ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

ИНСТРУКЦИЯ ПО НИВЕЛИРОВАНИЮ I, II, III и IV КЛАССОВ

gost.e-ecolog.ru

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

ИНСТРУКЦИЯ ПО НИВЕЛИРОВАНИЮ I, II, III и IV КЛАССОВ

Утверждена
начальником Главного управления геодезии и картографии
при Совете Министров СССР

Обязательна для всех ведомств и учреждений,
производящих нивелирование I, II, III и IV классов

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»
Москва 1974

УДК 528.422(094.7)

Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. М., «Недра», 1974, 160 с. (Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР).

В Инструкции изложены требования к выполнению нивелирования I, II, III и IV классов.

Инструкция предназначена для предприятий и организаций всех ведомств, занимающихся нивелированием.

С выходом настоящего издания Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов изд. 1966 года отменяется.

Таблиц 44, иллюстраций 27.

$И\frac{0271-77}{043\,(01)-74}$ 117—74

© Издательство «Недра», 1974.

Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР

ИНСТРУКЦИЯ ПО НИВЕЛИРОВАНИЮ I, II, III И IV КЛАССОВ

Редактор издательства *Н. Т. Куприна*
Техн. редактор *В. Л. Прозоровская*
Корректор *В. П. Крымова*
Художник *Г. А. Смирнова*

Сдано в набор 25/IV — 1973 г. Подписано в печать 30/I — 1974 г. Т — 01364. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага № 2. Печ. л. 10,0. Уч.-изд. л. 9,73. Тираж 60 000 экз. Заказ № 3-941/4915—15. Цена 60 коп.

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19

Харьковская книжная фабрика «Коммунист» республиканского производственного объединения «Полиграфкнига» Госкомиздата УССР. Харьков, ул. Энгельса, 11.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.01. Государственная нивелирная сеть СССР является высотной основой топографических съемок всех масштабов и геодезических измерений, выполняемых для удовлетворения потребностей народного хозяйства и обороны страны.

1.02. Государственная нивелирная сеть СССР разделяется на нивелирные сети I, II, III и IV классов.

1.03. Нивелирные сети I и II классов являются главной высотной основой, посредством которой устанавливается единая система высот на всей территории СССР. Они предназначены также для использования в научных исследованиях.

Нивелирные сети III и IV классов служат для обеспечения топографических съемок и решения инженерных задач.

1.04. Высоты пунктов государственной нивелирной сети считают от нуля Кронштадтского футштока (Балтийская система).

1.05. Линии нивелирования I и II классов прокладывают по направлениям, указанным в «Программе развития сети государственного нивелирования I и II классов СССР в предстоящие 10—15 лет», утвержденной Главным управлением геодезии и картографии при Совете Министров СССР 19 июля 1968 года. Отдельные линии нивелирования I и II классов могут прокладываться ведомственными организациями. Сроки и очередность проложения линий устанавливаются по согласованию с ГУГК.

1.06. Линии нивелирования I и II классов прокладывают предпочтительно по железным, шоссейным и улучшенным грунтовым дорогам, а в труднодоступных северных, северо-восточных и горных районах — также по постоянным грунтовым дорогам, тропам, зимникам или вдоль берегов больших рек. Во всех случаях линии следует прокладывать по трассам с наиболее благоприятными для данного района грунтовыми условиями и с наименее сложным профилем.

1.07. Не реже чем через каждые 25 лет выполняют повторное нивелирование по всем линиям I класса и некоторым линиям II класса с целью их модернизации, а также для получения количественных характеристик современных вертикальных движений земной коры.

1.08. В линии нивелирования I и II классов, примыкающие к морям и проложенные вдоль больших рек и озер, включают основные реперы морских и основных речных и озерных водомерных станций и постов.

Перечень действующих морских уровнемерных станций и постов приведен в «Программе развития сети государственного нивелирования I и II классов СССР в предстоящие 10—15 лет».

Сведения о местонахождении основных речных и озерных водомерных пунктов получают в территориальных управлениях гидрометеорологической службы.

Привязки реперов на проектируемых водомерных пунктах выполняют предприятия ГУГК по заявкам УГМС.

1.09. Нивелирование I класса выполняют с наивысшей точностью, достигаемой применением наиболее совершенных инструментов и методов наблюдений, и возможно полным исключением систематических ошибок.

1.10. Невязки в полигонах и по линиям нивелирования II класса допускают не более ± 5 мм $\sqrt{L}$, где L — периметр полигона или длина линии в километрах.

1.11. Нивелирные сети III и IV классов прокладывают внутри полигонов высшего класса как отдельными линиями, так и в виде систем линий с узловыми пунктами.

Прокладывать «висячие» линии не разрешается.

1.12. Периметры полигонов нивелирования III класса, как правило, не должны превышать 150 км.

В северных и северо-восточных районах страны периметры полигонов нивелирования III класса могут быть до 300 км.

В горных районах линии нивелирования III класса прокладывают по трассам с наименее сложным профилем.

1.13. Нивелирование III класса выполняют в прямом и обратном направлениях. Невязки в полигонах и по линиям допускают не более ± 10 мм $\sqrt{L}$, где L — периметр полигона или длина линии в километрах.

1.14. Нивелирные сети IV класса служат непосредственным высотным обоснованием топографических съемок.

1.15. При крупномасштабных топографических съемках нивелирные сети III и IV классов прокладывают с расчетом обеспечения требуемой точности обоснования этих съемок.

1.16. Нивелирование IV класса выполняют в одном направлении. Невязки в полигонах и по линиям допускают не более ± 20 мм $\sqrt{L}$, где L — периметр полигона или длина линии в километрах. Длины линий нивелирования IV класса не должны превышать 50 км.

1.17. Для решения различных инженерных задач (на промышленных и строительных площадках, при съемке городов и проч.). допускается проложение линий нивелирования I, II, III и IV классов по особой программе, но с обязательной привязкой к государственной нивелирной сети.

1.18. Измеренные превышения между пунктами нивелирования I и II классов, а также нивелирования III класса в горных районах, исправляют поправками за переход к системе нормальных высот.

Эти поправки вычисляют по формуле:

$$f = -\frac{1}{\gamma_m}(\gamma_{ok} - \gamma_{oi}) H_m + \frac{1}{\gamma_m}(g - \gamma)_m h_{ik},$$

где γ_m — приближенное значение нормального ускорения силы тяжести, принимаемое для всей территории СССР равным 980 000 мгал;

γ_{oi} и γ_{ok} — нормальные ускорения силы тяжести на отсчетном эллипсоиде, соответствующие пунктам i и k;

H_m — среднее из абсолютных высот пунктов i и k;

g — измеренное ускорение силы тяжести;

γ — нормальное ускорение силы тяжести;

$(g - \gamma)_m$ — среднее из аномалий силы тяжести на пунктах i и k;

h_{ik} — измеренное превышение между пунктами i и k.

Расстояния между гравиметрическими пунктами в зависимости от уклонов местности устанавливаются в соответствии с данными в таблице:

Класс нивелирования	Расстояния в километрах между гравиметрическими пунктами при уклонах				
	более 0,2	0,2—0,1	0,1—0,08	0,08—0,06	0,06—0,04
I	—	—	1	2	2
II	1	2—3	4	4	6

Кроме указанных требований, в горных районах гравиметрические определения выполняют на всех пунктах нивелирования I и II классов, а также на основных перегибах рельефа и поворотах линии нивелирования.

Поправку f в превышения между пунктами нивелирования III класса в горном районе вычисляют, как правило, по данным имеющейся гравиметрической съемки, выполненной с определениями через 10 км. При уклонах более 0,2 выполняют по специальному проекту дополнительные измерения ускорения силы тяжести. При уклонах менее 0,05 поправку f в превышения между пунктами нивелирования III класса можно не вычислять.

Поправки f в превышения между пунктами нивелирования I и II классов при уклонах от 0,04 до 0,03 вычисляют, пользуясь гравиметрическими определениями на пунктах нивелирования или детальной гравиметрической картой с сечением до 2 мгал. При уклонах менее 0,03 можно пользоваться любой гравиметрической картой.

Точки местности, в которых следует выполнить гравиметрические определения, намечают при составлении проекта. Гравиметрические пункты закрепляют временными знаками или совмещают с характерными местными предметами (километровыми столбами, устоями мостов и др.), которые при нивелировании включают в ходовую линию. Если гравиметрические работы выполняют по ранее проложенным линиям нивелирования, то высоты гравиметрических пунктов определяют каким-либо способом с точностью 2—3 м. Координаты гравиметрических пунктов определяют с ошибкой не более 500 м по карте масштаба 1 : 100 000 и крупнее или другими какими-либо способами.

Поправки за переход к системе нормальных высот вычисляют и вводят в измеренные превышения при составлении окончательной ведомости превышений.

1.19. Линии нивелирования всех классов закрепляют на местности постоянными знаками не реже чем через 5 км (по трассе).

В труднодоступных районах на отдельных участках, где выбор мест для закладки знаков затруднен, расстояние между ними может быть увеличено до 6—7 км.

В сейсмоактивных районах расстояния между нивелирными знаками, как правило, не должны быть более 2—3 км.

1.20. На всех линиях нивелирования I и II классов через 50—60 км, на узловых пунктах, вблизи уровнемерных станций и основных речных (озерных) водомерных постов закладывают фундаментальные реперы.

В 50—150 м от фундаментального репера закладывают репер-спутник.

1.21. Нивелирные знаки закладывают следующих типов: грунтовый репер, скальный репер, стенной репер (в стене здания или в вертикальной поверхности скалы).

Каждый нивелирный знак должен иметь свой индивидуальный номер, не повторяющийся на данной линии, а по возможности и на ближайших линиях нивелирования.

Временные знаки включают в ходовые линии при нивелировании II, III и IV классов. Они служат в качестве высотной основы при топографической съемке.

1.22. Местоположение постоянных нивелирных знаков опознают на топографической карте масштаба 1 : 25 000 и крупнее, которую затем прилагают к материалам нивелирования. По этой карте определяют геодезические координаты знаков с точностью 0′,25. На каждый знак составляют описание местоположения.

На нивелирные знаки в районах, на которые нет топографической карты масштаба 1 : 25 000 и крупнее, составляют кроки. Кроме того, знаки наносят на карту масштаба 1 : 100 000, которую прилагают к материалам нивелирования.

1.23. Скальные и стенные знаки включают в нивелирование не раньше чем через одни сутки после их закладки, а грунтовые реперы — не раньше чем через 10 дней после засыпки котлована.

В зоне распространения многолетней мерзлоты грунтовые реперы закладывают способами бурения и протаивания грунта и включают в нивелирование не ранее чем через 2 месяца после закладки. В каменистых грунтах, а также в южной зоне области многолетней мерзлоты грунтовые реперы закладывают котлованным способом и включают в нивелирование спустя ближайший зимний период после закладки.

По линиям нивелирования I и II классов грунтовые реперы, как правило, закладывают за год до нивелирования.

1.24. Нивелирные знаки сдают под наблюдение за их сохранностью по актам; они подлежат осмотру на местности в сроки, установленные Инструкцией об охране геодезических знаков.

1.25. Работы по проложению линий нивелирования выполняют на основании разработанных и утвержденных технических проектов.

1.26. Об исполненных работах по нивелированию I, II, III и IV классов составляют технические отчеты в соответствии с Инструкцией по составлению технических отчетов.

1.27. Уравнительные вычисления выполняют в соответствии с Инструкцией по вычислению нивелировок.

1.28. По окончании уравнительных вычислений нивелирной сети отдельного района составляют каталог высот в соответствии с Инструкцией по составлению каталогов высот пунктов нивелирования.

1.29. При выполнении полевых работ по нивелированию соблюдают требования и указания Правил по технике безопасности на топографо-геодезических работах

2. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОЕКТА

2.01. Технические проекты по нивелированию разрабатывают с учетом требований настоящей Инструкции и Инструкции по проектированию топографо-геодезических работ и утверждают в установленном порядке до начала работ. Проект уточняют в ходе выполнения рекогносцировки.

Перед составлением проекта собирают и анализируют материалы ранее исполненных работ.

Сведения о ранее исполненных работах получают в территориальных инспекциях государственного геодезического надзора или в соответствующих организациях, производивших нивелирные работы.

2.02. Технические проекты по повторному нивелированию I и II классов составляют после обследования линии и тщательного разыскания знаков, которыми она была закреплена.

Повторное нивелирование выполняют в соответствии с требованиями настоящей Инструкции.

2.03. Техническим проектом устанавливают перечень работ, их размещение, объем, порядок выполнения и сметную стоимость.

Проект состоит из текстовой части, карты с нанесенными линиями нивелирования и сметы.

В текстовой части проекта указывают:

а) назначение проектируемых нивелирных линий;

б) краткую характеристику физико-географических условий района; глубину промерзания и протаивания грунтов, согласно карте (прил. 44);

в) сведения об исходных данных;

г) сведения о ранее заложенных и проектируемых нивелирных знаках;

д) количество проектируемых нивелирных знаков по типам;

е) сведения о ранее исполненных работах и способах связи их с проектируемыми; для нивелирования I и II классов во всех районах, а для нивелирования III класса только в горных районах — сведения о гравиметрических работах; для повторного нивелирования I и II классов — обоснование изменений и дополнений, которые внесены проектом в положение и закрепление существующей линии;

ж) инструменты и способы нивелирования;

з) порядок вычисления результатов нивелирования.

2.04. Проектирование линий нивелирования всех классов выполняют на картах масштабов 1 : 100 00—1 : 300 000. В необходимых случаях проект уточняют в деталях по картам более крупного масштаба. При проектировании линий нивелирования II, III и IV классов на карту наносят пункты нивелирования, триангуляции и полигонометрии ранее выполненных работ всех классов, отстоящие от проектируемых линий до 3 км.

При проектировании линий нивелирования III и IV классов, прокладываемых с целью определения высот пунктов триангуляции, на карту наносят, кроме существующих, также и проектируемые пункты триангуляции.

Независимо от границ съемочного участка линии нивелирования III класса проектируют, как правило, в пределах полигона II класса, а линии нивелирования IV класса — в пределах полигона III класса. В технических проектах нивелирования II, III и IV классов может быть предусмотрена закладка специальных временных реперов, предназначенных для использования при топографической съемке.

2.05. Наиболее подробно разрабатывают проекты связи проектируемой линии с существующими. При этом руководствуются следующим:

1. Начало и конец проектируемой линии должны быть надежно связаны с существующими линиями нивелирования более высокого или того же класса. Связь должна быть простой, без лишних перекрытий.

2. Проектируемая линия должна быть надежно связана с существующими пересекаемыми ею линиями нивелирования всех классов.

3. Связь проектируемых и существующих линий I и II классов выполняют путем включения одного репера и контрольного нивелирования по примыкающей к нему секции существующей линии. При этом по линии I класса контрольное нивелирование, как правило, выполняют по секции, примыкающей к фундаментальному реперу. Для связи линий II класса можно выполнять контрольное нивелирование по секции между рядовыми постоянными знаками.

4. Связь проектируемой линии I класса с существующими линиями III и IV классов предусматривают, как правило, только в тех случаях, когда знаки III и IV классов расположены не далее 500 м от линии нивелирования I класса.

5. Связь проектируемых линий III и IV классов с существующими линиями I, II, III и IV классов выполняют путем включения одного репера существующей линии.

Привязка линий нивелирования III и IV классов к фундаментальным реперам не разрешается.

6. Постоянные знаки ранее исполненного нивелирования всех классов, расположенные на проектируемой линии, включают в нее. Знаки (в том числе и стенные), расположенные вблизи проектируемой линии, привязывают отдельными ходами между двумя постоянными знаками.

На каждый образуемый узел связи линий нивелирования составляют особую схему в крупном масштабе, на которой показывают направления всех связываемых линий и существующие знаки, подлежащие включению в проектируемую линию или в контрольное нивелирование.

2.06. Нивелирование через широкие водные препятствия проектируют в наиболее узких местах, используя острова и мели.

Если ширина водного препятствия по линиям нивелирования I, II и III классов 150 м и более, то на обоих берегах предусматривают закладку постоянных знаков (по одному на каждом берегу). Оба знака по возможности намечают в незатопляемой зоне. Превышение между ними должно быть не более 0,5 м.

2.07. При проектировании нивелирования III и IV классов для обеспечения съемки в масштабе 1 : 10 000 в равнинных и всхолмленных районах в нивелирную сеть включают все пункты триангуляции 1, 2, 3 и 4 классов, а в горных районах — возможно большее количество пунктов.

2.08. При проектировании нивелирования III и IV классов для обеспечения съемок масштабов 1 : 5000 и крупнее учитывают требования «Основных положений по созданию топографических планов масштабов 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500» и соответствующих инструкций.

2.09. При составлении проекта повторного нивелирования по линиям I и II классов учитывают следующее:

1. При разреженном закреплении ранее проложенной линии нивелирования ее дополнительно закрепляют знаками современных типов.

2. Если какие-то участки линии подлежат изменению, то предусматривают привязку к новым знакам наиболее надежных знаков ранее проложенной линии. Привязку выполняют висячими ходами нивелирования соответствующего класса либо нивелированием II класса по ранее проложенной линии между двумя новыми знаками. В первом случае привязывают знаки, отстоящие друг от друга на 20—30 км. Во втором случае включают все сохранившиеся знаки ранее проложенного нивелирования.

3. При повторном нивелировании включают основные реперы и привязывают рабочие реперы, футштоки, мареографы, рейки морских и речных уровнемерных (водомерных) станций, в том числе и те, которые не были привязаны при первоначальном нивелировании.

2.10. При проектировании основных и рабочих реперов морских уровнемерных станций, основных речных (озерных) водомерных постов надлежит руководствоваться следующим:

1. Уровнемерные станции и водомерные посты оборудуют не менее чем тремя реперами: двумя основными и одним рабочим. Один из основных реперов должен быть фундаментальным.

2. Основные реперы служат для проверки положения рабочего репера и для закрепления нуля поста. В качестве основного может быть использован репер государственной нивелирной сети, находящийся не далее 3 км от станции или поста. Рабочий репер, предназначаемый для систематического контрольного нивелирования измерительных устройств, располагают в непосредственной близости от этих устройств и вне зоны затопления высокими водами. Изготовление и закладку реперов выполняют в соответствии с требованиями настоящей Инструкции.

3. Основные реперы станций и постов закладывают предприятия ГУГК при СМ СССР. Рабочие реперы закладывают организации, сооружающие станции или посты. На каждом репере указывают номер и название учреждения, которому он принадлежит.

3. РЕКОГНОСЦИРОВКА И ОБСЛЕДОВАНИЕ ЛИНИЙ НИВЕЛИРОВАНИЯ

Рекогносцировка линий I и II классов

3.01. При рекогносцировке изыскивают наиболее выгодные варианты линий и узлов связи, намечают места для закладки и типы реперов, а также собирают необходимые сведения для организации и производства последующих работ.

3.02. Рекогносцировщик должен иметь опыт работы по нивелированию и достаточную подготовку для оценки влияния различных природных факторов на устойчивость реперов.

3.03. В целях выбора наиболее обоснованных вариантов линий

и наилучших мест для закладки реперов в рекогносцировке линий нивелирования I класса, кроме геодезиста, принимает участие геолог.

3.04. Перед выездом на полевые работы рекогносцировщик собирает следующие сведения о существующих в районе работ линиях нивелирования: названия линий, класс, организация, год исполнения, схемы линий, описание местоположения и кроки реперов, типы (чертежи) реперов, выписки из каталога или отчета, карты наиболее крупного масштаба с нанесенными реперами или выкопировки с них.

3.05. Рекогносцировщик в поле наносит на крупномасштабную карту или на аэрофотоснимки места для закладки реперов, опознает с требуемой точностью местоположение существующих реперов, составляет описания (а при необходимости — кроки) и обозначает в натуре места для закладки реперов.

3.06. Особо тщательно рекогносцируют узлы связи нивелирных линий, руководствуясь требованиями п. 2.05.

3.07. Реперы ранее исполненного нивелирования, которые намечено включить в прокладываемую линию или в контрольное нивелирование, разыскивают на местности по крупномасштабной карте, кроки, описаниям, внешнему оформлению и сведениям от местных жителей.

Поиск репера прекращают только с разрешения начальника партии, который выезжает на место и составляет акт об утрате репера. В акте приводят сведения о репере, способах поиска, причинах утраты и делают заключение о том, что репер или не найден или утрачен. Акт утверждают руководитель работ и инспектор ОТК.

3.08. Места для закладки реперов намечают вблизи характерных контуров и ориентиров, которые в дальнейшем облегчат отыскание реперов на местности и опознавание их на материалах аэрофотосъемки. При отсутствии контуров и ориентиров рекомендуют способ маркировки репера.

3.09. Для обеспечения долговременной сохранности и надежности реперов места для закладки намечают по возможности на повышениях с крупнозернистыми слабоувлажненными грунтами. Наиболее желательна закладка реперов в скальные породы.

Уровень грунтовых вод в местах закладки должен быть не ближе 3—4 м от поверхности земли. Случаи закладки реперов в переувлажненных и заболоченных грунтах должны быть редким исключением.

Не следует намечать места для закладки реперов на участках, где наблюдаются карстовые и оползневые явления, на затопляемых участках, а также на участках, где в скором времени будут производить строительные, гидротехнические, дорожные, горные и сельскохозяйственные работы.

На пахотных землях места для закладки реперов приурочивают к перелескам, полезащитным лесным полосам, обочинам дорог, к опорам линий электропередач и воздушных линий связи.

Не следует намечать закладку грунтовых реперов в местах расположения буровых вышек и скважин для добычи нефти, газа и подземных вод.

В районах подвижных песков места для закладки реперов намечают на закрепленных растительностью межбарханных понижениях (по возможности значительных размеров), а также на краях такыров, менее подверженных увлажнению.

В районах многолетней мерзлоты места для закладки реперов приурочивают по возможности к повышенным участкам с небольшой глубиной протаивания грунта. При этом их не следует намечать на таликах, открытых южных склонах, местных понижениях (замкнутых западинах, полосах стока и т. д.), булгунняхах, старых гарях, на участках со значительным развитием морозобойных трещин, неглубоким залеганием подземного льда и на участках полигональной тундры.

Особенно высокие требования предъявляются к местам для закладки фундаментальных реперов.

3.10. При выборе мест для закладки стенных реперов руководствуются следующими положениями:

— стенные реперы закладывают в стены прочных каменных, кирпичных, бетонных и железобетонных зданий и сооружений, построенных несколько лет назад, и в вертикальные поверхности монолитных скал;

— не рекомендуется стенные реперы закладывать в стены зданий и сооружений, расположенных вблизи железнодорожных путей;

— в районах многолетней мерзлоты стенные реперы закладывают лишь в стены зданий и сооружений, построенных на скальных грунтах;

— не рекомендуется в стены одного здания закладывать более одного репера.

