер* **Записывающий** _____

№№ проетов	№ 3988			№ 4125			№ 3938			№ 4125		
	П	З	(П-З)	П	З	(П-З)	П	З	(П-З)	П	З	(П-З)
16-15	44.9	34.1	+10.8	37.0	25.5	+11.5						
	55.1	44.3	8	48.4	48.4	6						
	62.0	51.4	6	59.2	59.2	5						
			+10.73			+11.53						
VI-16	16.5	30.8	-14.3	28.7	42.2	-13.5	34.8	48.9	-14.1	31.1	44.2	-13.1
	25.8	40.0	2	41.6	54.8	2	43.1	57.3	2	42.8	55.9	1
	37.6	51.8	2	54.6	67.8	2	49.8	65.8	0	51.0	64.2	2
				81.5	44.9	4						
			-14.23			-13.32			-14.10			-13,13
			СР. -14.16			-13.22						

Вычисление остатка

Ср. D	*1447.10*
Δl	*+0,18*
Δh	*-0,32*
$l_{ост}$	*1446.96 мм* *приведен к горизонту*

Подписано в печать
21.12.00
Формат 60х90/16
Бумага типографская
Печать офсетная
Усл. печ. л.2,25
Усл. кр. отт. 1.38
Уч. изд. л. 1,80

Тираж 150
Заказ 59-00

ЦНИИГАиК
125413, Москва,
Онежская ул., 26

gost.e-ecolog.ru