3.11. В населенных пунктах протяженностью более 0,5 км намечают места для закладки не менее двух реперов, в городах и поселках городского типа — не менее трех. Закладку реперов в населенных пунктах не предусматривают, если в рекогносцируемую линию включают такое же количество существующих реперов. В крупных городах количество и размещение реперов предусматривают в каждом случае отдельно.

Во всех случаях места для закладки реперов выбирают с учетом удобства включения реперов в ходовую линию.

3.12. Глубину промерзания и протаивания грунта, указанную в техническом проекте, при рекогносцировке уточняют по данным местных метеостанций. Кроме того, в зоне многолетней мерзлоты в намеченных для закладки реперов местах при помощи специального щупа определяют глубину протаивания грунта на момент рекогносцировки, по которой затем вычисляют полную глубину протаивания (прил. 45). Особенно необходимо таким методом определять глубину протаивания грунта в местах для закладки реперов в горных

районах и фундаментальных реперов во всех районах зоны многолетней мерзлоты.

3.13. При выборе мест для закладки фундаментальных реперов (а в сложных условиях и для рядовых грунтовых реперов) целесообразно использовать легкие механические буры типа Д-10, М-1 и др. для получения грунтовых и гидрогеологических характеристик (разрезов) на глубину 4—5 м.

В горных районах для закладки реперов по возможности выбирают места со скальным грунтом. В случаях когда скальная порода покрыта слоем рыхлого грунта, устанавливают толщину этого слоя.

3.14. При выборе мест для закладки реперов рекогносцировщик намечает наиболее удобное и выгодное направление линии нивелирования, по возможности минуя косогоры, скалы, крутые подъемы, места с рыхлым грунтом, болота, кустарники и другие неудобные места, а также посевы.

В объяснительной записке рекогносцировщик указывает сроки нивелирования и трудности, которые встретятся при нивелировании.

Рекогносцировщик намечает также места нивелирования через водные препятствия шириною более 100 м и места для закладки грунтовых реперов на берегах в случаях нивелирования через широкие водные препятствия специальными методами.

3.15. В результате рекогносцировки должны быть представлены следующие документы:

1) уточненная схема линии нивелирования;

2) уточненные схемы узлов связи прокладываемой линии с существующими;

3) уточненные схемы линий нивелирования через препятствия;

4) объяснительная записка;

5) описания (кроки) мест для закладки реперов;

6) акты на утраченные и ненайденные нивелирные знаки;

7) список обследованных и восстановленных нивелирных знаков (прил. 1);

8) материалы геологического обследования мест закладки (только для I класса).

Уточненную схему линий нивелирования составляют на картах масштаба 1 : 100 000 или 1 : 300 000, а при необходимости и на картах более крупного масштаба. На схеме показывают отрекогносцированную линию нивелирования, места для закладки реперов, существующие линии и знаки нивелирования. На каждый узел связи составляют отдельную схему с описанием всех необходимых сведений о существующих линиях и знаках нивелирования.

Обследование ранее проложенных линий нивелирования

3.16. Обследованию подлежат реперы линий, по которым запроектировано повторное нивелирование, реперы, подлежащие включению в ходовую линию или привязке к ней, и реперы,

включаемые в контрольное нивелирование в узлах связи. Кроме того, обследование реперов выполняют при восстановлении геодезических пунктов согласно требованиям соответствующей инструкции.

3.17. На линиях, по которым запроектировано повторное нивелирование, кроме реперов обследуют прежнюю трассу с целью выявления изменений, которые произошли на местности за прошедший период, и при необходимости намечают на отдельных участках новую трассу. Без достаточных оснований прежнюю трассу изменять не следует.

3.18. В процессе обследования разыскивают все реперы, которые были включены или привязаны при первоначальном нивелировании.

3.19. Ненайденные реперы относить к утраченным не следует. Причинами утраты могут быть: разрушение репера, снос сооружения, в котором он был заложен, утрата головки репера, деформация трубчатого репера и т. п. Утраченным следует считать и репер на пашне, если местоположение его не удалось установить по промерам, описаниям и опросам местных жителей.

3.20. Все найденные реперы оценивают по их надежности. Ненадежными считают:

— стенные реперы и марки в устоях мостов и труб, в зданиях и сооружениях вблизи железнодорожных путей, в некапитальных сооружениях (будках, казармах и пр.), в зданиях на сваях, в разрушающихся зданиях, в каменных цоколях деревянных домов, в каменных оградах;

— грунтовые реперы на оползневых и карстовых участках, в местах с сильно увлажненным грунтом или с высоким уровнем грунтовых вод (менее 3 м);

— грунтовые реперы в районах многолетней мерзлоты на участках, где имеются благоприятные условия для глубокого протаивания грунта, и реперы с песчано-ледяным якорем;

— грунтовые реперы с металлическим якорем в районах сезонного промерзания грунта;

— скальные реперы в разрушающихся и трещиноватых породах.

Не отвечают требованиям долговременной сохранности реперы в местах, где ведутся или проектируются строительные, горные, дорожные и др. работы.

При необходимости взамен утраченных, ненадежных и не отвечающих требованиям долговременной сохранности реперов выбирают места для закладки новых.

3.21. При обследовании устанавливают объем работы для восстановления и внешнего оформления найденных реперов, в том числе и признанных ненадежными. Восстановительные работы по возможности выполняет рекогносцировщик (бетонирование сколотого угла пилона, противокоррозийная окраска марки и верхнего конца трубы, надпись на скале, установка опознавательного столба с охранной надписью и т. п.).

Если внешнее оформление грунтового репера нарушено, то его восстанавливают в соответствии с требованиями настоящей Инструкции.

3.22. Если отдельные участки обследуемой линии окажутся неблагоприятными для нивелирования и некоторые реперы в проектируемых узлах связи — утраченными, то рекогносцировщик дает рекомендации по изменению технического проекта.

3.23. При обследовании реперов на морских и речных водомерных постах ГУГМС руководствуются указаниями п. 2.10.

3.24. В результате обследования представляют те же документы, что и при рекогносцировке (см. п. 3.15).

3.25. Перечень материалов по общему обследованию и восстановлению пунктов геодезической сети предусматривается особой инструкцией.

4. НИВЕЛИРНЫЕ ЗНАКИ

Реперы

4.01. Грунтовые реперы, закладываемые в зоне сезонного промерзания грунта, показаны на рис. 1 и 3 (типы 4 и 5)*. Репер состоит из железобетонного пилона в форме параллелепипеда с поперечным сечением 16 × 16 см и бетонной плиты (якоря). В верхней грани пилона зацементирована марка (рис. 2). Пилоны могут быть заменены асбоцементными трубами сечением 14—16 см, заполненными бетоном.

Рекомендуется закладывать реперы в пробуренные скважины диаметром 50 см. В этом случае изготовляют бетонный якорь того же диаметра, что и скважина, высотой: в южной зоне области сезонного промерзания ** — 20 см, в северной — 35 см. При использовании бурового механизма с буром диаметром 35 см (типа УГБ-2М и др.) разрешается применять якори диаметром 35 см и высотой: в южной зоне — 50 см, в северной — 80 см.

При закладке реперов в котлованы используют якори квадратного сечения размерами: в южной зоне — 50 × 50 × 20 см, в северной — 60 × 60 × 20 см.

В середине бетонного якоря высотой 20 см при его изготовлении оставляют квадратное отверстие размером 20 × 20 см; при высоте якоря более 20 см в нем делается выемка размером 20 × × 20 × 20 см. При закладке репера в отверстие или выемку в якоре наливают до $^1/_2$ их высоты жидкий цементный раствор, в который вставляют нижний конец пилона.

Основание плиты репера нивелирования I, II, III и IV классов для северной зоны и репера нивелирования I, II классов для южной

* В настоящей Инструкции нумерация типов знаков соответствует принятой в инструктивном документе «Центры и реперы государственной геодезической сети СССР», изд-во «Недра», 1973 г.

** Зона сезонного промерзания грунта делится на южную и северную; граница между ними проходит примерно по линии Ужгород — Харьков — Актюбинск — Караганда — Семипалатинск — оз. Зайсан (прил. 44).

зоны сезонного промерзания грунтов (тип 5, см. рис. 1) располагают на 50 или 65 см ниже границы наибольшего промерзания, если высота якоря равна соответственно 20 и 35 см. При высоте якоря 80 см глубину закладки увеличивают на 50 см. Во всех случаях глубина закладки не должна быть менее 1,3 м плюс высота якоря. Марку репера следует располагать на 50 см ниже поверхности земли.

Верхняя плоскость якоря на линиях нивелирования III и IV классов в южной зоне сезонного промерзания должна находиться на глубине, соответствующей глубине промерзания грунта, но не меньшей 1,3 м. Верхняя часть репера с маркой и охранной плитой должна выступать на 50 см выше земной поверхности и служить одновременно опознавательным знаком.

4.02. В труднодоступных и неблагоприятных в гидрогеологическом отношении районах самой северной части зоны сезонного промерзания грунта, примыкающей к южной границе зоны распространения многолетней мерзлоты, разрешается вместо железобетонных реперов (см. рис. 1) закладывать на такую же глубину металлические трубы диаметром 60 мм с бетонной плитой (якорем) диаметром 60 см и высотой 20 см. Труба покрывается антикоррозийным материалом.

При использовании буровых механизмов с диаметром бурения 35 см допускается в труднодоступных районах с глубоким сезонным промерзанием грунтов якорь знака изготавливать в скважине путем заливки в нее бетонного раствора на высоту 70 см. В бетонный раствор вставляется труба диаметром 60 мм; верхняя часть трубы с маркой должна располагаться на 50 см ниже земной поверхности. Глубина закладки репера должна быть на 1 м больше глубины промерзания грунта. Заполнение скважины грунтом может производиться, не дожидаясь схватывания бетона якоря, при условии засыпки на него слоя песка толщиной не менее 10 см.

4.03. При закладке грунтовых реперов дно скважины или котлована под основание плиты заливают слоем цементного раствора (1 : 5) толщиной не менее 3 см. Запрещается закладывать реперы в котлованы (скважины) с разрыхленным на дне или с подсыпанным рыхлым грунтом.

4.04. Наружное оформление грунтового репера типа 5 состоит из опознавательного знака в виде железобетонного пилона с плитой (якорем), устанавливаемого в 1 м от репера. Длина пилона, имеющего в верхней части скосы на две грани, 2,1 м, поперечное сечение 16 × 16 см. Диаметр плиты 50 см, толщина 20 см. Соединение пилона с плитой такое же, как у репера. Основание плиты располагают на 1 м ниже поверхности земли (рис. 4). При использовании якоря диаметром 35 см высоту его увеличивают до 50 см, а глубину закладки на 15 см.

К опознавательному знаку надежно прикрепляют на болтах (при отливке пилона) охранную плиту из чугуна или силумина

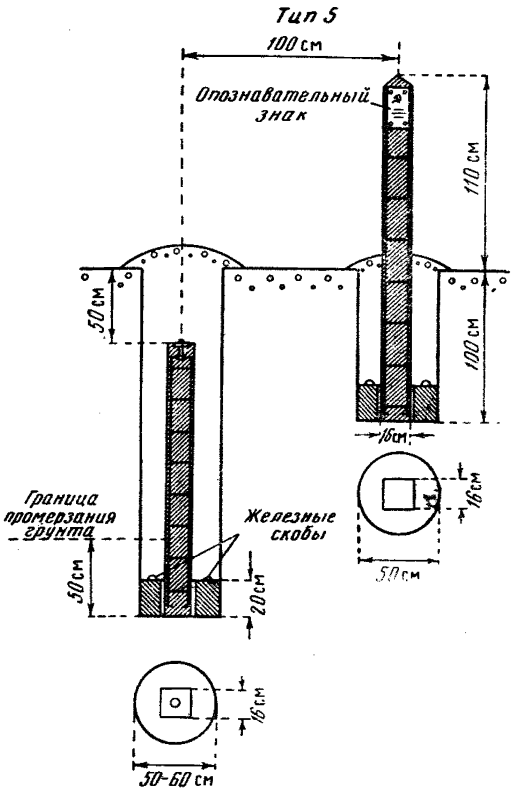


Рис. 1. Грунтовый репер нивелирования I, II, III, IV классов для северной зоны и грунтовый репер нивелирования I, II классов для южной зоны сезонного промерзания грунтов

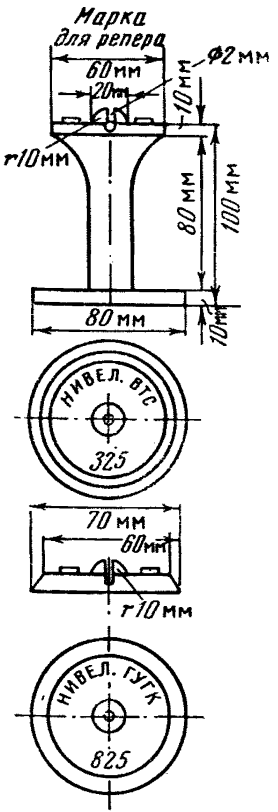


Рис. 2. Марка для грунтовых и скальных реперов

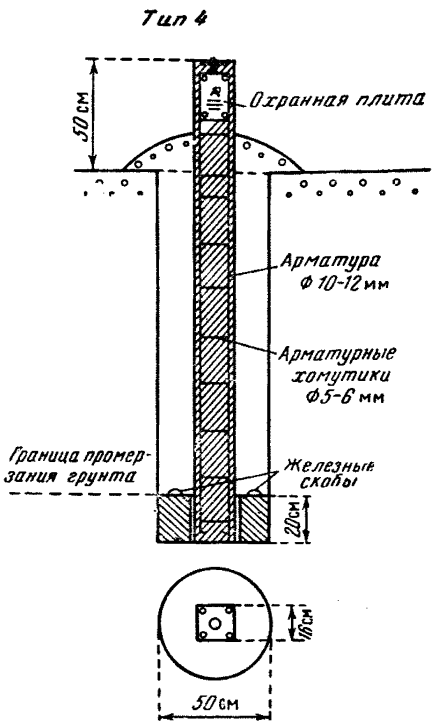


Рис. 3. Грунтовый репер нивелирования III и IV классов для южной зоны сезонного промерзания грунтов

размером 16 × 22 см и толщиной 5 мм. Надпись на охранной плите отливают при ее изготовлении.

При установке опознавательного знака охранная плита должна быть обращена в сторону репера.

Выступающую над поверхностью земли часть опознавательного знака окрашивают масляной краской ярких цветов (желтой, оранжевой, красной). Черной краской подписывают на столбе номер репера. Непосредственно над репером насыпают небольшой земляной курган. Канавы не делают (рис. 5, тип. 1).

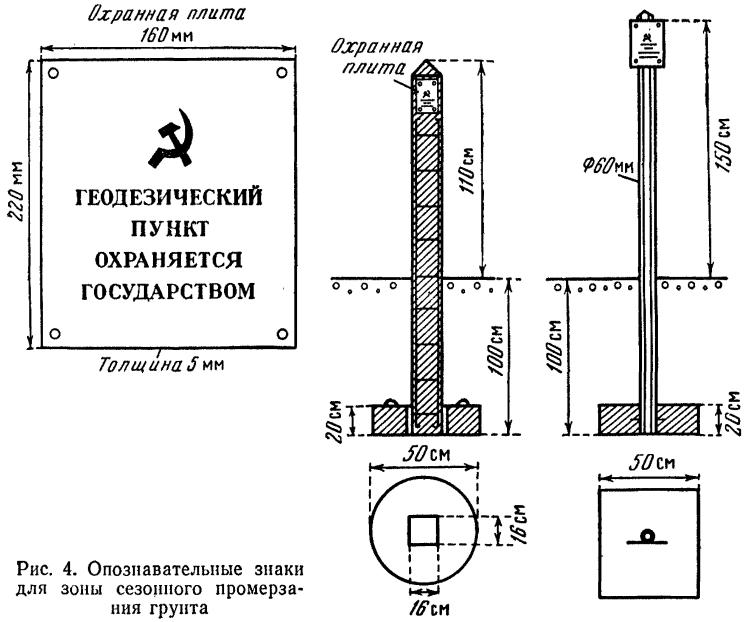


Рис. 4. Опознавательные знаки для зоны сезонного промерзания грунта

В северных труднодоступных районах зоны сезонного промерзания, где согласно п. 4.02 разрешено закладывать трубчатые реперы, опознавательный знак может быть также трубчатый. К верхней части трубы такого знака приваривают металлическую пластину, к которой прикрепляют на болтах охранную плиту (см. рис. 4). Трубу поверх антикоррозийного покрытия, нанесенного на нее, покрывают в пределах ее выступающей части масляной краской ярких цветов. На обратной стороне охранной плиты надписывают черной краской номер репера. К верхнему концу трубы приваривают заглушку. Нижний конец трубы должен иметь бетонный якорь размером 50 × 50 × 20 см (или диаметром 50 см), заглубляемый в грунт на 1 м. При использовании якоря диаметром

35 см высоту его увеличивают до 50 см, а глубину закладки на 15 см. Верхняя часть опознавательного знака должна располагаться на 1,5 м выше земной поверхности.

Помимо установки трубчатого опознавательного знака вокруг репера выкапывается П-образная канава шириной (по оси канавы) 3,4 м. Сечение канавы: по нижнему основанию 20 см, по верхнему — 120 см, по высоте — 50 см (рис. 5, тип 2).

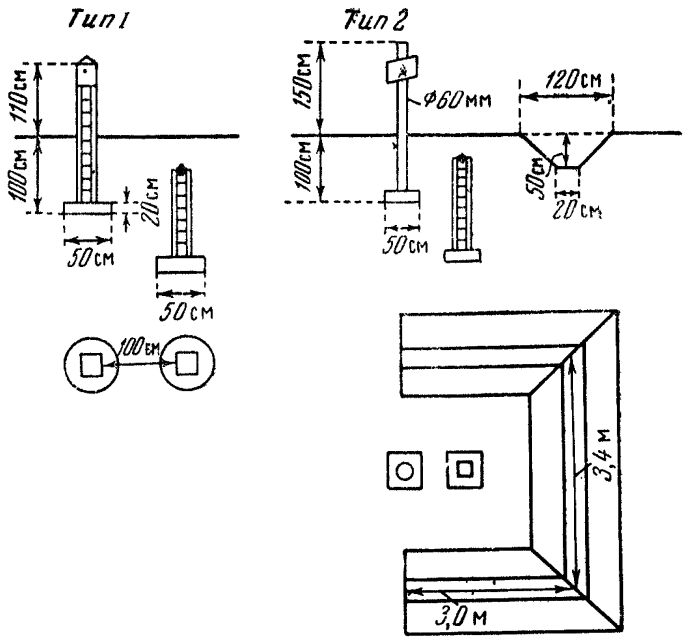


Рис. 5. Наружное оформление грунтового репера в районах сезонного промерзания грунта

Наружное оформление репера типа 4 (см. рис. 3) состоит, помимо охранной плиты, прикрепляемой на болтах к верхней части репера, из кольцевой канавы диаметром (по оси ее) 1,5 м и сечением: по нижнему основанию 10 см, по верхнему — 60 см, по высоте — 30 см. Грунт из канавы частично укладывается вокруг выступающей части репера, которая окрашивается масляной краской ярких цветов.

4.05. В закрепленных песках закладывают реперы типов 4 или 5 (в зависимости от класса нивелирования). Опознавательный знак — железобетонный. Канав не делают.

Железобетонные реперы, закладываемые в агрессивных грунтах, изготовляют из плотного бетона. Кроме того, в особо агрессивных грунтах железобетонные реперы покрывают битумом.

В районах подвижных песков в качестве реперов завинчивают оцинкованные трубы на глубину не менее 4 м (рис. 6, тип 9).

Верхний конец трубы с маркой располагают на 80 см выше поверхности земли; он же служит опознавательным знаком. Охранная плита и окраска такие же, как описано выше. Канав не делают.

4.06. На заболоченных территориях линии нивелирования закрепляют трубчатыми реперами. Используют металлические трубы диаметром 60 мм. К нижнему концу трубы приваривают винтовой якорь диаметром 15—20 см или буровой спиральный наконечник (шнек, змеевик) диаметром не менее 10 см и длиной не менее 50 см. Трубу завинчивают на такую глубину, чтобы винтовой якорь вошел в подстилающую водонасыщенный слой плотную породу не менее чем на 1—2 м. Верхний конец трубы, к которому приваривают марку, располагают на 30 см ниже поверхности земли.

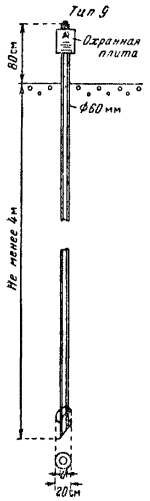


Рис. 6. Грунтовый репер для районов подвижных песков

При наличии механизмов ударно-вибрационного действия на заболоченных территориях можно закладывать реперы, состоящие из нескольких свинченных друг с другом буровых штанг или труб диаметром 50—60 мм. К нижнему концу такого репера приваривают металлический конус. Штанги или трубы забивают в грунт глубже водоносного горизонта не менее чем на 3 м. Верхний конец штанги или трубы, к которому приваривают марку, располагают на 30 см ниже поверхности земли.

Момент вхождения винтового якоря (спирального наконечника или конуса) в плотную подстилающую водонасыщенный слой породу легко определяется по резкому замедлению скорости погружения репера в грунт.

Опознавательный знак трубчатый (см. рис. 4). Вокруг знака сооружают деревянный сруб размером 100 × 100 × × 60 см, заполняемый торфом или минеральным грунтом.

4.07. В северной зоне распространения многолетней мерзлоты (к северу от линии Воркута — Новый Порт — Хантайка — Сунтар — Олекминск — Алдан — Аян) закладывают в пробуренные или протаянные скважины трубчатые реперы (рис. 7, тип 7). Используют металлические трубы диаметром 60 мм с толщиной стенок не менее 3 мм. К верхнему концу приваривают марку, а в нижнем конце трубы — многодисковый якорь, состоящий из металлического диска и 8 полудисков толщиной 5—6 мм и диаметром 150 мм. Трубу бетоном не заполняют. На наружную и внутреннюю поверхности трубы наносят надежное антикоррозийное покрытие.

Если глубина протаивания грунта до 1,25 м, то основание репера располагают на 2 м ниже границы протаивания. Если глу-

бина протаивания 1,25 м и более, то основание репера располагают на 3 м ниже границы протаивания. Верхний конец трубы с приваренной к нему маркой располагают на уровне поверхности земли.

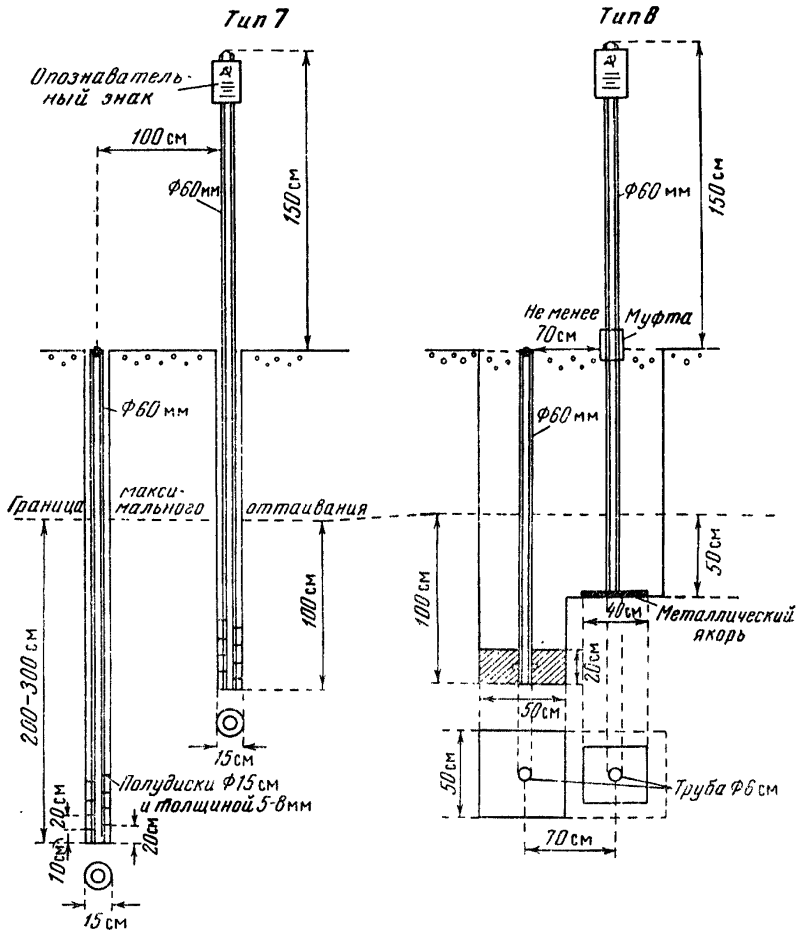


Рис. 7. Грунтовые реперы в зоне распространения многолетней мерзлоты

При наличии в грунте каменистых включений, затрудняющих бурение и протаивание скважин, трубчатые реперы закладывают в котлованы. Вместо многодискового делают бетонный якорь размером 50 × 50 × 20 см (рис. 7, тип 8). Основание бетонного якоря располагают на 1 м ниже границы наибольшего протаивания

грунта. Верхний конец трубы с маркой располагают на уровне поверхности земли.

В труднодоступных районах северной зоны области многолетней мерзлоты при глубине протаивания до 1,25 м бетонный якорь может быть заменен металлическим размером 50 × 50 см и толщиной 5—6 мм. Крепление этого якоря к трубе производится или с помощью сварки, или на муфте, привариваемой к якорю.

В южной зоне распространения многолетней мерзлоты (к югу от линии Воркута — Новый Порт — Хантайка — Сунтар — Олекминск — Алдан — Аян) закладывают (в котлованы) реперы типа 8 (см. рис. 7). Если во время закладки многолетняя мерзлота не обнаружена, то глубину закладки репера увеличивают на 50 см, а верхний конец трубы с маркой располагают (за счет этого увеличения) на 50 см ниже поверхности земли.

Применять металлические якоря вместо бетонных не разрешается.

4.08. В залесенных районах зоны многолетней мерзлоты над грунтовыми реперами сооружают из ошкуренных лиственничных бревен срубы размером 2 × 2,5 м и высотой 0,5 м. Внутри сруба устанавливают трубчатый опознавательный знак с охранной плитой, обращенной в сторону репера. Опознавательный знак соответствующим образом окрашивают и на нем пишут краской номер репера. Сруб заполняют грунтом и мхом, которые берут не ближе 10 м от репера. В срубе над репером устанавливают деревянный опознавательный столб (из бревна хвойной породы) высотой 1 м; верхнюю часть столба затесывают на конус.

В тундре над репером сооружают из земли и мха курган размером 2 × 2 м и высотой 0,5 м. Курган покрывают слоем дерна. В 2,0 м от репера устанавливают трубчатый опознавательный знак с охранной плитой. Вокруг опознавательного знака сооружают из грунта и мха курган высотой 70 см. Грунт и мох берут не ближе 10 м от репера.

4.09. В скальные породы в зоне сезонного промерзания грунта закладывают скальные реперы, показанные на рис. 8.

В скале, выходящей на поверхность или залегающей на глубине до 0,5 м, закладывают марку на цементном растворе (рис. 8, тип 10). В 1,0 м от репера устанавливают трубчатый опознавательный знак с приваренным металлическим якорем размером 50 × 50 см и охранной плитой. Опознавательный знак защищают от коррозии и соответствующим образом окрашивают. Металлический якорь цементируют к скале. Вокруг опознавательного знака выкладывают из камней тур высотой 0,5 м.

Если скала залегает на глубине свыше 0,5 м, закладывают железобетонный скальный репер (рис. 8, тип 11). Он представляет собой железобетонный пилон (или асбоцементную трубу, заполненную бетоном) с бетонной плитой (якорем). Сечение пилона 16 × 16 см. Бетонная плита — круглая, диаметром 50 см и толщиной 20 см. При изготовлении в бетонной плите оставляют отверстие,

в которое при закладке наливают цементный раствор и затем вставляют нижний конец пилона. В верхней грани пилона вцементирована марка. Пилон изготовляют такой длины, чтобы его верхний конец с маркой возвышался над поверхностью земли на 0,5 м.

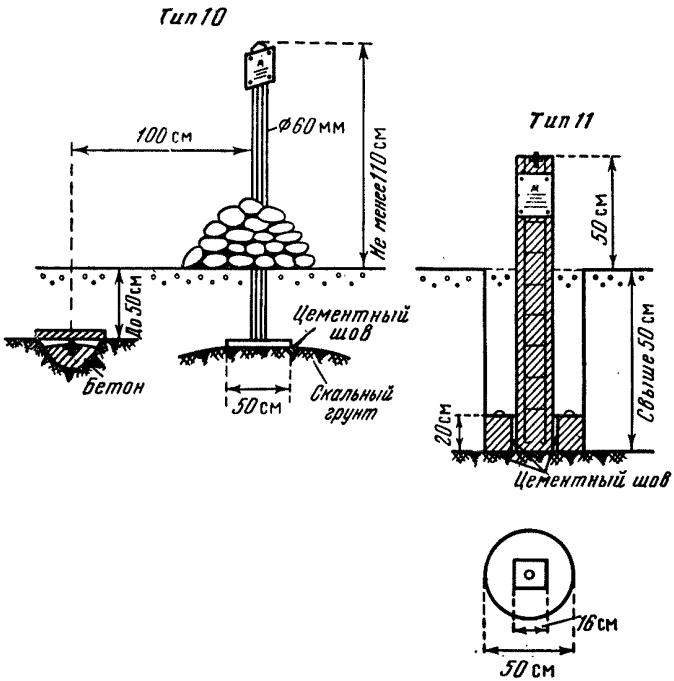


Рис. 8. Реперы для скальных грунтов

Если пилоны и плиты изготовляют централизованным порядком, то верхний конец пилона с маркой разрешается располагать над поверхностью земли до 1 м. Основание плиты (якоря) цементируют к скале. К верхней части пилона прикрепляют охранную плиту, а пилон окрашивают масляной краской ярких цветов. Если пилоном служит асбоцементная труба, заполненная бетоном, то в 1,0 м от репера устанавливают трубчатый опознавательный знак.

4.10. В скальные породы в зоне распространения многолетней мерзлоты закладывают скальные реперы тех же типов, что и в зоне сезонного промерзания грунта (см. рис. 8, типы 10 и 11).

Вместо железобетонного скального репера типа 11 разрешается закладывать трубчатый скальный репер с бетонным якорем. Конструкция этого репера показана на рис. 7 (тип. 8). Основание бетонного якоря цементируют к скальной породе, которую при необходимости нагревают. Верхний конец трубы с маркой располагают на уровне поверхности земли. Рядом с репером

устанавливают трубчатый опознавательный знак с металлическим якорем (см. рис. 7, тип 8).

4.11. В качестве внешнего оформления, помимо опознавательного знака, над репером в скале, выходящей на поверхность, выкладывают из камней курган диаметром 1 м и высотой 0,3 м.

Если вблизи репера имеется отвесная скала, то на ней рисуют яркой масляной краской (суриком) треугольник со стороною 1 м, внутри которого делают крупную надпись, состоящую из номера репера и начальных букв организации, выполняющей работы.

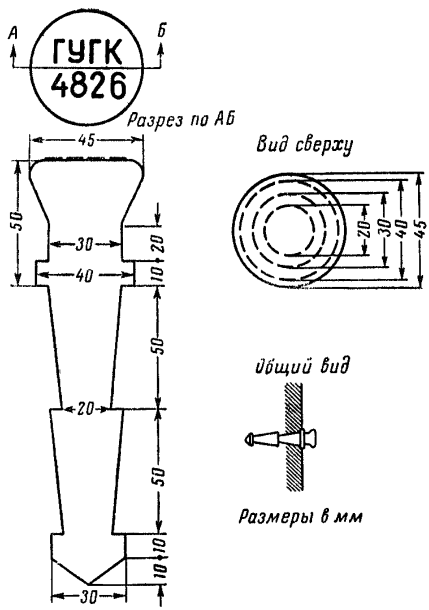


Рис. 9. Стенной репер

4.12. Стенной репер, закладываемый в стену искусственного сооружения или в вертикальную поверхность скалы, показан на рис. 9.

При изготовлении репера на его диске отливают начальные буквы названия организации, выполняющей нивелирование, и номер. Репер покрывают антикоррозийной изоляцией.

Охранную плиту прикрепляют к стене здания рядом с репером или над ним. На вертикальной поверхности скалы, помимо прикрепления на болтах охранной плиты, делается масляной краской треугольник со стороною 1 м, внутри которого помещаются номер репера и начальные буквы организации, выполняющей работы.

4.13. При выборе типов реперов для различных районов страны руководствуются «Схемой областей применения типов реперов» (прил. 43) и «Схематической картой глубин промерзания и протаивания грунтов на территории СССР для установления глубины закладки центров и реперов» (прил. 44).

Фундаментальные реперы

4.14. Фундаментальный репер, закладываемый в зоне сезонного промерзания грунта, показан на рис. 10. Железобетонный пилон формы усеченной пирамиды составляет единое целое с бетонной плитой (якорем). В верхние грани пилона и плиты цементируют марки из малоокисляющегося материала (бронзы, нержавеющей

стали) или чугунные марки с полусферическими вкладышами из коррозионностойкого материала (см. рис. 2).

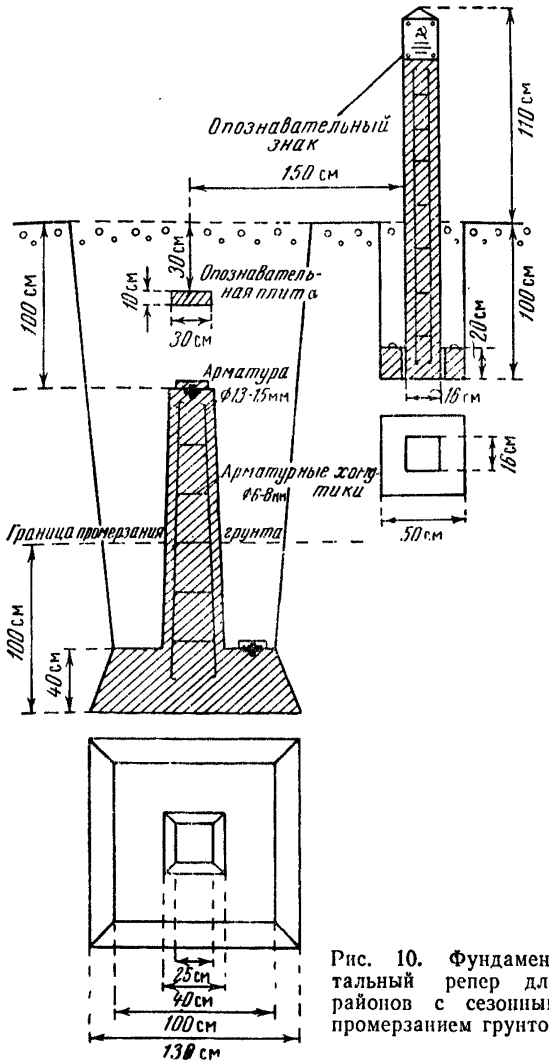


Рис. 10. Фундаментальный репер для районов с сезонным промерзанием грунтов

Нижнее основание плиты располагают на 1 м ниже границы наибольшего промерзания, а верхнюю грань пилона — на 1 м ниже поверхности земли.

Над репером, на глубине 30 см от поверхности земли, закладывают опознавательную бетонную плиту размером 30 × 30× 10 см.

Фундаментальный репер изготовляют в котловане. Для плиты роют выемку в грунте естественной плотности (прил. 41). В недостаточно плотном грунте боковые стенки выемки делают отвесными. В рыхлом грунте плиту изготовляют в опалубке с вертикальными боковыми стенками. Размер плиты с вертикальными боковыми гранями 115 × 115 × 40 см.

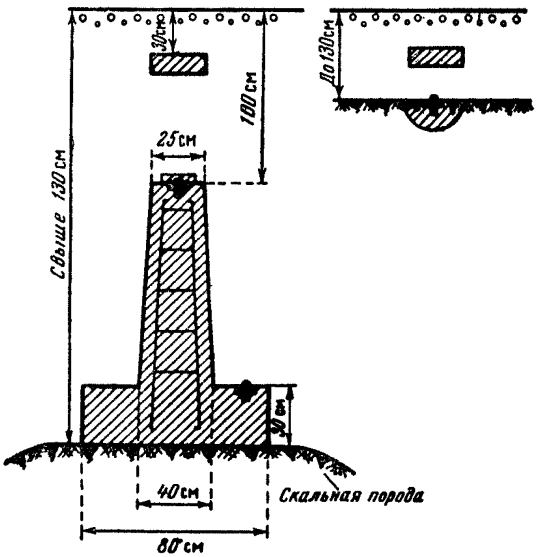


Рис. 11. Фундаментальные реперы для скальных грунтов

4.15. Фундаментальные скальные реперы, закладываемые в зоне сезонного промерзания грунта, показаны на рис. 11.

Если скала выходит на поверхность или залегает на глубине до 1,3 м, в нее цементируют одну марку.

Если скала залегает на глубине более 1,3 м, на ней отливают железобетонный пилон с плитой (якорем). Размер плиты 80 × 80 × × 30 см. В верхние грани пилона и плиты закладывают марки. Пилон отливают такой высоты, чтобы его верхняя грань располагалась на 1 м ниже поверхности земли.

Если имеется возможность нижний конец пилона заглубить на 15—20 см и зацементировать непосредственно в скалу, то плиту (якорь) можно не делать. В этом случае рядом с пилоном в скалу закладывают на цементном растворе дополнительную марку. Верхнюю грань пилона располагают на 1 м ниже поверхности земли.

Превышение между основной и дополнительной марками определяют с точностью ±1 мм.

4.16. Фундаментальные реперы для северной зоны распространения многолетней мерзлоты с глубиной протаивания до 1,25 м такие же, как и рядовые реперы, но закладывают их глубже на 2 м.

Фундаментальный репер для средней и южной зон распространения многолетней мерзлоты с глубиной протаивания 1,25 м и более — трубчатый с бетонным якорем. Диаметр трубы 60 мм, размер якоря 60 × 60 × 20 см. Основание якоря располагают на 1 м ниже границы наибольшего протаивания грунта, верхний конец трубы с приваренной к нему маркой располагают на уровне поверхности земли.

4.17. Наружное оформление фундаментального репера в зоне сезонного промерзания грунта состоит из канавы прямоугольной формы (рис. 12) и железобетонного опознавательного знака с охранной плитой (см. рис. 10). Над репером делают земляной холм высотой 30 см. Выступающую над землей часть опознавательного знака окрашивают и делают надпись номера репера — фунд. реп. №...

В каменистых местах канав не делают. Над репером выкладывают из камней курган высотой 0,5 м. Основание железобетонного опознавательного знака цементируют со скалой или в скальной породе.

В зоне распространения многолетней мерзлоты наружное оформление фундаментальных реперов такое же, как у рядовых.

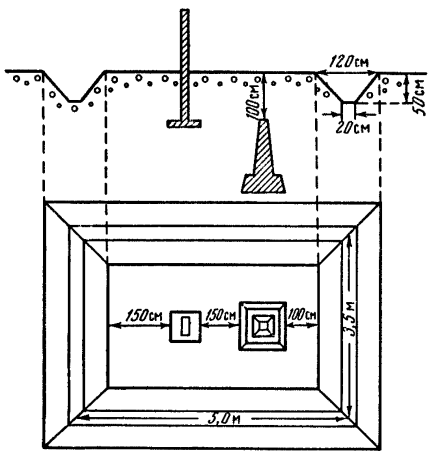


Рис. 12. Наружное оформление фундаментального репера в зоне сезонного промерзания грунта

4.18. По окончании закладки реперов представляют следующие документы:

1) журналы закладки реперов,

2) объяснительную записку,

3) список заложенных реперов и схему их расположения (на карте наиболее крупного масштаба),

4) акты сдачи реперов под наблюдение за сохранностью,

5) кроки (если нет крупномасштабной карты с нанесенными реперами),

6) фотографии зданий и скал, в которые заложены стенные реперы.

Если не располагают картой масштаба 1 : 25 000 и крупнее, на которую можно было бы нанести заложенные реперы, то составляют кроки. Масштаб кроки выбирают с таким расчетом, чтобы поместились ближайшие ориентиры, указанные в описании местоположения. Кроки составляют глазомерно или по аэрофотоснимку

в обычных топографических условных знаках. Горизонтали рисуют условно лишь для показа характера рельефа.

4.19. В качестве временных реперов используют колья, забитые в грунт, гвозди — дюбели (забитые или зацементированные в строения, деревянные опоры линий связи, деревья, мосты и трубы на дорогах, в скалы, в пни деревьев), а также камни, валуны и пр.

Места для временных реперов выбирают с учетом требований п. 3.08 и оформляют окопкой, надписями краской и др.

Расстояние между временными реперами устанавливается техническим проектом (п. 2,04).

Временными реперами могут служить опознаки, закрепляемые на небольшую глубину специальными монолитами при производстве топографических съемок крупного масштаба.

5. НИВЕЛИРОВАНИЕ I КЛАССА

Инструменты

5.01. Нивелирование I класса выполняют глухими нивелирами с плос опараллельной пластинкой и контактным уровнем, удовлетворяю ими следующим требованиям:

а) увеличение трубы — не менее 44 ^{x},

б) цена деления контактного уровня — не более 12″ на 2 мм,

в) цена деления барабана плоскопараллельной пластинки — 0,05 мм,

г) изображение концов пузырька контактного уровня передается в поле зрения трубы.

Из современных инструментов для нивелирования I класса пригодны нивелиры Н1, НБ и Ni004.

5.02. Нивелирование выполняют при помощи штриховых инварных реек. На инварной полосе каждой рейки нанесены две шкалы, смещен ные одна относительно другой на 2,5 мм. Штрихи на шкалах имеют толщину 1 мм, расстояние между осями штрихов 5 мм. Одна шкала имеет надписи полудециметровых делений от 0 до 60, другая — от 60 до 119. Ошибки метровых интервалов и всей шкалы не долж ны превышать ±0,10 мм. Рейки снабжены круглыми уровнями с ценой деления 10—12′ на 2 мм. Натяжение инварных полос — 20 ± 1 кг.

Средняя длина метра комплектов реек для нивелирования в горных районах не должна отличаться от номинала более чем на 0,05 мм

5.03. В случаях привязки к стенным маркам применяют деревянную подвесную рейку длиной 1,2 м с такими же шкалами, как и на основных рейках. Нуль на подвесной рейке должен быть совмещен с центром отверстия для штифта, на который подвешивают рейку к стенной марке.

5.04. Рейки устанавливают на костыли. При нивелировании по мягкому и влажному грунту разрешается использовать деревянные колья с вбитыми в их торцы гвоздями со сферической головкой. Костыли и колья должны быть устойчивы в процессе нивелирования.

5.05. Нивелиры и рейки исследуют и проверяют с целью установления их пригодности для нивелирования I класса, приведения в рабочее состояние и определения постоянных.

5.06. Контрольные исследования реек выполняют при помощи контрольной линейки, которая должна иметь уравнение, обеспечивающее определение ее длины с точностью ±0,01 мм. Контрольную линейку ежегодно эталонируют на компараторе.

Лабораторные исследования и поверки нивелира (полные)

5.07. Полные лабораторные исследования и поверки нивелира выполняют по получении его с завода, после ремонта, сопровождающегося разборкой инструмента, а также по мере необходимости. (Желательно, чтобы эту работу производил исполнитель).

При полных лабораторных исследованиях выполняют:

а) осмотр нивелира;

б) поверку и регулировку хода подъемных винтов;

в) поверку плавности вращения верхней части нивелира вокруг вертикальной оси;

г) поверку и исправление установочных уровней;

д) поверку и исправление сетки нитей;

е) поверку и исправление установки цилиндрического уровня; поверки, перечисленные в пунктах а, б, в, г, д и е, выполняют согласно указаниям в прил. 3;

ж) исследование оптических и измерительных качеств зрительной трубы, включая определение средней квадратической ошибки наведения (прил. 4);

з) исследование цилиндрического контактного уровня, включая определение средней квадратической ошибки совмещения изображений концов пузырька уровня (прил. 5);

и) исследование работы механизма, наклоняющего плоскопараллельную пластинку, и определение цены деления отсчетного барабана (прил. 6);

к) исследование правильности хода фокусирующей линзы нивелиров, предназначенных для нивелирования через водные препятствия (прил. 9);

л) определение коэффициента дальномера и асимметрии нитей (прил. 7);

м) испытание работы элевационного винта и определение цены его оборота (прил. 8).

н) проложение контрольного хода; выполняют только при исследовании новых нивелиров (прил. 10).

5.08. До выезда на работы исполнитель выполняет следующие поверки и исследования нивелира:

а) осмотр нивелира;

б) поверку и исправление установочных уровней;

в) поверку и исправление цилиндрического уровня;

г) определение цены деления цилиндрического уровня;

д) определение цены деления отсчетного барабана для разных расстояний до рейки.

Исследования выполняют согласно указаниям в прил. 3, 6.

5.09. В течение полевого периода выполняют следующие исследования и поверки нивелира:

а) поверку и исправление установочных уровней (ежедневно перед началом наблюдений);

б) поверку и исправление установки цилиндрического уровня (вначале поверку выполняют каждый день, а в дальнейшем, убедившись в постоянстве установки,— не реже одного раза в 15 дней; поверку обязательно выполняют перед началом и по окончании нивелирования через препятствие);

в) определение цены деления отсчетного барабана для разных расстояний до рейки (раз в два месяца).

Исследования выполняют согласно указаниям в прил. 3, 6.

Исследования и поверки реек

5.10. Исследования и поверки реек, предназначенных для нивелирования I класса:

а) внешний осмотр реек и инварной полосы;

б) определение цены деления круглого уровня на экзаменаторе;

в) поверка натяжения инварной полосы (выполняют перед компарированием при помощи динамометра); натяжение должно быть 20 ± 1 кг;

г) определение прогиба рейки; в поле прогиб определяют 2 раза в месяц (прил. 11);

д) поверка правильности нанесения дециметровых делений на обеих шкалах рейки (только для новых реек; прил. 12);

е) точное определение длины интервалов между полудециметровыми делениями 10—30, 30—50 основной шкалы и 70—90, 90—110 дополнительной шкалы рейки (на компараторе, раз в год перед началом полевых работ);

ж) поверка перпендикулярности плоскости пятки рейки к оси рейки и совпадение плоскости пятки с нулем основной шкалы рейки (выполняется раз в год перед началом полевых работ; прил. 13);

з) определение разностей высот нулей реек (раз в год перед началом полевых работ; прил. 14);

и) контрольное определение длины интервалов между полудециметровыми делениями 10—30, 30—50 основной шкалы и 70—90, 90—110 дополнительной шкалы рейки (при помощи контрольной

линейки перед началом и после окончания полевых работ и раз в два месяца во время работы; прил. 15);

к) поверка правильности установки круглого уровня на рейке (ежедневно перед началом утренних и вечерних наблюдений; прил. 16).

Для подвесной рейки выполняют исследования и поверки «д», «и» в те же сроки.

5.11. Результаты лабораторных и полевых исследований нивелиров, реек, контрольных линеек записывают в паспорта. Паспорта составляют в 2-х экземплярах, один из которых хранится в лаборатории, а другой — при нивелире, рейках, контрольной линейке.

Нивелирование I класса

5.12. Нивелирование I класса производят в прямом и обратном направлениях по двум парам костылей (кольев), образующих две отдельные линии: правую, соответствующую ходу по правым костылям, и левую, соответствующую ходу по левым костылям. Наблюдения на станциях выполняют по способу «совмещения».

5.13. При нивелировании в прямом направлении (прямой ход) порядок наблюдений на станциях следующий:

Нечетная станция

Правая линия		Левая линия
1. Отсчет по основной шкале задней рейки	5.	То же, что и на правой линии
2. Отсчет по основной шкале передней рейки	6.	
3. Отсчет по дополнительной шкале передней рейки	7.	
4. Отсчет по дополнительной шкале задней рейки	8.	

Четная станция

1. Отсчет по основной шкале передней рейки	5.	То же, что и на правой линии
2. Отсчет по основной шкале задней рейки	6.	
3. Отсчет по дополнительной шкале задней рейки	7.	
4. Отсчет по дополнительной шкале передней рейки	8.	

При нивелировании в обратном направлении (обратный ход) на нечетных станциях наблюдения начинают с передней рейки, а на четных — с задней.

5.14. Последовательность наблюдений на станции следующая:

1) тщательно приводят пузырьки установочных уровней на середину;

2) наводят трубу нивелира на основную шкалу рейки, стоящей на правом костыле (той рейки, которая согласно предыдущему

параграфу должна наблюдаться первой); ставят барабан на отсчет 50, вращением элевационного винта приближенно совмещают изображения концов пузырька уровня и после этого делают дальномерные отсчеты по трем нитям;

3) вращением элевационного винта точно совмещают изображения концов пузырька уровня; вращением отсчетного барабана точно наводят биссектор на ближайший штрих основной шкалы рейки и отсчитывают по рейке и отсчетному барабану (до целых делений его шкалы);

4) наводят трубу на основную шкалу другой рейки, стоящей на правом костыле, и производят все действия, указанные в п. 2 и 3;

5) наводят трубу наводящим винтом на дополнительную шкалу рейки; смещают уровень вращением элевационного винта на четверть оборота; снова точно совмещают вращением элевационного винта изображения концов пузырька уровня и выполняют остальные действия, перечисленные в п. 3;

6) наводят трубу нивелира на дополнительную шкалу первой рейки, стоящей на правом костыле, выполняют все действия, перечисленные в п. 3;

7) переставляют рейки на левые костыли и выполняют наблюдения в той же последовательности, как указано в п. 2—6.

Отсчет по рейке производят не ранее чем через полминуты после окончательной установки рейки на костыле и после полного успокоения пузырька цилиндрического уровня нивелира.

Если по секциям получаются систематические расхождения значений превышений из нивелирований по правой и левой линиям, то отсчет по рейке производят не ранее чем через 0,8 минуты после окончательной установки нивелира и рейки.

На время перехода наблюдателя на следующую станцию переднюю рейку снимают с костыля.

Результаты наблюдений на станциях записывают в журнал установленной формы (прил. 25).

5.15. В прямом и обратном направлениях нивелирование выполняют по одной и той же трассе и по переходным точкам одного типа.

5.16. Число станций в секции при нивелировании в прямом и обратном направлениях делают четным и одинаковым.

5.17. При перемене направления нивелирования рейки меняют местами.

5.18. По каждой секции нивелирование в прямом и обратном направлениях выполняют, как правило, в разные половины дня. С меньшей строгостью это требование соблюдают осенью и при длительной пасмурной погоде.

5.19. Нивелирование выполняют участками в 25—30 км по схеме «восьмерка» т. е. одну половину секций участка сначала проходят в прямом направлении, а другую половину — в обратном, затем наоборот. В отдельных случаях протяженность участка может быть больше. Если расхождения измеренных превышений по секциям из

нивелирования в прямом и обратном направлениях получаются с преобладанием одного знака, то длину участков можно уменьшить.

5.20. Нормальная длина луча визирования — 50 м. На участках со значительными уклонами и при подходах к знакам длину луча визирования можно уменьшить.

5.21. Высота луча визирования над подстилающей поверхностью должна быть не менее 0,8 м. В отдельных случаях при длине луча визирования до 25 м разрешается выполнять наблюдения при высоте луча не менее 0,5 м.

5.22. В средних и южных широтах наблюдения выполняют в утренние и послеполуденные периоды, причем начинают их через полчаса после восхода солнца и заканчивают за час до его захода.

Не разрешается выполнять нивелирование:

а) при колебаниях изображений, затрудняющих точное наведение биссектора на штрих рейки, и при «плавающих» изображениях,

б) при сильном и порывистом ветре,

в) при сильных и скачкообразных колебаниях температуры воздуха и при аномально быстрых односторонних ее изменениях (из производственного опыта установлено, что колебание температуры в течение благоприятного для нивелирования I класса периода времени не превосходит 4—5°).

5.23. Нивелир устанавливают в тени на штатив за 45 мин до начала наблюдений.

Во время наблюдений на станции нивелир тщательно защищают от солнечных лучей при помощи зонта с белой подкладкой, а при переноске с одной станции на другую — при помощи просторного чехла из плотной белой материи.

Через каждые две станции при помощи термометра-праща измеряют температуру воздуха на высоте нивелира.

5.24. Расстояние от места установки нивелира до мест постановки реек измеряют тонким стальным тросом или стальной лентой (рулеткой). Использовать для этой цели дальномер нивелира запрещается.

Неравенство расстояний от нивелира до реек на станции допускают не более 0,5 м. Накопление этих неравенств по секции допускают не более 1 м.

5.25. Штатив нивелира устанавливают на станциях без перекосов и напряжений. Запрещается сильно вдавливать ножки штатива в грунт, особенно в плотный. Две ножки штатива располагают вдоль линии нивелирования, а третью — попеременно то справа, то слева от направления на переднюю рейку. Ножки штатива устанавливают на станции в одинаковых грунтовых условиях (например, при нивелировании по полотну железной дороги их устанавливают или на бровке полотна, или на шпалах).

5.26. Правый и левый костыли забивают в достаточно плотный грунт и не ближе 0,5 м один от другого. При нивелировании по полотну железной дороги не разрешается забивать костыли в

балласт. Если грунт на бровке или между путями рыхлый или засыпан щебенкой и шлаком, то с разрешения технического руководства допускается установка реек на рельсы.

При нивелировании по каменистому или очень плотному, а также мерзлому грунту целесообразно использовать костыли длиной 10—20 см, по мягкому и влажному грунту — деревянные колья с гвоздями в торцах. При нивелировании в обратном направлении колья подбивают.

При нивелировании по асфальтовой мостовой применяют стальные гвозди длиной 6—7 см, диаметром 5—6 мм, имеющие полусферическую головку в форме сегмента с шириной основания около 20 мм и высотой 5 мм. Гвоздь забивают в асфальт так, чтобы нижняя плоскость сегмента соприкасалась с плоскостью асфальта.

Рейку устанавливают на костыле в отвесном положении по уровню и удерживают при помощи подпорок.

5.27. Нивелирование рекомендуется выполнять с использованием 4—5 пар костылей. Заранее закрепляют одну-две последующие станции и оставляют закрепленной одну предыдущую.

5.28. При перерывах в работе наблюдения, как правило, заканчивают на постоянном знаке. Разрешается также заканчивать наблюдения на трех парах костылей (две станции), забитых в дно ям глубиной 0,3 м. Нивелирование на обеих станциях выполняют по обычной программе, после чего костыли покрывают травой и засыпают землей. После перерыва сначала повторяют нивелирование на последней станции, а в случае необходимости — и на предпоследней. Из сравнения результатов нивелирования, выполненного до и после перерыва, устанавливают, какая пара костылей сохранила свое первоначальное положение по высоте, и от нее продолжают нивелирование дальше.

Костыли считают сохранившими свое первоначальное положение, если полученные до и после перерыва значения превышений на станции различаются не более чем на 0,7 мм (14 делений отсчетного барабана), а между передней и между задней парами костылей — не более чем на 1,0 мм (20 делений отсчетного барабана). В подсчет превышения по секции включают наблюдения, выполненные в лучших условиях (по усмотрению исполнителя). В случае бо́льших расхождений нивелирование по секции переделывают, начиная с постоянного знака.

5.29. Контроль наблюдений на станции заключается в следующем:

а) сравнивают значения превышений из наблюдений по основным и дополнительным шкалам реек; расхождения не должны быть более 0,5 мм (10 делений отсчетного барабана). Если хотя бы одно расхождение получилось больше допустимого, то все наблюдения на станции переделывают, предварительно изменив установку нивелира по высоте не менее чем на 3 см;

б) сравнивают средние значения превышения заднего правого костыля над задним левым по результатам нивелирования на дан-

ной станции и на предыдущей станции (где эти костыли были передними); расхождение не должно быть более 0,7 мм (14 делений отсчетного барабана). Если расхождение получилось больше допустимого, то сначала повторяют наблюдения на предыдущей станции, а затем на данной; в этом случае первоначальные результаты наблюдений в обработку не принимают.

5.30. Контроль нивелирования по секции между смежными реперами и по участку между фундаментальными реперами заключается в следующем:

а) после выполнения нивелирования по секции в одном направлении сравнивают между собой два значения превышения, полученные по левой и правой линиям. Расхождение между ними не должно превышать ± 2 мм $\sqrt{L}$, когда среднее число станций на один километр хода меньше 15 (первый случай), и ± 3 мм $\sqrt{L}$, когда среднее число станций на один километр хода больше 15, а также при нивелировании в труднопроходимом районе (второй случай). L — длина секции в километрах.

Если расхождение получилось больше допустимого, то нивелирование по секции в этом направлении повторяют.

В обработку принимают все значения превышения, если первоначальные не различаются между собой более чем на ± 5 мм $\sqrt{L}$ для первого случая и ± 6 мм $\sqrt{L}$ — для второго случая, а повторные с первоначальными не различаются более чем на ± 3 мм $\sqrt{L}$. В противном случае в обработку принимают значения превышения из повторного нивелирования.

После выполнения нивелирования по секции в прямом и обратном направлениях сравнивают между собой два средних значения превышения. Расхождение между ними не должно превышать ± 3 мм $\sqrt{L}$ для первого случая и ± 4 мм $\sqrt{L}$ — для второго случая.

Если расхождение получилось больше допустимого, то нивелирование по секции повторяют в одном каком-либо направлении. Выбор направления делают с учетом сходимости результатов по правой и левой линиям. 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.

В обработку включают все три значения превышения, если первоначальные не расходятся между собой более чем на ± 5 мм $\sqrt{L}$ для первого случая и ± 6 мм $\sqrt{L}$ — для второго случая, а повторное значение не отличается от каждого из первоначальных более чем на ± 4 мм $\sqrt{L}$.

При окончательной обработке сначала осредняют значения превышения из ходов одного направления, а затем — из ходов прямого и обратного направлений.

Если результаты первоначального и повторного нивелирования не удовлетворяют перечисленным требованиям, то первоначальные исключают и выполняют еще одно повторное нивелирование в противоположном направлении;

б) после выполнения нивелирования по участку между фундаментальными реперами сравнивают между собой значения превышения по левой и правой линиям, а также значения превышения из нивелирования в прямом и обратном направлениях. Нормально расхождения между соответствующими значениями превышения по участку не должны быть свыше допусков, указанных в пункте а. В противном случае на последующих участках для ослабления влияния систематических ошибок принимают меры по более строгому соблюдению требований, указанных в соответствующих параграфах настоящей Инструкции.

5.31. По мере завершения нивелирования по секциям и участкам регулярно заполняют ведомость превышений установленной формы (прил. 27).

5.32. Поправки в превышении по секциям за среднюю длину метра комплекта реек вводят по результатам эталонирования реек на компараторе.

Кроме того, в превышения по секциям вводят поправки за различие температуры реек при эталонировании на компараторе и нивелировании, если средний уклон по секциям более 0,01. Поправки к значениям превышений, полученным из нивелирования в прямом и обратном направлениях, вычисляют отдельно по формуле

$$\delta h = \alpha (t_н - t_э) h,$$

где α — коэффициент линейного расширения реек, принимаемый (если не выполнено специального определения этого коэффициента) равным 2×10^{-6},

$t_э$ — температура реек при эталонировании,

$t_н$ — среднее значение температуры воздуха при нивелировании,

h — превышение по секции.

6. НИВЕЛИРОВАНИЕ II КЛАССА

Инструменты, их поверки и исследования

6.01. Нивелирование II класса выполняют глухими нивелирами с плоскопараллельной пластинкой и контактным уровнем, удовлетворяющими следующим требованиям:

а) увеличение трубы — не менее 40^x;

б) цена деления уровня — не более $12''$ на 2 мм;

в) цена деления барабана плоскопараллельной пластинки — 0,05 мм;

г) изображение концов контактного уровня передается в поле зрения трубы.

Из современных инструментов для нивелирования II класса пригодны нивелиры НА-1, Н1, Н2, НБ, Ni004 и нивелир с компенсатором Ni007.

6.02. Нивелирование выполняют при помощи штриховых инварных реек. Ошибки метровых интервалов шкал и всей шкалы допускают до 0,20 мм.

Средняя длина метра комплектов реек для нивелирования в горных районах не должна отличаться от номинала более чем на 0,10 мм.

Для привязки к стенным маркам применяют подвесную штриховую деревянную рейку длиной 1,2 м.

6.03. Нивелиры и рейки исследуют и проверяют с целью установления их пригодности для нивелирования II класса, приведения в рабочее состояние и определения постоянных.

Исследования и поверки выполняют теми же методами и в те же сроки, что и при нивелировании I класса. Точное определение длины интервалов реек выполняют на компараторе раз в два года, а реек для нивелирования в горных районах — ежегодно.

Нивелирование II класса

6.04. Нивелирование II класса производят в прямом и обратном направлениях по костылям или кольям. Наблюдения на станции выполняют по способу «совмещения».

6.05. При нивелировании в прямом направлении (прямой ход) порядок наблюдений на станциях следующий:

Нечетная станция

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

Четная станция

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

При нивелировании в обратном направлении (обратный ход) наблюдения на нечетных станциях начинают с передней рейки, а на четных — с задней.

6.06. Последовательность наблюдений на станции следующая:

1) тщательно приводят на середину пузырьки установочных уровней;

2) наводят трубу на основную шкалу той рейки, которая должна наблюдаться первой; ставят барабан на отсчет 50; вращением элевационного винта приближенно совмещают изображения концов пузырька уровня; производят дальномерные отсчеты по верхней и нижней нитям;

3) вращением элевационного винта точно совмещают изображения концов пузырька уровня; вращением барабана точно наводят биссектор на ближайший штрих основной шкалы; делают отсчет по рейке и барабану (до целых делений его шкалы);

4) наводят трубу на основную шкалу второй рейки; производят все действия, указанные в п. 2 и 3;

5) наводят трубу наводящим винтом на дополнительную шкалу рейки; смещают уровень поворотом элевационного винта на четверть оборота; снова точно совмещают вращением элевационного винта изображения концов пузырька уровня и выполняют остальные действия, перечисленные в п. 3;

6) наводят трубу на дополнительную шкалу первой рейки и выполняют действия, указанные в п. 3.

Отсчет по рейке производят после полного успокоения пузырька цилиндрического уровня и не ранее чем через полминуты после установки рейки.

При работе нивелиром с компенсатором отсчет по рейке производят после приведения инструмента с помощью установочного уровня в рабочее положение. При этом для уменьшения ошибок «недокомпенсации» соблюдают следующий порядок: при приведении пузырька уровня на середину на четной станции зрительная труба должна быть направлена на переднюю рейку, на нечетной станции — на заднюю.

На время перехода наблюдателя на следующую станцию переднюю рейку снимают с костыля.

Результаты наблюдений на станциях записывают в журнал установленной формы (прил. 28).

6.07. В прямом и обратном направлениях нивелирование выполняют, как правило, по одной и той же трассе и по переходным точкам одного и того же типа; число станций в секции делают четным и одинаковым.

6.08. При перемене направления нивелирования рейки меняют местами.

6.09. По каждой секции нивелирование в прямом и обратном направлениях выполняют, как правило, в разные половины дня. С меньшей строгостью это требование соблюдают осенью и при длительной пасмурной погоде.

6.10. Нивелирование выполняют участками в 25—30 км по схеме «восьмерка» (п. 5.19). В отдельных случаях длина участка может быть увеличена или уменьшена.

6.11. Нормальная длина луча визирования — 65 м. На участках со значительными уклонами и при подходах к знакам длину луча можно уменьшать. Если увеличение зрительной трубы не менее 44^x и условия благоприятны, разрешается увеличивать длину луча до 75 м.

При работе нивелиром Ni007 нормальная длина луча визирования — 50 м.

6.12. 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 не менее 0,3 м.

6.13. В средних и южных широтах наблюдения выполняют в

утренние и послеполуденные периоды, причем начинают их примерно через полчаса после восхода солнца и заканчивают примерно за час до его захода.

Не разрешается выполнять наблюдения:

а) при колебаниях изображений, затрудняющих точное наведение биссектора на штрих рейки, и при «плавающих» изображениях;

б) при сильном и порывистом ветре;

в) при сильных и скачкообразных колебаниях температуры воздуха и при аномально быстрых односторонних ее изменениях.

6.14. Нивелир устанавливают в тени на штатив за 45 мин до начала наблюдений.

Во время наблюдений на станции нивелир тщательно защищают от солнечных лучей при помощи зонта с белой подкладкой, а при переноске с одной станции на другую — при помощи просторного чехла из плотной белой материи.

Через каждые две станции при помощи термометра-праща измеряют температуру воздуха на высоте нивелира.

6.15. Расстояния от места установки нивелира до мест постановки реек измеряют тонким стальным тросом или стальной лентой (рулеткой). Использовать для этой цели дальномер нивелира запрещается.

Неравенство расстояний от нивелира до реек на станции допускают не более 1 м. Накопление этих неравенств по секции допускают не более 2 м.

6.16. Костыли забивают в достаточно плотный грунт. При нивелировании по полотну железной дороги не разрешается забивать костыли в балласт. Если грунт на бровке или между путями рыхлый или засыпан щебенкой и шлаком, разрешается ставить рейки на рельсы.

При нивелировании по каменистому или очень плотному, а также мерзлому грунту целесообразно использовать костыли длиной 10—20 см и толщиной до 3 см, по мягкому и влажному грунту — деревянные колья с гвоздями в торцах. При нивелировании в обратном направлении колья подбивают.

Рейку устанавливают на костыле в отвесном положении по уровню и удерживают подпорками.

6.17. При перерывах в работе наблюдения, как правило, заканчивают на постоянном знаке. Разрешается также заканчивать наблюдения на трех костылях (две станции), забитых в дно ям глубиной 0,3 м. Нивелирование на обеих станциях выполняют по обычной программе, после чего костыли покрывают травой и засыпают землей. После перерыва повторяют нивелирование на последней станции, а в случае необходимости — и на предпоследней. Из сравнения результатов нивелирования до и после перерыва устанавливают, какой костыль сохранил свое первоначальное положение, и от него продолжают нивелирование дальше.

Костыли считают сохранившими свое первоначальное положение, если полученные до и после перерыва значения превышения на станции различаются не более чем на 1 мм (20 делений барабана). При большем различии нивелирование по секции выполняют заново.

6.18. На каждой станции подсчитывают значения превышения по наблюдениям основных и дополнительных шкал реек и разность между отсчетами по основной и дополнительной шкалам каждой рейки. Расхождения между превышениями и разность высот нулей реек, вычисленная и полученная из исследований, не должны быть более 0,7 мм (14 делений барабана). Если расхождение получилось более допустимого, все наблюдения на станции переделывают, предварительно изменив положение нивелира по высоте не менее чем на 3 см.

6.19. Контроль нивелирования по секции между смежными реперами и по участку между фундаментальными реперами заключается в следующем:

а) после выполнения нивелирования по секции в прямом и обратном направлениях сравнивают между собой два значения превышения; расхождение между этими значениями не должно быть более ± 5 мм $\sqrt{L}$, когда среднее число станций на один километр хода меньше 15 (первый случай) и ± 6 мм $\sqrt{L}$ — когда среднее число станций на один километр хода больше 15, а также при нивелировании в труднопроходимом районе (второй случай).

Если расхождение получилось больше допустимого, то нивелирование по секции повторяют в одном каком-либо направлении.

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.

В обработку включают все три значения превышения, если первоначальные не расходятся между собой более чем на ± 8 мм $\sqrt{L}$ для первого случая и ± 10 мм $\sqrt{L}$ — для второго случая, а повторное значение не отличается от каждого из первоначальных более чем на ± 6 мм $\sqrt{L}$.

При окончательной обработке сначала осредняют 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;

б) после выполнения нивелирования по участку между фундаментальными реперами сравнивают значения превышения, получившиеся из нивелирования в прямом и обратном направлениях. Нормально расхождение между этими значениями не должно быть больше ± 5 мм $\sqrt{L}$ для первого случая и ± 6 мм $\sqrt{L}$ — для вто-

рого случая. В противном случае на последующих участках для ослабления влияния систематических ошибок принимают меры по более строгому соблюдению требований, указанных в соответствующих параграфах настоящей Инструкции.

6.20. По мере завершения нивелирования по секциям и участкам регулярно заполняют ведомость превышений установленной формы (прил. 29).

6.21. Поправки в превышения по секциям за среднюю длину метра комплекта реек вводят по результатам эталонирования реек на компараторе.

Поправки в превышения по секциям за различие температуры реек при эталонировании и нивелировании вводят в соответствии с п. 5.32, если средний уклон по секциям более 0,03.

7. ОСОБЕННОСТИ НИВЕЛИРОВАНИЯ I И II КЛАССОВ В РАЙОНАХ СЕВЕРА И СЕВЕРО-ВОСТОКА СССР

7.01. В районах Севера и Северо-Востока СССР рекогносцируют все линии нивелирования I и II классов. При этом намечают наиболее благоприятные места для закладки реперов, наилучшие трассы, рекомендуют наивыгоднейшие периоды времени для выполнения работ, способствуя тем самым уменьшению влияния систематических ошибок при нивелировании.

7.02. В процессе рекогносцировки выполняют инженерно-геологическое обследование с участием мерзлотоведа. Рекогносцировку линий нивелирования и закладку реперов выполняют раздельно и за год до нивелирования.

7.03. Для проложения линий нивелирования I и II классов в районах Севера и Северо-Востока СССР, кроме железных, шоссейных и грунтовых дорог, используют берега рек, тропы и зимники. Если таких трасс на местности нет, то линии нивелирования прокладывают по направлениям с наиболее благоприятными грунтовыми условиями и с наименее пересеченным рельефом. Во всех случаях при проектировании и последующей рекогносцировке изыскивают варианты трасс с наименьшим числом водных препятствий, заболоченных участков.

7.04. Запрещается намечать линию и выполнять нивелирование по заболоченным местам, где под ножки штатива и под рейки требуется забивать колья длиной более 1 м. Сильно заболоченные участки проходят ранней весной по мерзлому грунту.

7.05. Линии нивелирования I и II классов закрепляют реперами в соответствии с указаниями п. 1.20 и 1.21. Если вблизи трассы имеются скалы, выходящие на поверхность или залегающие на глубине до 1 м, закладывают по возможности чаще (через 3—5 км) скальные реперы.

7.06. Места для закладки реперов выбирают с учетом требований п. 3.09. Запрещается выполнять маркировку вырубкой деревьев вокруг репера.

7.07. При нивелировании применяют специальные штативы с длиной ножек 160—180 см, обеспечивающие устойчивое положение нивелира во время наблюдений на станциях. Для нивелирования по мерзлому грунту к ножкам штатива с помощью болтов прикрепляют текстолитовые удлинители (25—30 см) или на металлические концы ножек надевают пластмассовые наконечники (рис. 13, 14). Для нивелирования по снегу к ножкам штатива крепят деревянные удлинители (30—40 см), концы которых делают утолщенными и тупыми.

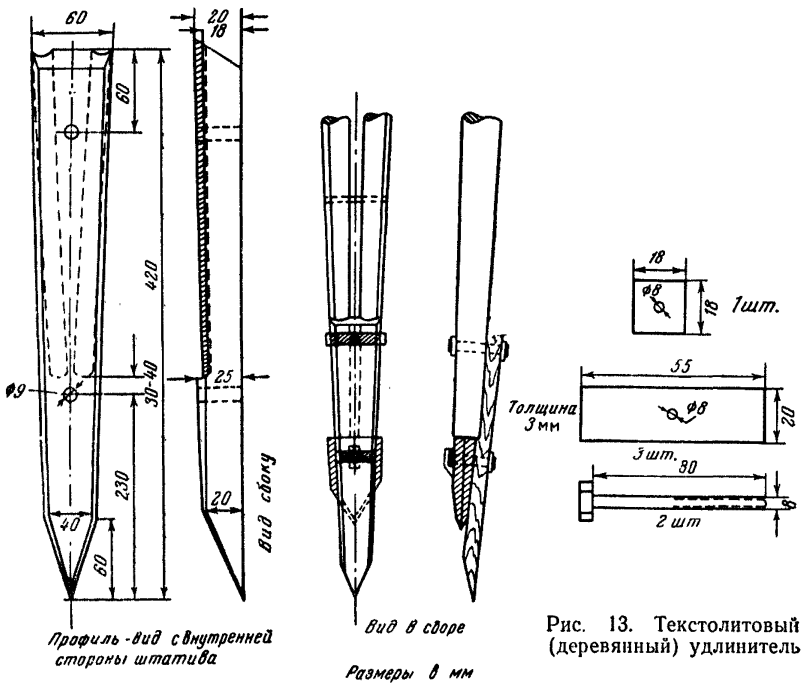


Рис. 13. Текстолитовый (деревянный) удлинитель

7.08. Для постановки реек при нивелировании рекомендуется применять:

а) по мерзлому грунту — стальные костыли цилиндрической формы со сферической головкой (длина костыля 10—15 см, толщина 1 см);

б) по плотному и каменистому грунту — костыли конической формы со сферической головкой (длина костыля до 20 см, толщина 2 см);

в) по мягкому и влажному грунту — костыли цилиндрической формы со сферической головкой (длина костыля 50—60 см, толщина 2—3 см) или деревянные колья большей длины с вбитыми в торцы гвоздями;

г) по глубокому снегу — деревянные башмаки размером 50 × ×30 × 8 см с тремя шипами в нижнем основании.

Толщина деревянных кольев 5—10 см. При нивелировании в обратном направлении сохранившиеся колья забивают глубже.

Запрещается устанавливать рейки на местные предметы (выступы камней и т. п.).

7.09. На отдельных станциях при нивелировании II класса разрешается допускать неравенство расстояний от нивелира до реек до 2 м. Однако на двух-трех ближайших станциях это неравенство следует компенсировать. Общее накопление неравенств расстояний по секции не должно быть более 3 м.

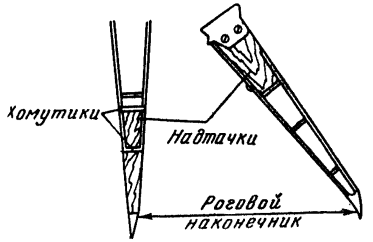


Рис. 14. Пластмассовый (роговой) наконечник

7.10. При нивелировании по глубокому снегу на местах установки штатива и реек наст разрушают и снег тщательно трамбуют. Передвигаются около нивелира и реек с большой осторожностью. Запрещается выполнять нивелирование в периоды разрыхления наста и интенсивного таяния снега.

7.11. Во время полярного дня нивелирование выполняют в вечерние и ночные часы, начиная не ранее 17 часов и заканчивая не позднее 6—7 часов следующего дня.

8. СВЯЗЬ ЛИНИЙ НИВЕЛИРОВАНИЯ I И II КЛАССОВ

8.01. Связь прокладываемых линий нивелирования I и II классов с существующими выполняют в соответствии со схемой, указанной в проекте и уточненной при рекогносцировке. При этом особое внимание уделяют опознаванию знаков на местности и тщательной проверке их номеров.

8.02. При связи линий I и II классов контрольное нивелирование по секции существующей линии выполняют в прямом и обратном направлениях по методике нивелирования прокладываемой линии.

8.03. При контрольном нивелировании допустимые расхождения между ранее и вновь определенными значениями превышений подсчитывают по формулам:

± 6 мм $\sqrt{L}$ — в случаях связи линий I класса,

± 9 мм $\sqrt{L}$ — в случаях связи линий II класса или I и II классов.

При бóльших расхождениях выполняют контрольное нивелирование по следующей секции.

8.04. Если в узле связи заложен новый фундаментальный репер, то к нему привязывают ближайшие реперы существующих линий.

9. ОСОБЫЕ СЛУЧАИ НИВЕЛИРОВАНИЯ I И II КЛАССОВ

9.01. Нивелирование через значительные водные препятствия намечают в наиболее узких местах с однообразными в топографическом отношении берегами. При возможности используют острова и отмели. Высота луча визирования над водой должна быть не менее 3 м. Луч не должен проходить над зарослями, островами и отмелями.

9.02. У инструмента, предназначенного для нивелирования через препятствия, до начала полевых работ исследуют ход фокусирующей линзы (прил. 9). Нивелир с неправильным ходом фокусирующей линзы применять не следует.

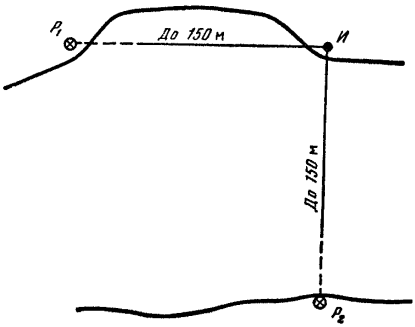


Рис. 15. Схема нивелирования через препятствие

За 1—2 дня до наблюдений нивелир тщательно выверяют. Угол i сводят к минимуму (2—3″) и определяют ежедневно до и после нивелирования через препятствие (прил. 3).

Запрещается производить исправление инструмента в день нивелирования через препятствие.

9.03. Нивелирование через препятствие выполняют в наиболее благоприятное время. Лучшие условия бывают в пасмурные и облачные дни с незначительным колебанием температуры и с небольшим ветром; в такие дни можно работать в любое время. В солнечные дни нивелирование нужно начинать через 3 часа после восхода и прекращать за 3 часа до захода солнца.

9.04. Нивелирование через препятствие шириной до 150 м выполняют двумя способами:

1. Если есть возможность установить нивелир и рейки таким образом, чтобы оба луча визирования проходили в одинаковых условиях над поверхностью воды (рис. 15), то нивелирование выполняют обычным способом, соблюдая равенство расстояний от нивелира до задней и передней реек.

Отличие нивелирования через препятствие этим способом от обычного нивелирования на станции состоит в том, что вместо одного отсчета по каждой шкале рейки делают три и из них вычисляют среднее. Расхождение между отсчетами на один и тот же штрих рейки допускают до 20 делений барабана. Остальные допуски на станции остаются те же, что и при обычном нивелировании соответствующего класса.

В обратном ходе нивелирование через препятствие выполняют

в другую половину дня. Пример записи в журнале показан в прил. 34.

Этот способ применяют и при нивелировании через препятствия шириной до 300 м, если имеются острова, позволяющие установить инструмент на средине препятствия так, чтобы расстояния до реек были одинаковые (до 150 м, рис. 16).

2. Если нельзя установить инструмент и рейки, как указано на рис. 15, то нивелирование через препятствия шириной до 150 м выполняют с обоих берегов (рис. 17) по первому способу; при этом один луч будет проходить над водой, а второй — над берегом.

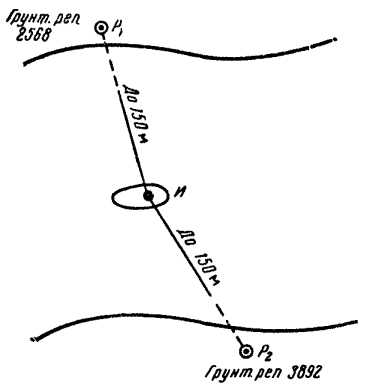


Рис. 16.

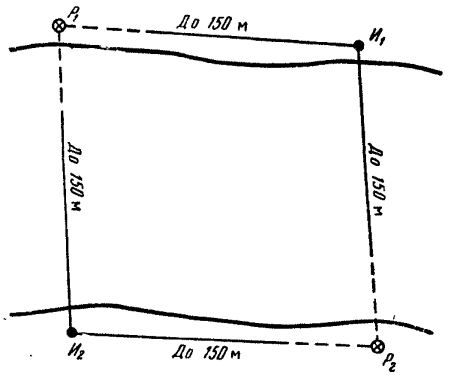


Рис. 17.

Значения превышения из нивелирования с разных берегов могут различаться до 10 мм.

Пример записи и вычислений в журнале показан в прил. 35.

При нивелировании через препятствия обоими способами рекомендуется применять специальные одношкальные рейки со штрихами толщиной 3 мм. При этом порядок работы на станции следующий:

Нивелирование I класса (нечетная станция):

отсчет по задней правой рейке,
отсчет по передней правой рейке,
перестановка реек на левые переходные точки;
отсчет по передней левой рейке,
отсчет по задней левой рейке,
изменение положения инструмента по высоте;
отсчет по задней левой рейке,
отсчет по передней левой рейке,
перестановка реек на правые переходные точки;
отсчет по передней правой рейке,
отсчет по задней правой рейке.

На четных станциях наблюдения начинают с передней рейки.

Нивелирование II класса:

отсчет по задней рейке,
отсчет по передней рейке,
изменение положения инструмента по высоте;
отсчет по передней рейке,
отсчет по задней рейке.

В обратном ходе нивелирование через препятствия выполняют по этой же программе в другую половину дня.

9.05. Нивелирование через препятствия шириной более 150 м выполняют, как правило, одновременно с двух берегов по двум створам (рис. 18) с использованием двух нивелиров и двух комплектов реек. Превышение между реперами на обоих берегах определяют сразу для прямого и обратного ходов. Работу производят в присутствии начальника партии.

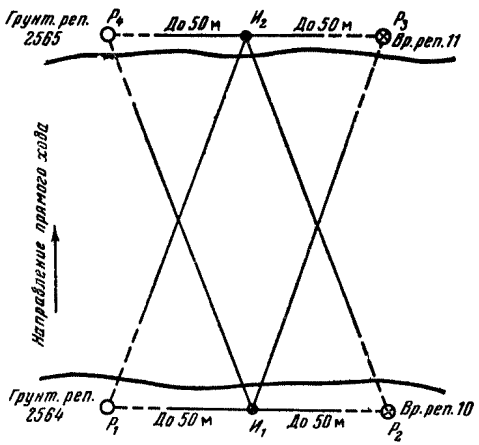


Рис. 18. Схема нивелирования через препятствие шириной более 150 м

9.06. На обоих берегах препятствия шириной более 150 м не менее чем за день до нивелирования на требуемых расстояниях от заложенных реперов забивают деревянные колья для постановки реек и штативов. Колья забивают на 10—20 см ниже поверхности земли. Верхний растительный слой земли перед забивкой кольев снимают. В торцы кольев для постановки реек забивают гвозди со сферическими шляпками.

9.07. Нивелирование через препятствие шириной от 150 до 400 м выполняют способом «совмещения» с применением специальных щитков (прил. 36). Число сдвоенных приемов при нивелировании I класса — не менее двух (второй прием выполняют в другую половину дня), при нивелировании II класса — один.

9.08. Нивелирование через препятствия шириной более 400 м выполняют тоже со щитками способом «подвижной марки» (прил. 37) или способом «наведения» (прил. 38).

При нивелировании I класса через препятствия шириной от 400 до 1000 м выполняют четыре сдвоенных приема (два — способом «подвижной марки» и два — способом «наведения»), а при нивелировании II класса — три сдвоенных приема одним каким-либо способом. Наблюдения выполняют не менее чем в два дня.

При нивелировании I класса через препятствия шириной более 1000 м выполняют шесть сдвоенных приемов (три — способом «подвижной марки» и три — способом «наведения»), а при нивелиро-

вании II класса — четыре приема одним каким-либо способом. Наблюдения выполняют не менее чем в три дня.

Средняя квадратическая ошибка, вычисленная по сходимости результатов из сдвоенных приемов, должна быть не более ± 3 мм $\sqrt{L}$ для нивелирования I класса и ± 5 мм $\sqrt{L}$ — для нивелирования II класса. При необходимости количество приемов увеличивают.

9.09. Нивелирование через водные препятствия можно выполнить по льду методом гидростатического нивелирования *.

10. НИВЕЛИРОВАНИЕ III КЛАССА

Инструменты, их поверки и исследования

10.01. Нивелирование III класса выполняют инструментами, удовлетворяющими следующим требованиям:

1) увеличение трубы — не менее 30^x,

2) цена деления цилиндрического неконтактного уровня — не более 15″ на 2 мм, контактного уровня — не более 30″ на 2 мм.

Из современных инструментов применяют нивелиры НА-1, НПГ, НВ, Н3 и нивелиры с компенсатором НС-3, Ni007, NiB-3, 4, 5, 6.

10.02. Нивелирование III класса выполняют с помощью шашечных и штриховых инварных реек. В горных районах необходимо применять инварные рейки.

Шашечные рейки — трехметровые двухсторонние с сантиметровыми делениями. На черных сторонах реек нули совпадают с пятками. На красных сторонах с пятками совпадают отсчеты более 40 дм, различающиеся на 1 дм (например, на одной рейке отсчет 4687 мм, на другой — 4786 мм).

В случаях привязки к стенным маркам применяют подвесную рейку длиной 1,2 м с такими же делениями, как и на основных рейках. Нуль на подвесной рейке должен быть совмещен с центром отверстия для штифта, на котором подвешивают рейку к стенной марке. (При невозможности использования подвесной рейки руководствуются п. 10.21).

Случайные ошибки дециметровых и метровых интервалов реек для нивелирования III класса не должны превышать ± 0,5 мм.

10.03. Нивелиры и рейки исследуют и поверяют с целью установления их пригодности для нивелирования III класса, приведения в рабочее состояние и определения постоянных.

10.04. Перед началом полевых работ нивелиры исследуют и поверяют по следующим программам:

Нивелиры НВ, Н3, НА-1, НПГ (прил. 3, 18, 19)

а) определение коэффициента дальномера,

б) поверка установочных уровней,

---

* Подробное описание гидростатистического нивелирования имеется в трудах ЦНИИГАиК, вып. 169, М., 1972.

в) поверка плавности вращения верхней части инструмента,
г) поверка установки сетки нитей,
д) поверка установки цилиндрического уровня

Нивелиры НС3, Ni 007, Ni B-3, 4, 5, 6 (прил. 21)

а) определение коэффициента дальномера,
б) поверка установочного уровня,
в) определение и устранение ошибки в установке линии визирования,
г) определение ошибки недокомпенсации.

10.05. В течение полевого периода у нивелиров НВ, Н3, НА-1, НПГ поверяют:

а) установочные уровни (ежедневно перед началом наблюдений),

б) установку цилиндрического уровня (в начале работы — каждый день, в дальнейшем, убедившись в постоянстве установки,— не реже одного раза в 15 дней).

Для нивелиров НС3, Ni007, NiB — 3, 4, 5, 6 производят:

а) поверку установочного уровня (ежедневно перед началом работы),

б) определение и устранение ошибки в установке линии визирования (сначала — каждый день, в дальнейшем, убедившись в постоянстве установки,— не реже одного раза в 15 дней).

10.06. Рейки исследуют при помощи контрольной линейки. Перед началом полевых работ и по окончании определяют:

а) ошибки дециметровых делений (прил. 23),
б) среднюю длину метра комплекта реек (прил. 22),
в) разность высот нулей реек (прил. 24).

10.07. В течение полевого периода через 10—15 дней при нивелировании в горных районах и через один месяц в равнинных определяют среднюю длину рабочего метра комплекта шашечных реек.

Для инварных реек определение выполняют в начале и конце полевых работ.

Поверку установки круглых уровней на рейках выполняют ежедневно.

Нивелирование III класса

10.08. Нивелирование III класса выполняют в прямом и обратном направлениях.

10.09. Способ нивелирования зависит от применяемых инструментов. В случае использования нивелира НА-1 или НПГ и инварных реек применяют способ «совмещения». При работе с нивелиром без плоскопараллельной пластинки отсчеты по рейкам выполняют по средней нити.

10.10. Порядок выполнения наблюдений на станции следующий: отсчет по черной стороне (основной шкале) задней рейки, отсчет по черной стороне (основной шкале) передней рейки, отсчет

по красной стороне (дополнительной шкале) передней рейки, отсчет по красной стороне (дополнительной шкале) задней рейки.

10.11. Нивелирование на станции по способу «совмещения» выполняют в последовательности, указанной в п. 6.06.

Нивелирование на станции инструментами без плоскопараллельной пластинки выполняют в такой последовательности:

а) устанавливают нивелир в рабочее положение с помощью установочных уровней;

б) наводят трубу на черную сторону задней рейки, приводят пузырек уровня элевационным или подъемным винтом точно на середину, и после полного успокоения пузырька делают отсчеты по средней и дальномерным нитям *; при работе нивелиром с компенсатором наблюдения выполняют сразу после наведения на рейку;

в) наводят трубу на черную сторону передней рейки и выполняют действия, указанные в п. б;

г) наводят трубу на красную сторону передней рейки и выполняют действия, указанные в п. б, за исключением отсчетов по дальномерным нитям;

з) наводят трубу на красную сторону задней рейки и выполняют действия, указанные в п. г.

Результаты наблюдений на станциях записывают в журнал установленной формы (прил. 30).

10.12. Нивелирование выполняют участками в 20—30 км. Переход от нивелирования в прямом направлении к нивелированию в обратном делают только на постоянных знаках. При этом рейки меняют местами.

10.13. Нормальная длина луча визирования — 75 м. При отсутствии колебаний изображения реек и увеличения трубы не менее 35^x длину луча разрешается увеличивать до 100 м.

10.14. Расстояния от нивелира до реек измеряют тонким тросом, просмоленной бечевой или другими способами; неравенство расстояний на станции допускают не более 2 м, а их накопление по секции — не более 5 м.

10.15. Высота визирного луча над постилающей поверхностью должна быть не менее 0,3 м.

10.16. Нивелирование выполняют при хорошей видимости, отчетливых и спокойных изображениях реек. В солнечные дни не следует выполнять нивелирование в периоды, близкие к восходу и заходу солнца.

10.17. При нивелировании на станции инструмент защищают от солнечных лучей при помощи зонта.

10.18. Рейки устанавливают по уровню на костыли или башмаки. В местах установки башмаков предварительно снимают дерн. Для удобства рекомендуется пользоваться не менее чем тремя костылями или башмаками.

---

* Превышение на станции вычисляют из отсчетов только по средней нити.

На участках с рыхлым или заболоченным грунтом рейки устанавливают на прочно забитые деревянные колья диаметром 10 см и длиной не менее 40 см с вбитыми в их торцы гвоздями с полусферическими головками.

10.19. На заболоченных участках рекомендуется применять нивелиры с компенсатором и под ножки штатива забивать деревянные колья.

10.20. При перерывах нивелирование, как правило, заканчивают на постоянном знаке. Разрешается также заканчивать нивелирование на трех костылях (кольях), забитых в дно ям глубиной 0,3 м. Нивелирование на обеих станциях выполняют по обычной программе, после чего костыли покрывают травой и засыпают землей.

После перерыва выполняют нивелирование на последней станции, а при необходимости — и на предпоследней. Из сравнения результатов нивелирования до и после перерыва устанавливают, какой костыль сохранил свое первоначальное положение, и от него продолжают нивелирование дальше. Костыли считаются сохранившими свое первоначальное положение, если полученные до и после перерыва значения превышения на станции различаются не более чем на 3 мм. В обработку принимают наблюдения, выполненные до и после перерыва. При бо́льших расхождениях нивелирование по секции выполняют заново от постоянного знака.

10.21. Если привязку к стенной марке нельзя выполнить при помощи подвесной рейки, допускается применение других способов. Например, вместо подвесной рейки используют обыкновенную проверенную линейку с миллиметровыми делениями или на стене отмечают проекции средней и дальномерных нитей нивелира, а расстояние по вертикали от центра отверстия марки до проекций нитей измеряют проверенной стальной рулеткой или линейкой. Прежде чем вычислить превышение на станции, отсчеты в делениях линейки или рулетки переводят в систему делений на рейке. Проверку линейки и рулетки производят по делениям на рейке. Наблюдения на станции, выполняемые этими способами, производят дважды; перед повторными наблюдениями высоту нивелира изменяют не менее чем на 3 см.

10.22. В журнале нивелирования зарисовывают постановку рейки на каждом знаке, записывают вид, номер знака и высоту места постановки относительно поверхности земли.

10.23. На каждой станции производят контроль наблюдений. При наблюдении по способу «совмещения» сравнивают значения превышения, полученные по основной и дополнительной шкалам; расхождение не должно превышать 1,5 мм (30 делений барабана).

При работе с нивелирами без плоско-параллельной пластинки соблюдают следующие допуски:

а) отсчет по средней нити по черной стороне каждой рейки не должен расходиться более чем на 3 мм с соответствующей полусуммой отсчетов по дальномерным нитям;

б) расхождение между значениями превышения, полученными по черным и красным сторонам реек, не должно быть более 3 мм с учетом разности высот пары реек (прил. 24).

При расхождениях, превышающих указанные, наблюдения на станции переделывают, предварительно изменив на 3—5 см положение нивелира по высоте $\sqrt{L}$.

10.24. После выполнения нивелирования по секции сравнивают между собой значения превышения, получившиеся из прямого и обратного ходов; расхождение между этими значениями не должно превышать ± 10 мм $\sqrt{L}$.

Если расхождение получилось больше допустимого, то нивелирование по секции повторяют в одном каком-либо направлении.

Явно неудовлетворительное значение превышения исключают. Оставшиеся два значения принимают в обработку, если они не расходятся между собой больше чем на ± 10 мм $\sqrt{L}$.

В обработку включают три значения превышения, если первоначальные не расходятся между собой более чем на ± 15 мм $\sqrt{L}$, а повторное не отличается от каждого из первоначальных более чем на ± 10 мм $\sqrt{L}$. При окончательной обработке сначала осредняют значения превышений 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.

Если разности значений превышений из прямого и обратного ходов по нескольким секциям накапливаются с одним знаком, то на последующих секциях для ослабления влияния систематических ошибок принимают меры по более строгому соблюдению требований, указанных в соответствующих параграфах настоящей Инструкции. Общее накопление разностей по линии, как правило, не должно превышать ± 10 мм $\sqrt{L}$.

Невязки в полигонах и по линиям допускают не более ± 10 мм $\sqrt{L}$.

10.25. По мере завершения нивелирования по секциям регулярно заполняют ведомость превышений установленной формы (прил. 32).

11. НИВЕЛИРОВАНИЕ IV КЛАССА

Инструменты, их поверки и исследования

11.01. Нивелирование IV класса выполняют инструментами, удовлетворяющими следующим требованиям:

а) увеличение трубы — 25^x.

б) цена деления цилиндрического уровня — не более 25″ (контактного уровня — не более 30″).

Из современных нивелиров можно применять НВ, НЗ, НГ и нивелиры с компенсатором НС3, 4, NiB-3, 4, 5, 6 и Ni025.

11.02. Нивелирование IV класса выполняют с помощью трехметровых шашечных реек.

Для привязки к стенным маркам используют подвесную рейку длиной 1,2 м с такими же делениями, как и на основных рейках. (При невозможности применить подвесную рейку следует руководствоваться п. 10.21).

Случайные ошибки дециметровых и метровых интервалов реек не должны превышать ±1 мм.

11.03. Перед началом полевых работ нивелиры исследуют и поверяют по программам, указанным в п. 10.04.

У нивелира НГ дополнительно поверяют (прил. 20): а) перпендикулярность оси цилиндрического уровня к вертикальной оси вращения нивелира, б) установку линии визирования, в) установку призм уровня.

Исследования и поверки нивелиров НС4 и Ni025 такие же, как для нивелиров НС3, Ni007 и др.

11.04. В период полевых работ нивелиры поверяют, как и перед началом работ, в сроки, указанные в п. 10.05 (за исключением поверки установки призм уровня у нивелиров НГ).

11.05. Рейки исследуют при помощи контрольной линейки.

Перед началом полевых работ определяют:

а) ошибки дециметровых делений (прил. 23),

б) среднюю длину метра комплекта реек (прил. 22),

в) разность высот нулей реек (прил. 24).

11.06. Среднюю длину метра комплекта реек определяют также и в конце полевого периода, а при работе в горных районах — не реже одного раза в месяц.

Поверку установки круглых уровней на рейках выполняют ежедневно.

Нивелирование IV класса

11.07. Нивелирование IV класса выполняют в одном направлении.

11.08. При нивелировании IV класса отсчеты по черным и красным сторонам реек производят по средней нити. Кроме того, для определения расстояний от нивелира до реек производят отсчеты по одной и той же дальномерной нити по черным сторонам реек.

11.09. Порядок наблюдений на станции следующий: отсчет по черной стороне задней рейки, отсчет по черной стороне передней рейки, отсчет по красной стороне передней рейки, отсчет по красной стороне задней рейки.

11.10. Наблюдения на станции выполняют в такой последовательности:

а) устанавливают нивелир в рабочее положение с помощью установочного или цилиндрического уровня;

б) наводят трубу на черную сторону задней рейки, приводят пузырек уровня подъемным или элевационным винтом точно на середину и делают отсчеты по верхней и средней нитям;

в) наводят трубу на черную сторону передней рейки и выполняют действия, указанные в п. б;

г) наводят трубу на красную сторону передней рейки и делают отсчет по средней нити;

д) наводят трубу на красную сторону задней рейки и делают отсчет по средней нити.

Результаты наблюдений на станциях записывают в журнал установленной формы (прил. 31).

11.11. Нормальная длина луча визирования — 100 м. Если нивелирование выполняют инструментом, у которого труба имеет увеличение не менее 30^x, то при отсутствии колебаний изображений разрешается увеличивать длину луча до 150 м. Расстояние от нивелира до реек можно измерять шагами. Неравенство расстояний от нивелира до реек на станции допускают до 5 м, а накопление их по секции — до 10 м. Высота луча над подстилающей поверхностью должна быть не менее 0,2 м.

11.12. Во время наблюдений нивелир защищают от солнечных лучей при помощи зонта.

11.13. Рейки устанавливают отвесно по уровню на костыли, башмаки или деревянные колья (длиной не менее 30 см, толщиной 5 см). На участках с рыхлым и заболоченным грунтом колья делают длиннее.

На заболоченных участках рекомендуется применять нивелиры с компенсатором.

11.14. При перерывах наблюдения заканчивают и продолжают так, как указано в п. 10.20, но расхождения между значениями превышений до и после перерыва допускают до 5 мм.

11.15. Расхождение значений превышения на станции, определенных по черным и красным сторонам реек, допускают до 5 мм с учетом разности высот нулей пары реек (прил. 24). При большем расхождении наблюдения на станции повторяют, предварительно изменив положение нивелира по высоте на 3—5 см.

По окончании нивелирования по линии между исходными пунктами подсчитывают невязку, которая не должна превышать ± 20 мм $\sqrt{L}$. В таких же пределах допускают невязки в замкнутых полигонах, образованных линиями нивелирования IV класса.

12. ОСОБЫЕ СЛУЧАИ НИВЕЛИРОВАНИЯ III И IV КЛАССОВ

12.01. При выборе места, времени и инструмента для нивелирования III и IV классов через водное препятствие необходимо учитывать указания, приведенные в п.п. 9.01—9.03, 9.05—9.07.

12.02. Нивелирование через препятствие шириной до 200 м выполняют по обычной методике, двумя приемами, с соблюдением равенства расстояний до передней и задней реек. Между приемами высоту инструмента изменяют на 3—5 см. Расхождение значений превышения из приемов допускают 4 мм при нивелировании III класса и 7 мм при нивелировании IV класса.

В остальном следует руководствоваться указаниями п. 9.04.

12.03. Нивелирование через препятствие шириной 200—400 м инструментами с плоскопараллельной пластинкой выполняют с применением щитков по способу, указанному в прил. 36, но число наведений на штрихи щитка уменьшают до трех. Количество сдвоенных приемов — 1.

Нивелирование через препятствие инструментами без плоскопараллельной пластинки выполняют с применением щитков с белыми штрихами способом «подвижной марки» (прил. 37), одним сдвоенным приемом. При этом на среднюю нить трубы движением щитка подводят белые штрихи по 4 раза. Ширина белых штрихов щитка должна быть (в миллиметрах) $0{,}06 \cdot S$, где S — ширина препятствия в метрах.

При любом способе нивелирования через препятствие значения превышения между постоянными реперами, полученные наблюдателем в полуприеме по главному и через контрольный створы, а также средние значения превышения, полученные каждым наблюдателем в сдвоенном приеме, не должны различаться более чем на 24 мм $\cdot S$, где S — ширина препятствия в километрах.

12.04. Нивелирование через препятствия шириной более 400 м по линиям III и IV классов выполняют методами и инструментами, предусмотренными для нивелирования II класса.

12.05. В исключительных случаях нивелирование III и IV классов через препятствия производят зимой по льду с соблюдением следующих условий:

1) нивелирование выполняют по наиболее короткому пути;

2) на обоих берегах водоема заблаговременно закладывают по два постоянных репера;

3) перед началом нивелирования по льду трассу очищают от снега;

4) расстояния от нивелира до реек должны быть те же, что и при обычном нивелировании; в местах для постановки реек пробивают во льду отверстия, в которые вмораживают деревянные колья длиной 20—30 см и диаметром 8—10 см с вбитыми в их торцы гвоздями со сферической шляпкой; в местах постановки нивелира для каждой ножки штатива вмораживают колья длиной 10—15 см и толщиной 8—10 см;

5) порядок наблюдений и допуски на станциях такие же, как и при обычном нивелировании.

12.06. Нивелирование по льду выполняют дважды в прямом и дважды в обратном направлениях. При наличии двух бригад нивелирование выполняют навстречу друг другу. Расхождение между

средними значениями превышения из двух прямых и двух обратных ходов допускают не более ± 10 мм $\sqrt{L}$ при нивелировании III класса и ± 20 мм $\sqrt{L}$ — при нивелировании IV класса.

12.07. Нивелирование по льду производят в периоды наименьших суточных колебаний льда. При выборе времени суток для производства работ руководствуются данными наблюдений за суточными колебаниями воды и льда, полученными гидрометрическими станциями.

12.08. При нивелировании через водоемы, где наблюдаются резкие изменения уровня льда, через каждые 10 мин с одного берега при помощи нивелира производят наблюдения за колебаниями поверхности льда. Эти наблюдения производят по рейке, прикрепленной к вмороженному в лед столбу, отстоящему от берега не ближе 50 м.

12.09. Нивелирование по льду производят в возможно кратчайший срок. Во время наблюдений не допускают на льду скопления людей и транспорта.

Нивелирование в одном направлении обязательно заканчивают в один день без перерыва.

12.10. Нивелирование IV класса через водное препятствие шириной 200—400 м разрешается выполнять по урезу воды.

На реке выбирают прямолинейный участок со спокойным течением. Вблизи уреза воды на обоих берегах выкапывают отводные канавы. По сигналу в канавах забивают по одному колу, чтобы срезы кольев оказались одновременно на уровне воды. Работу выполняют в тихую погоду.

Колья в канавах тотчас же связывают нивелированием по ходу с реперами на берегах. Превышения между реперами на берегах равны сумме превышений по ходу.

Нивелирование по урезу воды производят дважды. Расхождение между двумя значениями превышения допускают до 20 мм.

13. ПОЛЕВЫЕ ЖУРНАЛЫ

13.01. Журналы нивелирования являются документами строгого учета и регистрируются инспектором отдела технического контроля.

13.02. Записи в журналах производят четким почерком чернилами, шариковой ручкой или простым карандашом. Запрещается пользоваться химическим и цветным карандашом.

Неудовлетворительные или неправильно записанные наблюдения на станции аккуратно зачеркивают с указанием причины. Номер станций при повторных наблюдениях сохраняют с припиской слова «повторная».

13.03. Подчистка и исправление записей отсчетов в журнале запрещается.

Ошибочные записи в вычислениях аккуратно зачеркивают и сверху записывают правильные.

13.04. В журнале нивелирования аккуратно зарисовывают постановку рейки на каждом знаке и записывают высоту места постановки рейки относительно поверхности земли.

13.05. В журнале обязательно заполняют титульный лист, зарисовывают схему ходов и дают описание местоположения заниве-лированных знаков. На обратной стороне титульного листа записывают технические данные нивелира и реек, расположение надписей на уровне и рейках, знаки (плюс и минус) к отсчетам по подвесной рейке.

13.06. Нумерацию станций по каждой секции начинают с первого номера.

14. ПОЛЕВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

14.01. В полевые вычисления входят:

а) обработка материалов исследований нивелира и реек,

б) вычисления в полевых журналах,

в) составление полевых ведомостей превышений,

г) вычисления невязок по линиям и полигонам.

14.02. Перед полевыми работами подготавливают и проверяют следующие данные:

а) уравнение контрольной линейки,

б) высоты исходных реперов и ведомости превышений по примычным линиям,

в) материалы лабораторных исследований нивелира и реек.

14.03. Порядок и точность вычислений показаны в образцах полевых документов, приведенных в приложениях.

14.04. Вычисления в полевом журнале выполняют в две руки.

14.05. Полевую ведомость превышений составляют в две руки. На каждой ведомости должны быть подписи составившего и считавших.

14.06. В средние превышения по секциям вводят поправки за неверность длины среднего метра комплекта реек.

Поправка за рейки равна алгебраическому произведению поправки одного метра на величину превышения. Поправка с ее знаком алгебраически суммируется с превышением.

Например, длина среднего метра комплекта реек из компарирования равна 999,97 мм. Поправка за среднюю длину метра реек равна —0,03 мм. Поправка в превышение, равное —6,8004 м, будет $-0{,}03 \times (-6{,}80) = +0{,}2$ мм. Исправленное превышение равно —6,8002 м.

15. ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ, ПОДЛЕЖАЩИХ СДАЧЕ

15.01. По окончании полевых работ исполнитель предъявляет следующие материалы:

1) оформленные и проверенные полевые журналы;

2) объяснительную записку о полевых работах, содержащую все сведения, необходимые для составления технического отчета;

3) результаты лабораторных (заверенные копии) и полевых исследований нивелира и реек;

4) выписку с уравнением контрольной линейки, заверенную геолабораторией предприятия;

5) полевую ведомость превышений;

6) схему нивелирования;

7) кроки пунктов или топографические карты масштаба 1 : 25 000 или 1 : 10 000 с нанесенными реперами.

Схему нивелирования вычерчивают тушью на картах масштаба 1 : 100 000—1 : 300 000 или на чертежной бумаге.

На схеме показывают исходные пункты, проложенные линии, все заложенные реперы, включенные или привязанные реперы, пункты триангуляции и полигонометрии.

На схеме показывают связь новых линий с проложенными ранее. Схему составляют по установленным условным знакам (прил. 39).

К материалам прикладывают опись всех сдаваемых документов с указанием числа листов.

На всех материалах должны быть даты исполнения и подписи нивелировщика и помощника.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

СПИСОК

обследованных и восстановленных нивелирных знаков _____
(название района работ

_____
с перечислением номенклатур трапеций масштаба 1 : 200 000)

Полевые работы выполнены _____ в 197 г.
(наименование организации)

№ п/п	Тип знака, № марки, класс, год закладки Тр. м-ба 1 : 100 000	Описание местоположения знака	1. Сведения о состоянии знака 2. Работы, выполненные по восстановлению знака	Исправленное описание местоположения знака
		Линия III класса от грунт. реп. 217 до грунт. реп. 1121		
1	Грунт. реп. 217 II кл. 1948 г. Р-35-31	Щеброво, сел., в 253 м к юго-западу от него, у пересечения дорог Ильино — Лог и Щеброво—Клин, в 7 м к югу от первой дороги	1. Репер в хорошем состоянии 2. Марка и верх трубы очищены от ржавчины и покрыты битумным лаком. Возобновлена окопка, установлен опознавательный столб	Щеброво, сел., в 117 м к юго-западу от него, у пересечения дорог Ильино — Лог и Щеброво—Клин, в 7 м к югу от первой дороги
2	Стен. реп. 34 III кл. 1962 г. Р-35-31	Клин, сел., здание школы, северная сторона, в 5,3 м восточнее пристройки	1. Репер в хорошем состоянии 2. Очищен от ржавчины и покрыт битумным лаком	Клин, сел., здание детского сада, северная сторона, в 8,6 м от северо-западного угла здания
3	Стен. реп. 79 III кл. 1962 г. Р-35-31	с. Озерное, в цоколе здания магазина, в 3,2 м правее входной двери	1. Репер утрачен, снесено здание магазина	

Примечание. В список помещаются знаки по отдельным нивелирным линиям в том же порядке, как они помещены в каталоге высот нивелирных знаков.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

АКТ

о сдаче геодезического пункта (нивелирного знака) местному органу власти (землепользователю) на наблюдение за сохранностью

Я, нижеподписавшийся _____
(имя, отчество и фамилия сдатчика,

_____
должность, название учреждения, адрес)

сдал на наблюдение за сохранностью и я, нижеподписавшийся _____

_____
(имя, отчество и фамилия, должность и название учреждения принявшего)

_____ _____, принял на наблюдение за сохранностью

геодезический пункт (нивелирный знак), расположенный _____

_____
(место расположения знака, его название, № марки, класс)

_____

Акт составлен «_____»_____197 г. в трех экземплярах,

из которых один хранится _____
(учреждение,

_____, другой вручен _____
адрес) (ф., и., о.

_____, третий направлен в территориальную инспекцию Госгеонадзора Главного управления геодезии и картографии при Совете Министров СССР

Сдал _____ Принял _____
(подпись) (подпись)

М. п.

Примечание. По одному акту может сдаваться на наблюдение за сохранностью несколько пунктов, расположенных на территории одного землепользователя.

(Оборотная сторона акта)

СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ЗНАКА (КРОКИ)

ОСМОТР И ПОВЕРКИ НИВЕЛИРОВ

1. **Осмотр нивелира.** Проверяют чистоту оптики зрительной трубы, правильность и четкость изображения сетки нитей, концов пузырька уровня и делений на ампуле (обе половинки пузырька уровня должны быть симметричны относительно их разделительной линии, а последняя должна быть тонкой и четкой). Проверяют плавность вращения окуляра и головки трубки, перемещающей фокусирующую линзу, возможность точной фокусировки зрительной трубы, одновременность и точность фокусировки нитей сетки и изображений концов пузырька уровня при вращении окуляра, а также легкость вращения и отсутствие мертвого хода отсчетного барабана.

Проверяют исправность зеркала, освещающего уровень, лупы для рассматривания делений отсчетного барабана, элевационного винта трубы нивелира, крепление винтов, исправность штатива.

2. **Поверка и регулировка хода подъемных винтов.** Подъемные винты нивелира должны вращаться при плотно завинченном становом винте легко и плавно. Если вращение их затруднено или слишком свободно, то регулируют ход винтов. Для этого, не снимая инструмент со штатива, вывинчивают по очереди подъемные винты настолько, чтобы круглые отверстия на стержнях совпали с углублениями внутренней втулки каждого подъемного винта. Шпильку вставляют в углубления и поворачивают втулку, ослабляя или делая более тугим ход подъемного винта. Регулировку осуществляют постепенно путем нескольких исправлений и проб хода каждого винта.

3. **Поверка плавности вращения инструмента вокруг вертикальной оси.** При тугом вращении верхней части инструмента производят чистку оси и смазку. У нивелиров Н1, НБ, НПГ, НА-1 для этого отвертывают оба винта вкладыша и снимают его; затем часовой отверткой вывинчивают стопорный винт на боковой поверхности гильзы возвратной пружины; большой отверткой, размер лезвия которой соответствует размеру шлица, отвертывают винт, закрывающий гильзу, и вынимают пружину. После этого осторожно снимают верхнюю часть инструмента.

Ось и втулку протирают чистой, стираной материей, слегка смоченной очищенным бензином; затем рисовой бумагой вытирают

их насухо и тщательно удаляют с оси и втулки оставшиеся волокна ткани. Ось смазывают, проведя стеклянной палочкой 3—4 полоски масла вдоль оси. Затем надевают на ось верхнюю часть инструмента так, чтобы упор пружины попал в углубление на водильце зажимного винта; завинчивают винт, закрывающий гильзу с вложенной возвратной пружиной, и стопорный винт, следя, чтобы последний попал в углубление на винте, закрывающем гильзу. Ставят на место вкладыш и привертывают оба его винта.

Чистку и смазку оси инструмента производят в закрытом помещении, оберегая инструмент от пыли.

4. **Поверка и исправление установочного уровня.** Ось уровня должна быть перпендикулярна оси вращения нивелира. Подъемными винтами приводят пузырек установочного уровня на середину и поворачивают верхнюю часть нивелира на 180°. Если пузырек уровня сместился с середины, то на половину отклонения его перемещают исправительными винтами уровня. Поверку и исправление выполняют несколько раз.

5. **Поверка и исправление установки сетки нитей.** При правильно установленной сетке вертикальная нить ее должна совпадать с отвесом. Поверку производят следующим образом.

В защищенном от ветра месте подвешивают на тонком шнуре тяжелый отвес. Чтобы шнур был резче виден, за ним прикрепляют лист белой бумаги. В 20—25 м от отвеса устанавливают нивелир и тщательно приводят ось вращения в отвесное положение. Совмещают один конец вертикальной нити сетки с отвесом. Если другой конец нити отходит от отвеса более чем на 0,5 мм, то исправляют установку сетки нитей следующим образом.

Отделяют окулярную часть от корпуса зрительной трубы. Ослабив винты пластинки, несущей сетку, слегка ее поворачивают в нужную сторону. Надевают окулярную часть на трубу и, не привинчивают ее винтами, поверяют положение вертикальной нити. Если нить не совпадает со шнуром отвеса, то поверку повторяют.

По окончании поверки закрепляют винтами пластинку, надевают окулярную часть и привинчивают ее к корпусу трубы, предварительно проверив правильность положения нитей.

После исправления положения сетки обязательно определяют и, в случае надобности, исправляют угол i нивелира способом, указанным ниже.

6. **Поверка и исправление установки цилиндрического контактного уровня.** Поверка и исправление делятся на две части:

1) ось уровня и визирная ось трубы должны находиться в параллельных отвесных плоскостях;

2) угол i (проекция на отвесную плоскость угла между осью уровня и визирной осью трубы) должен быть меньше 20″.

Первую часть поверки выполняют следующим образом.

Устанавливают нивелир примерно в 50 м от рейки так, чтобы один подъемный винт находился в плоскости, проходящей через визирную линию, а два других — по обе стороны от нее. Тщательно

приводят ось вращения нивелира в отвесное положение по установочным уровням и, совместив элевационным винтом изображения концов пузырька уровня, делают отсчет по рейке.

Поворотами подъемных винтов в разные стороны на 2—3 полных оборота дают боковой наклон нивелиру, следя при этом за тем, чтобы отсчет по рейке не изменился. Наклоняя обоими подъемными винтами в противоположные стороны, операцию повторяют.

Если в обоих случаях концы уровня не расходятся или смещаются одинаково, то это указывает на правильность установки уровня. Если же они расходятся в разные стороны более чем на одно деление, то исправляют установку цилиндрического уровня боковыми исправительными винтами. При этом один исправительный винт уровня вывинчивают, а другой ввинчивают, делая это постепенно, чтобы по окончании исправления выступ оправы уровня был плотно зажат между головками обоих исправительных винтов.

Вторую часть поверки можно выполнить двумя способами.

Первый способ определения угла *i*

На расстоянии 50 м забивают в землю два костыля или прочных кола с вбитыми в их торцы коваными гвоздями с полусферическими головками. Нивелир устанавливают около рейки, стоящей на колу № 1, так, чтобы окулярный конец трубы отстоял от рейки на 2—3 см, когда труба направлена на рейку, стоящую на колу № 2. По ближней рейке отсчитывают высоту нивелира. Затем, убрав эту рейку, делают отсчеты по основной шкале рейки, стоящей на колу № 2.

Для определения высоты инструмента используют приспособление, которое состоит из особой крышки на объектив и пластинки-движка на рейку. В центре крышки имеется отверстие диаметром 2—3 мм. Крышку делают из металла, картона или дерева и окрашивают в черный цвет, пластинку-движок — из тонкого прозрачного целлулоида с четким горизонтальным штрихом. Пластинку-движок вставляют в паз рейки. Верхняя узкая часть пластинки-движка отгибается в наружную сторону и служит ручкой для перемещения вдоль рейки. Целесообразно изготовить отдельную пластинку-движок для каждой рейки.

При определении высоты инструмента наблюдатель смотрит на рейку через отверстие в крышке, надетой на объектив, а его помощник устанавливает пластинку-движок по указаниям наблюдателя так, чтобы горизонтальный штрих был виден точно в середине отверстия. При этом положении помощник делает отсчет по рейке, пользуясь этим штрихом. Таким способом высоту инструмента определяют с ошибкой порядка ± 1 мм.

Закончив измерения возле кола № 1, переносят нивелир к колу № 2 и повторяют такую же операцию. Перечисленные действия составляют один прием. Всего делают три приема. Не снимая инстру-

мент, выполняют необходимые вычисления и, в случае надобности, исправляют установку уровня.

Значение угла i вычисляют отдельно для каждого приема по формуле

$$i = \frac{[(v_1 + v_2) - (u_1 + u_2)]\,\rho''}{2d},$$

где v_1 и v_2 — высоты инструмента при его установках у кольев № 1 и 2,

u_1 и u_2 — отсчеты по рейкам, сделанные при установках инструмента у кольев № 1 и 2,

d — расстояние между кольями № 1 и 2.

Величины v, u и d — в миллиметрах. При нивелировании отсчеты u_1 и u_2 по рейкам производят по средней нити без использования отсчетного барабана, который предварительно устанавливают на отсчет «50». Расхождения между полученными значениями i не должны превышать 4″. За окончательное значение принимают среднее.

Если угол i больше 20″, исправляют положение уровня вертикальными винтами.

Для исправления положения уровня устанавливают трубу при помощи элевационного винта на отсчет $u_2 + di'' \sin 1''$, а исправительными винтами уровня совмещают изображения концов пузырька.

Далее одним приемом делают контрольное определение угла i. Если он стал менее 20″, окончательно определяют его значение, как было описано выше. В противном случае снова исправляют угол i и делают контрольное определение.

Нормально при малом угле i элевационный винт должен находиться в положении, близком к среднему. При этом исправительные винты контактного уровня должны находиться также в среднем положении.

Если при малом угле i элевационный винт или исправительные винты уровня находятся в крайних положениях, инструмент исправляют в мастерской.

Поверку и исправление установки цилиндрического уровня рекомендуется выполнять в пасмурную погоду; в солнечную погоду нивелир защищают зонтом.

Ниже приведен пример определения угла i первым способом.

Второй способ определения угла i

На расстоянии $d = 50$ м друг от друга забивают два костыля и определяют превышение между ними с двух станций. Первый раз нивелир устанавливают на продолжении створа в 5—6 м за первым костылем, второй раз — на продолжении створа в 5—6 м за другим костылем.

На первой станции сначала производят отсчет v_1 по ближней рейке и затем, изменив фокусировку трубы,— отсчет u_1 по дальней

рейке. После этого, сохраняя фокусировку трубы, переходят на вторую станцию, где сначала производят отсчет u_2 по дальней рейке и затем, изменив фокусировку трубы,— отсчет v_2 по ближней рейке.

Угол i вычисляют по формуле

$$i'' = \frac{(v_1 + v_2) - (u_1 + u_2)}{2d} \cdot 206\,265''.$$

Для исправления положения уровня поступают так же, как указано в первом способе определения угла i.

Определение угла i (первый способ)
$t_{воз} = +18°C$; $d = 50$ м

Нивелир НБ № 9874

Наблюдатель *Морозков Г. С.* 17 июня 1973 г.

№ приема	№ кола	Высота инструмента v (мм)	Отсчеты по рейке u (дел.)	u (мм)	$(v_1 + v_2) - (u_1 + u_2)$	i''
1	1	2860 1430,0	3487	1743,5	2919,0 −2914,0 +5,0	$i = \frac{5{,}0 \times 206\,265}{100\,000} =$ $= +10{,}3''$
	2	2978 1489,0	2341	1170,5		
2	2	2938 1469,0	2302	1151,0	2917,0 −2913,5 +3,5	$i = \frac{3{,}5 \times 206\,265}{100\,000} = +7{,}2''$
	1	2896 1448,0	3525	1762,5		
	1	2800 1400,0	3429	1714,5	2866,5 −2862,5 +4,0	$i = \frac{4{,}0 \times 206\,265}{100\,000} =$ $= +8{,}3''$ $i_{ср} = +8{,}6''$
	2	2933 1466,5	2296	1148,0		

Для уменьшения угла i наводят биссектор при помощи элевационного винта на отсчет по удаленной рейке, равный $u \pm di'' \sin 1'' = 1148{,}0 \pm \frac{50\,000 \times 8{,}6}{206\,265} =$ $= 1150{,}1 \approx 2300$ дел. рейки, и при помощи исправительных винтов уровня совмещают изображения концов пузырька.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗРИТЕЛЬНОЙ ТРУБЫ

1. Определение качества центрировки и сборки оптической системы.

Исследование выполняют при помощи оптической скамьи, основными частями которой являются: коллиматор с точечной диафрагмой в фокальной плоскости, дополнительная зрительная трубка и источник света перед точечной диафрагмой.

Исследуемый нивелир устанавливают между коллиматором и дополнительной зрительной трубкой, объективом в сторону коллиматора, на отдельном столике (или штативе), который может перемещаться вверх, вниз, вперед и назад. Ось вращения нивелира приводят подъемными винтами в отвесное положение, сетку нитей устанавливают на резкость, а трубу фокусируют на освещенное изображение точечной диафрагмы. Оптические оси объектива коллиматора, трубы нивелира и дополнительной зрительной трубки должны совпадать. В дополнительную зрительную трубку рассматривают увеличенное изображение точечной диафрагмы и оценивают его качество сначала в фокальной, а затем в нефокальных плоскостях. В последнем случае фокусирующую линзу трубы нивелира перемещают в одну, а потом в другую сторону.

Если изображение точечной диафрагмы в фокальной плоскости имеет вид правильного резко очерченного кружка со светлым кольцом вокруг него, а в нефокальных плоскостях — правильных концентрических колец вокруг светлого центрального кружка (яркость колец убывает от центра), это указывает на хорошую центрировку системы. В плохо центрированной системе дифракционная картина имеет вид овальных колец или елочек.

Если центрировка удовлетворительная, но в системе неполностью устранена сферическая аберрация, дифракционные кольца получаются овальной формы с размытыми краями, а в нефокальных плоскостях крайние кольца — более яркими.

При неоднородности оптических стекол дифракционные кольца получаются неправильной формы. Если линзы слишком сильно сжаты оправами, дифракционные кольца могут иметь вид треугольников или вытянутых эллипсов с разрывами.

При отсутствии оптической скамьи исследование выполняют так. На расстоянии 15—20 м от нивелира помещают на той же высоте точечный источник света (например, экран из фольги с отверстием, проколотым иголкой, помещенный перед лампочкой). При удовлетворительной центрировке оптической системы трубы отверстие изобразится в фокальной плоскости в виде правильного резко очерченного кружка, а в нефокальных плоскостях — в виде кружков, диаметры которых изменяются при движении фокусирующей линзы, но центр остается неподвижным.

При плохой центрировке изображение отверстия в фокальной плоскости имеет вид размытой продолговатой фигуры, а в нефокальных плоскостях — разноцветного пятна или неполных искривленных колец.

2. Определение хроматических и сферической аберраций

На листе белой бумаги вычерчивают и заливают черной тушью несколько правильных фигур (квадрат, треугольник, круг) размером 3—5 см. Фигуры рассматривают на расстоянии 10 м от нивелира. При отсутствии хроматических аберраций изображения получаются резкими и неокрашенными.

При определении сферической аберрации те же фигуры рассматривают в нивелир, на объектив которого предварительно надевают сначала крышку (из черной матовой бумаги) с отверстием в центре, затем — с отверстиями вблизи краев. Если изображения фигур при рассматривании их с той и другой крышками остаются одинаково резкими, то сферическая аберрация устранена достаточно хорошо.

3. Определение разрешающей силы трубы

Определение выполняют на оптической скамье. Нивелир устанавливают и фокусируют так же, как при проверке центрировки оптической системы. В фокальной плоскости объектива коллиматора устанавливают миру — стеклянную пластинку с сеткой в виде квадратов, пересеченных прямыми штрихами. От квадрата к квадрату направление штриховки изменяется, а толщина штрихов и густота штриховки постепенно убывают.

Рассматривают изображение миры и находят квадрат, штрихи которого еще видны раздельно. По номеру квадрата и по таблице, составленной специально для миры и коллиматора, определяют в секундах разрешающую силу трубы.

(Если изображения штрихов одного направления резкие, а перпендикулярного к ним направления — размытые, то это указывает на наличие астигматизма).

4. Определение параллакса сетки нитей

Приводят нивелир в рабочее положение (изображения концов пузырька уровня совмещены, отсчет по барабану 50), тщательно устанавливают по глазу сетку нитей, наводят и фокусируют трубу на точку в 10—20 м от нивелира. Если при перемещении глаза в разные стороны от центра окуляра изображение точки относительно сетки нитей не смещается, то параллакс отсутствует.

Смещение изображения точки в направлении движения глаза указывает, что плоскость сетки расположена от окуляра ближе пло-

скости изображения точки, а смещение в противоположном направлении — что плоскость сетки дальше плоскости изображения точки.

5. Определение средней квадратической ошибки наведения на штрих рейки.

Два нивелира — «образцовый» и испытуемый — ставят рядом на устойчивое основание и два наблюдателя по очереди выполняют обоими нивелирами по 10 серий наведений на штрихи рейки, расположенной в 50 м. Каждая серия состоит из 10 наведений с отсчетами по барабану (до 0,1 деления) при совмещенных изображениях концов пузырька уровня.

Средняя квадратическая ошибка одного наведения выводится для каждого инструмента каждым наблюдателем сначала по сериям

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

а затем из всех серий

$$M = \pm \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{p(n-1)}},$$

где v — уклонение отдельных отсчетов в серии от среднего из них,
n — число отсчетов в серии ($n = 10$),
p — число серий ($p = 10$).

Из сравнения средних квадратических ошибок наведения «образцовым» и испытуемым нивелирами делают заключение о качестве зрительной трубы последнего.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО УРОВНЯ

Определение цены деления уровня при помощи экзаменатора по способу проф. А. С. Васильева

Экзаменатор должен стоять на бетонном или кирпичном столбе в помещении, температура которого меняется незначительно, вдали от отопительных и вентиляционных установок и от входных дверей.

Нивелир ставят на площадку экзаменатора за 2—3 часа до начала исследований. Заблаговременно необходимо оборудовать освещение цилиндрического уровня нивелира так, чтобы оно было равномерным и достаточно сильным и лампа находилась не ближе 1 м от нивелира. Около нивелира помещают термометр с ценой деления 0,2—0,5° С.

Исследование состоит из двух приемов, каждый прием включает два полуприема.

Перед началом каждого приема пузырьки круглого уровня экзаменатора и установочных уровней нивелира должны быть приведены на середину и отсчитана температура воздуха около нивелира.

При исследовании трубу нивелира располагают вдоль оси экзаменатора, причем в первом приеме объектив трубы обращен к измерительному винту экзаменатора, во втором приеме к этому винту обращен окуляр трубы.

Первый полуприем первого приема выполняют в следующем порядке.

Головку измерительного винта экзаменатора ввинчиванием ставят точно на отсчет «нуль оборотов, нуль делений». Затем элевационным винтом нивелира передвигают пузырек уровня в конец его шкалы так, чтобы отсчет по левому (в поле зрения трубы) концу пузырька был близок к единице. Выждав одну минуту, чтобы дать время успокоиться пузырьку уровня, делают отсчеты по левому и правому концам его и ввинчиванием ставят головку измерительного винта точно на отсчет 10. Через минуту снова делают отсчеты по обоим концам пузырька уровня, ввинчиванием ставят головку измерительного винта точно на отсчет 20 и т. д. Так поступают до тех пор, пока левый конец пузырька уровня не достигнет одного из последних делений шкалы уровня. Если цена деления шкалы уровня близка к 4″, а измерительного винта экзаменатора — 1″, последняя установка головки измерительного винта будет 70 или 80.

Сделав последний отсчет по концам пузырька уровня, переходят к обратному ходу. Для этого сразу же после отсчета ввинчиванием поворачивают головку измерительного винта на 20—30 делений, а затем вывинчиванием ставят снова на тот отсчет, который был последним в прямом ходе.

Все дальнейшие операции выполняют в таком же порядке, как в прямом ходе, но установку измерительного винта делают только вывинчиванием и, следовательно, отсчеты по шкале этого винта будут убывать. Этим заканчивают первый полуприем.

Второй полуприем выполняют так же; разница заключается лишь в том, что начальный отсчет по головке измерительного винта будет 90, а не «нуль делений», что потребует перемещения пузырька уровня элевационным винтом.

Ко второму приему приступают через 5—10 мин после окончания первого приема. Повернув трубу окуляром к измерительному винту, вывинчивают головку последнего на 1—2 оборота и вывинчиванием же ставят ее на тот же отсчет, которым был закончен первый полуприем первого приема, т. е. на 70 или 80.

Все дальнейшие операции выполняют во втором приеме так же, как в первом, только в прямых ходах головку измерительного винта ставят на нужные отсчеты вывинчиванием, а в обратных ходах — ввинчиванием.

При исследовании необходимо строго соблюдать указание о том, чтобы в каждом полуприеме головка измерительного винта устанавливалась на нужный отсчет вращением только в одном направлении (ввинчиванием или вывинчиванием).

Перед началом исследования рекомендуется выполнить пробный прием, чтобы уточнить установки головки измерительного винта и

проследить за направлением движения пузырька уровня при вращении измерительного винта.

В процессе наблюдений заполняют графы 1—12 ведомости, приведенной ниже, остальные — после наблюдений.

Контролем правильности наблюдений служат значения величин граф 7 и 12. В течение наблюдений они не должны различаться между собой больше чем на единицу.

Обработку начинают с вычисления величин r_m и среднего из всех r_m, т. е. $r_{ср}$ (графа 13), далее находят уклонения v_0 (графа 14). Если ни одно v_0 не превосходит 0,50, то это указывает на правильную кривизну внутренней поверхности ампулы уровня.

Затем в каждом полуприеме подсчитывают величины (л + п) и среднее из всех (л + п), помещенных в графах 15 и 17, т. е. $(л + п)_{ср}$, уклонения v (графы 16 и 18) и, наконец, сумму квадратов этих уклонений для всех полуприемов. Среднюю квадратическую ошибку $m_{отс}$ отсчета по одному концу пузырька уровня находят по формуле

$$m_{отс} = \pm \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{2k\,(s-i)}},$$

где k — число приемов,

i — число полуприемов в одном приеме,

s — число величин (л + п), получаемых из одного приема наблюдений.

Среднее значение цены деления τ'' уровня выводят путем обработки материалов наблюдений по способу наименьших квадратов.

Для каждой установки винта экзаменатора составляют уравнение погрешностей вида

$$x + \frac{\beta_i - \beta_k}{q}\, y - l_i = \delta_i,$$

где x — положение пузырька уровня, соответствующее конечной установке винта экзаменатора в первом полуприеме прямого хода;

β_i — отсчет по винту экзаменатора на установке с порядковым номером i ($i = 1, 2, 3, \ldots$);

β_k — отсчет по винту экзаменатора на конечной установке в первом полуприеме прямого хода (в примере $\beta_k = 70$);

y — величина перемещения пузырька в полуделениях шкалы уровня при повороте винта экзаменатора на один рабочий интервал q (в примере $q = 10$);

l_i — положение пузырька уровня, соответствующее i-ой установке винта экзаменатора;

δ_i — погрешность определения l_i, обусловленная ошибками отсчетов по концам пузырька уровня, неправильностями кривизны и несовершенством шлифовки внутренней поверхности ампулы.

До составления таблицы коэффициентов уравнений погрешностей находят по результатам наблюдений значения величин l.

Нивелир НБ № 9874

Шкала уровня имеет 22 деления; подпись делений на шкале от 0 до 20: нуль делений со стороны объектива

Экзаменатор НИЭМ; шкала винта имеет 180 делений; цена деления 1″

Наблюдатель *В. Н. Королев* 20 мая 1973 г.

№ полуприема	Отчет по шкале винта экзаменатора	Прямой ход: время	Прямой ход: отсчет по уровню, л	Прямой ход: отсчет по уровню, п	$l = п - л$	$r = l_i - l_{i+1}$	Обратный ход: время	Обратный ход: отсчет по уровню, л	Обратный ход: отсчет по уровню, п	$l = п - л$	$r = l_i - l_{i+1}$	$r_m = \frac{r_{пр} + r_{об}}{2}$	$v_0 = r_{ср} + r_m$	Прямой ход: л + п	Прямой ход: v	Обратный ход: л + п	Обратный ход: v
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

I прием (объектив к винту экзаменатора); $t_{нач} = +22{,}8°$; $t_{кон} = +23{,}2°$; длина пузырька 70,2 мм

1	0	11 ч 33 мин	1,2	20,9	+19,7		11 ч 48 мин	2,0	20,5	+18,5				22,1	+0,25	22,5	−0,15
	10	34	4,0	18,3	+14,3	5,4	47	4,5	18,0	+13,5	5,0	5,20	−0,08	22,3	+0,05	22,5	−0,15
	20	35	6,7	15,6	+8,9	5,4	46	7,0	15,4	+8,4	5,1	5,25	−0,13	22,3	+0,05	22,4	−0,05
	30	36	9,3	13,0	+3,7	5,2	45	9,4	13,0	+3,6	4,8	5,00	+0,12	22,3	+0,05	22,4	−0,05
	40	37	11,9	10,4	−1,5	5,2	44	12,0	10,3	−1,7	5,3	5,25	−0,13	22,3	+0,05	22,3	+0,05
	50	38	14,8	7,7	−7,1	5,6	43	14,7	7,8	−6,9	5,2	5,40	−0,28	22,5	−0,15	22,5	−0,15
	60	39	17,3	4,9	−12,4	5,3	42	17,2	5,0	−12,2	5,3	5,30	−0,18	22,2	+0,15	22,2	+0,15
	70	11 ч 40 мин	20,0	2,3	−17,7	5,3	11 ч 41 мин	19,7	2,8	−16,9	4,7	5,00	−0,12	22,3	+0,05	22,5	−0,15
														$(л + п)_{ср} = 22{,}35$		$\Sigma v = 0{,}00$	
2	90	11 ч 53 мин	1,7	20,9	+19,2		12 ч 08 мин	2,0	20,8	+18,8				22,6	0	22,8	−0,20
	100	54	4,1	18,4	+14,3	4,9	07	4,4	18,2	+13,8	5,0	4,95	+0,17	22,5	+0,10	22,6	0
	110	55	6,8	15,8	+9,0	5,3	06	6,9	15,8	+8,9	4,9	5,10	+0,02	22,6	0	22,7	−0,10
	120	56	9,0	13,6	+4,6	4,4	05	9,4	13,1	3,7	5,2	4,80	+0,32	22,6	0	22,5	+0,10
	130	57	11,7	10,9	−0,8	5,4	04	12,0	10,8	−1,2	4,9	5,15	−0,03	22,6	0	22,8	−0,20
	140	58	14,1	8,3	−5,8	5,0	03	14,3	8,2	−6,1	4,9	4,95	+0,17	22,4	+0,20	22,5	+0,10
	150	59	16,8	5,9	−10,9	5,1	02	17,0	5,7	−11,3	5,2	5,15	−0,03	22,7	−0,10	22,7	−0,10
	160	12 ч 00 мин	19,5	3,0	−16,5	5,6	12 ч 01 мин	19,5	3,0	−16,5	5,2	5,40	−0,28	22,5	+0,10	22,5	+0,10
														$(л + п)_{ср} = 22{,}60$		$\Sigma v = 0{,}00$	

II прием (окуляр к винту экзаменатора); $t_{нач} = +23{,}0°$; $t_{кон} = +23{,}5°$; длина пузырька 70,3 мм

1	70	12 ч 20 мин	2,0	20,7	+18,7		12 ч 35 мин	2,8	19,9	+17,1				22,7	−0,08	22,7	−0,08
	60	21	4,8	17,9	+13,1	5,6	34	5,2	17,5	+12,3	4,8	5,20	−0,08	22,7	−0,08	22,7	−0,08
	50	22	7,3	15,2	+7,9	5,2	33	7,9	14,8	+6,9	5,4	5,30	−0,18	22,5	+0,12	22,7	−0,08
	40	23	9,9	12,8	+2,9	5,0	32	10,4	12,2	+1,8	5,1	5,05	+0,07	22,7	−0,08	22,6	+0,02
	30	24	12,5	10,0	−2,5	5,4	31	12,7	9,9	−2,8	4,6	5,00	+0,12	22,5	+0,12	22,6	+0,02
	20	25	15,3	7,3	−8,0	5,5	30	15,4	7,1	−8,3	5,5	5,50	−0,38	22,6	+0,02	22,5	+0,12
	10	26	17,9	4,8	−13,1	5,1	29	18,0	4,8	−13,2	4,9	5,00	+0,12	22,7	−0,08	22,8	−0,18
	0	12 ч 27 мин	20,3	2,2	−18,1	5,0	12 ч 28 мин	20,3	2,2	−18,1	4,9	4,95	+0,17	22,5	+0,12	22,5	+0,12
														$(л+п)_{ср}=22{,}62$		$\Sigma v=-0{,}08$	

Продолжение

№ полуприема	Отсчет по шкале винта экзаменатора	Прямой ход: время	Прямой ход: отсчет по уровню л	Прямой ход: отсчет по уровню п	$l = п - л$	$r = l_i - l_{i+1}$	Обратный ход: время	Обратный ход: отсчет по уровню л	Обратный ход: отсчет по уровню п	$l = п - л$	$r = l_i - l_{i+1}$	$r_m = \frac{r_{пр} + r_{об}}{2}$	$v_0 = r_{ср} + r_m$	Прямой ход: л + п	Прямой ход: v	Обратный ход: л + п	Обратный ход: v
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	160	12 ч 40 мин	2,0	20,9	+18,9		12 ч 55 мин	2,3	20,6	+18,3				22,9	—0,09	22,9	—0,09
2	150	41	4,4	18,2	+13,8	5,1	54	5,0	17,9	+12,9	5,4	5,25	—0,13	22,6	+0,21	22,9	—0,09
	140	42	7,2	15,7	+8,5	5,3	53	7,7	15,2	+7,5	5,4	5,35	—0,23	22,9	—0,09	22,9	—0,09
	130	43	9,7	13,0	+3,3	5,2	52	10,0	12,9	+2,9	4,6	4,90	+0,22	22,7	+0,11	22,9	—0,09
	120	44	12,0	10,8	—1,2	4,5	51	12,4	10,3	—2,1	5,0	4,75	+0,37	22,8	+0,01	22,7	+0,11
	110	45	14,8	8,0	—6,8	5,6	50	15,0	7,9	—7,1	5,0	5,30	—0,18	22,8	+0,01	22,9	—0,09
	100	46	17,4	5,3	—12,1	5,3	49	17,5	5,2	—12,3	5,2	5,25	—0,13	22,7	+0,11	22,7	+0,11
	90	12 ч 47 мин	19,8	3,0	—16,8	4,7	12 ч 48 мин	19,9	2,9	—17,0	4,7	4,70	+0,42	22,8	+0,01	22,8	+0,01
											$r_{ср} = 5,12$			$(л+п)_{ср} = 22,81$	$\Sigma v = +0,05$		
											$\Sigma v = -0,04$						

$$m_{отс} = \sqrt{\frac{\Sigma\Sigma v^2}{2k(s-i)}} = \sqrt{\frac{0,7400}{2 \times 2(32-2)}} = \pm 0,08^{\tau} = \pm 0,32''$$

$$\Sigma v^2 = 0,7400$$

Средняя квадратическая ошибка единицы веса равна

$$\mu = \sqrt{\frac{\Sigma\sigma^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{0,0488}{8-2}} = \pm 0,09^{\tau}\,{}^{0}/_{2} = \pm 0,18''$$

Средняя квадратическая ошибка определения цены деления будет

$$\mu_{\tau} = \frac{2q}{y_2}\,\mu \sqrt{\frac{1}{P_y}} \cdot 2,5 = \frac{2 \cdot 10''}{(5,122)^2} \cdot 0,18 \sqrt{\frac{1}{42}} \cdot 2,5$$

$$\mu_{\tau} = \pm 0,05''$$

Следовательно, окончательно
$\tau'' = 9,76'' \pm 0,05''$ (на 2 мм).

Записывал (А. И. Боков)
Вычислял (А. И. Боков)
Проверил (В. Н. Королев)

Значения величин l

Номер установки винта	I прием			II прием			
	среднее из обоих полуприемов		$l_I = \frac{l_1+l_2}{2}$	среднее из обоих полуприемов		$l_{II} = \frac{l'_1+l'_2}{2}$	$l = \frac{l_I+l_{II}}{2}$
	прямой ход l_1	обратный ход l_2		прямой ход l'_1	обратный ход l'_2		
1	19,45	18,65	19,05	18,80	17,70	18,25	18,65
2	14,30	13,65	13,98	13,45	12,60	13,02	13,50
3	8,95	8,65	8,80	8,20	7,20	7,70	8,25
4	4,15	3,65	3,90	3,10	2,35	2,72	3,31
5	—1,15	—1,45	—1,30	—1,85	—2,45	—2,15	—1,72
6	—6,45	—6,50	—6,48	—7,40	—7,70	—7,55	—7,02
7	—11,65	—11,75	—11,70	—12,60	—12,75	—12,68	—12,19
8	—17,10	—16,70	—16,90	—17,45	—17,55	—17,50	—17,20

Далее составляют таблицу уравнений погрешностей, причем в конце ее оставляют две пустые колонки для величин δ и δ^2, которые вычисляют после определения значений неизвестных x и y.

Составляют два нормальных уравнения и, решая их, находят значения x и y, а также вес P_y.

Уравнения погрешностей

№ п/п	x	y	$-l$	δ	δ^2
1	+1	—7	—18,65	—0,03	0,0009
2	+1	—6	—13,50	0	0
3	+1	—5	—8,25	+0,13	0,0169
4	+1	—4	—3,31	—0,05	0,0025
5	+1	—3	+1,72	—0,14	0,0196
6	+1	—2	+7,02	+0,04	0,0016
7	+1	—1	+12,19	+0,08	0,0064
8	+1	—0	+17,20	—0,03	0,0009
		Σ	—5,58	0,00	0,0488

Нормальные уравнения

x	y	$-l$
+8	—28	—5,58
	+3,5	+0,698
	+140	+234,65
	—98	—19,53
	+42	+215,12

$$y = \frac{-215,12}{42} = -5,122$$

$$x = -5,122 \times 3,5 + 0,698 = -17,229$$

$$P_y = 42$$

Подставляя найденные значения x и y в уравнения погрешностей, получают значения δ.

Цену деления уровня вычисляют по формуле

$$\tau = \frac{2q}{y},$$

откуда

$$\tau'' = \frac{2 \times 10''}{5{,}122} = 3{,}905'' \text{ на } 0{,}8 \text{ мм}$$

или $\tau'' = 9{,}76''$ на 2 мм.

Определение средней квадратической ошибки совмещения изображений концов пузырька уровня

Подготовив экзаменатор к исследованиям (так же, как и при определении цены деления уровня), приступают к первому приему. Приводят пузырек уровня элевационным или подъемными винтами нивелира приблизительно на середину и ввинчиванием измерительного винта экзаменатора точно совмещают концы пузырька уровня. При этом отсчет по шкале измерительного винта может быть произвольным. Убедившись, что в течение 5—10 секунд концы не разошлись или, если они немного разошлись, снова точно совместив их ввинчиванием, делают отсчет по шкале измерительного винта. Затем вывинчиванием измерительного винта смещают изображения концов пузырька уровня на 5—10 делений и снова ввинчиванием точно совмещают их. Отсчитывают по шкале измерительного винта.

Всего в прямом ходе ввинчиванием измерительного винта делают подряд 10 точных совмещений концов пузырька уровня, каждый раз отсчитывая по шкале измерительного винта.

Затем переходят к обратному ходу, для чего ввинчиванием измерительного винта смещают изображения концов пузырька уровня, вывинчиванием винта точно совмещают их и отсчитывают по шкале измерительного винта. В обратном ходе вывинчиванием измерительного винта также делают подряд 10 точных совмещений концов пузырька уровня и 10 отсчетов по шкале измерительного винта.

Прямой и обратный ходы вместе составляют один прием. Таких приемов делают пять.

Среднюю квадратическую ошибку совмещения выводят отдельно для каждого полуприема по формуле

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

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

n — число отсчетов в полуприеме.

В результате получают по 5 значений $m_{\text{сов}}$ для вывинчивания и ввинчивания измерительного винта.

При хорошем качестве уровня и тщательном исследовании значения $m_{\text{сов}}$ находятся в пределах от $\pm 0{,}20''$ до $\pm 0.35''$.

Окончательно значение $m_{сов}$ не должно превышать 0,3″. Его вычисляют по формуле

$$m_{сов} = \pm \sqrt{\frac{\Sigma\Sigma v^2}{p\,(n-i)}},$$

где p — число приемов;
n — число отсчетов в приеме;
i — число полуприемов в приеме.

Пример определения средней квадратической ошибки совмещения изображений концов пузырька уровня

Экзаменатор *НИЭМ*, шкала винта имеет *180 делений*, цена деления 1″
Наблюдатель *С. Г. Морозков.* Нивелир НБ № 9874 20 мая 1973 года.
I прием $t_{нач} = +23{,}1°$; $t_{кон} = +23{,}4°$; длина пузырка 70,2 мм

№ п/п	Отсчет по шкале винта	v_1	v_1^2	Отсчет по шкале винта	v_2	v_2^2
		Ввинчивание			Вывинчивание	
1	21,4	+0,26	0,0676	21,8	+0,45	0,2025
2	21,3	+0,16	256	21,2	—0,15	225
3	21,3	+0,16	256	21,4	+0,05	25
4	20,7	—0,44	1936	21,5	+0,15	225
5	21,3	+0,16	256	21,2	—0,15	225
6	20,7	—0,44	1936	21,1	—0,25	625
7	20,8	—0,34	1156	21,3	—0,05	25
8	21,0	—0,14	196	21,3	—0,05	25
9	21,6	+0,46	2116	21,4	+0,05	25
10	21,3	+0,16	256	21,3	—0,05	25
	21,14	0,00	0,9040	21,35	0,00	0,3450

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

Остальные четыре приема не приводятся.

Сводка результатов исследования

	Прием					$\Sigma\Sigma v^2$
	I	II	III	IV	V	
$m'_{сов}$	±0,32″	±0,24″	±0,26″	±0,22″	+0,23″	
Σv_1^2	0,9040	0,5210	0,6050	0,4400	0,4640	2,9340
$m''_{сов}$	±0,20″	±0,28″	±0,21″	±0,33″	±0,18″	
Σv_2^2	0,3450	0,7089	0,3890	0,9840	0,3040	2,7309
						5,6649

$$m_{сов} = \pm \sqrt{\frac{5{,}6649}{5\,(20-2)}} = \pm 0{,}25''$$

Определение цены деления уровня по рейке

Исследование выполняют при благоприятных условиях, защищая нивелир от солнца.

Выбирают ровную площадку, на которой забивают рядом два кола с гвоздями в их торцах. Шляпки гвоздей должны быть полусферическими. Один из кольев должен быть выше другого на 15—20 см. В 50 м устанавливают нивелир за 2—3 часа до начала исследований, причем под ножки штатива предварительно забивают колья. Вблизи нивелира в тени подвешивают термометр.

Исследование состоит из четырех приемов, а каждый прием — из двух полуприемов. В первом и третьем приемах рейку устанавливают на один кол, а во втором и четвертом — на другой. Целесообразно выполнять два приема утром и два вечером при другой температуре воздуха.

Измеряют температуру воздуха. Приводят пузырьки установочных уровней на середину. Наводят трубу на рейку и элевационным винтом точно совмещают биссектор сетки нитей с одним из штрихов рейки. При этом изображения концов пузырька уровня должны располагаться на противоположных краях шкалы. Отсчитав по концам пузырька уровня, элевационным винтом точно наводят биссектор на смежный штрих рейки. Отсчитав по концам пузырька уровня, точно наводят биссектор элевационным винтом на третий штрих рейки и снова отсчитывают по уровню. На этом заканчивают прямой ход и приступают к обратному.

Повернув элевационный винт на $^1/_4$ оборота, вращением его в обратном направлении наводят на те же штрихи и каждый раз отсчитывают по уровню. Прямой и обратный ходы составляют полуприем. Закончив полуприем, еще раз измеряют температуру воздуха и длину пузырька уровня.

Аналогично выполняют последующие полуприемы, изменяя между полуприемами горизонт инструмента подъемными винтами или поворотом барабана на несколько делений. При выполнении каждого полуприема положение отсчетного барабана должно оставаться неизменным.

В прямом ходе биссектор наводят на штрих рейки ввинчиванием элевационного винта. Отсчитывают по уровню после полного его успокоения.

Ниже приведен пример определения цены деления уровня по рейке.

Для вычисления цены деления уровня суммируют величины в столбцах 10 и 11 (для всех четырех приемов) и находят

$$\frac{\tau''}{2} = \frac{160 \times 206\,265}{167{,}55 \times 2 \times 50\,210} = 1{,}96'' \text{ и } \tau'' = 3{,}92'' \text{ (на 0,8 мм).}$$

Для хороших уровней расхождения между значениями цены деления на 2 мм, определенными на экзаменаторе и при помощи рейки, не превышают 0,2—0,3″.

Пример определения цены деления уровня по рейке

Нивелир НБ № 9874

На шкале уровня 22 деления, подпись делений от 0 до 22. Нуль делений со стороны объектива

Расстояние до рейки 50,21 м 11 мая 1973 г. 15 ч 00 мин

Наблюдатель *В. А. Лазаренко*

№ приема	$t°$ воздуха	Длина пузырька уровня (мм)	Отсчет по рейке	Отсчеты по уровню				п — л			Расстояние по рейке ($^1/_2$ мм)	Число полуделений уровня
				прямой ход		обратный ход		прямой ход	обратный ход	среднее		
				л	п	л	п					
1	2	3	4	5		6		7	8	9	10	11
1	+12,4	70,4	34,7	3,7	16,7	3,6	16,8	+13,0	+13,2	+13,10	10	10,45
			34,8	8,9	11,5	8,9	11,6	+2,6	+2,7	+2,65	10	10,60
			34,9	14,2	6,3	14,2	6,2	−7,9	−8,0	−7,95		
	+12,7	70,4	34,7	3,2	16,3	3,4	16,3	+13,1	+12,9	+13,00	10	10,35
			34,8	8,4	11,1	8,4	11,0	+2,7	+2,6	+2,65	10	10,65
			34,9	13,8	5,8	13,8	5,8	−8,0	−8,0	−8,00		
	+12,6	70,5										

Три последующих приема не приводятся. Сумма из четырех приемов 160 167,55

Определение по рейке ошибки совмещения изображений концов пузырька уровня

Определить $m_{сов}$ при помощи рейки можно только косвенным путем. Непосредственно определяют средние квадратические ошибки взгляда $m_{взг}$ и наведения биссектора нитей $m_{нав}$. Ошибку совмещения $m_{сов}$ вычисляют по формуле

$$m_{сов} = \pm \sqrt{m^2_{взг} - m^2_{нав}}.$$

Ошибки $m_{взг}$ и $m_{нав}$ определяют из девяти приемов при расстоянии до рейки 50 м и разной температуре воздуха. При каждой температуре выполняют по три приема определения ошибок. Прием включает 10 отдельных определений.

Между приемами изменяют высоту инструмента. Прием выполняют в следующем порядке.

Точно совместив изображения концов пузырька уровня, производят 10 отсчетов по барабану при наведениях биссектора на ближний штрих рейки. Затем опять делают 10 отсчетов, но перед каждым наведением биссектора на штрих рейки элевационный винт и отсчетный барабан отводят на $^1/_4$ оборота. Первые 10 отсчетов служат для определения $m_{нав}$, а вторые — $m_{взг}$.

Наведения биссектора нитей на штрих и совмещение концов пузырька уровня можно выполнять как ввинчиванием, так и вывинчиванием барабана и элевационного винта.

Ниже приведен пример определения $m_{сов}$ при помощи рейки.

Нивелир НБ № 9874

I прием; $t = +6{,}2°$; $d = 50$ м; длина пузырька уровня 71,1 мм.
Наблюдатель *К. И. Ефремов* 8 мая 1973 г.

№ п/п	Отсчет по барабану	v_1	v_1^2	Отсчет по барабану	v_2	v_2^2
1	35,9	—0,47	0,2209	35,0	—2,52	6,3504
2	37,1	+0,73	0,5329	38,3	+0,78	0,6084
3	37,2	+0,83	0,6889	36,1	—1,42	2,0164
4	36,8	+0,43	0,1849	38,4	+0,88	0,7744
5	35,0	—1,37	1,8769	38,8	+1,28	1,6384
6	37,2	+0,83	0,6889	39,0	+1,48	2,1904
7	36,4	+0,03	0,0009	38,2	+0,68	0,4624
8	37,4	+1,03	1,0609	37,4	—0,12	0,0144
9	35,8	—0,57	0,3249	36,0	—1,52	2,3104
10	34,9	—1,47	2,1609	38,0	0,48	0,2304
	36,37	0,00	7,7410	37,52	0,00	16,5960

$$m'_{нав} = \pm \sqrt{\frac{\Sigma v_1^2}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{7{,}7410}{9}} = \pm 0{,}93;$$

$$m'_{взг} = \pm \sqrt{\frac{16{,}5960}{9}} = \pm 1{,}36;$$

$$m'_{сов} = \pm \sqrt{m^2_{взг} - m^2_{нав}} = \pm \sqrt{1{,}36^2 - 0{,}93^2} = \pm 0{,}99 \text{ дел. барабана.}$$

Сводка полученных результатов

Прием	Температура воздуха	Длина пузырька	$m'_{сов}$
I	+6,2°	71,1	±0,99
II	6,5	71,1	0,99
III	6,9	71,0	0,95
IV	13,7	70,6	1,03
V	13,2	70,6	0,97
VI	12,8	70,6	1,01
VII	18,7	70,1	1,04
VIII	18,9	70,0	1,06
IX	19,4	70,0	1,02
			Ср. ± 1,01

$$m_{сов} = \pm 1{,}01 \text{ деления барабана;}$$

$$m_{сов} = \pm \frac{1{,}01 \times 0{,}05 \times 206\,265}{50\,000} = \pm 0{,}21''.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ МЕХАНИЗМА, НАКЛОНЯЮЩЕГО ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНУЮ ПЛАСТИНКУ, И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНЫ ДЕЛЕНИЯ ОТСЧЕТНОГО БАРАБАНА

Лабораторные исследования

На подставке, снабженной уровнем, укрепляют специальную шкалу с 30—40 подписанными штрихами толщиной 0,1 мм, расстояние между осями которых 0,7—0,8 мм.

До начала исследований шкалу компарируют на инструментальном микроскопе. Расстояния между осями смежных штрихов определяют с ошибкой не более ±0,007 мм.

Нивелир и подставку со шкалой устанавливают на устойчивых основаниях, на расстоянии 7—10 м один от другого.

Исследование состоит из шести приемов. Прием включает прямой и обратный ходы наблюдений и выполняется в следующем порядке.

Тщательно совместив изображения концов пузырька уровня, наводят биссектор ввинчиванием барабана последовательно на 7—8 штрихов шкалы, записывают каждый раз номер и отсчет по барабану (с точностью до 0,1 доли деления). При этом барабан пройдет почти полный оборот. Затем вывинчиванием барабана

наводят биссектор на те же штрихи, но в обратной последовательности и записывают отсчеты по барабану. В начале и конце исследования измеряют температуру воздуха.

Обработка материалов исследования состоит в следующем. По результатам компарирования шкалы вычисляют величины интервалов b (в миллиметрах) между осями смежных штрихов, которые наблюдали при исследовании. Величины этих же интервалов находят как разности отсчетов по барабану a, т. е. в делениях барабана. Разделив b на a, получают значения цены деления барабана (в миллиметрах) для соответствующих его частей (для разных углов наклона пластинки). Далее составляют разности отсчетов по барабану при наведении биссектора на каждый штрих в прямом и обратном ходах. Так обрабатывают отдельно каждый прием, а затем находят среднее из шести приемов. Ниже приведен пример лабораторного исследования нивелира НБ.

Нивелир НБ № 9874

Длина визирного луча 10 м — $t_{нач} = +18{,}5°$; $t_{кон} = +18{,}8°$

Наблюдатель *К. И. Ефремов* — 15 апреля 1973 г.

№ приема	Подпись штриха шкалы	Отсчеты по барабану			Разность «ввинчивание» минус «вывинчивание»	Интервал между штрихами шкалы		Цена деления барабана (мм)
		при ввинчивании	при вывинчивании	среднее		в делениях барабана a	по результатам компарирования b (мм)	
1	19,5	3,2	3,2	3,20	0,0			
	19,4	17,4	17,1	17,25	+0,3	14,05	0,730	0,0520
	19,3	32,0	31,2	31,60	+0,8	14,35	0,729	0,0508
	19,2	46,7	46,1	46,40	+0,6	14,80	0,736	0,0497
	19,1	61,4	61,1	61,25	+0,3	14,85	0,731	0,0492
	19,0	76,1	75,6	75,85	+0,5	14,60	0,720	0,0493
	18,9	90,7	90,4	90,55	+0,3	14,70	0,751	0,0511
	18,8	104,7	104,6	104,65	+0,1	14,10	0,723	0,0513
								Ср. 0,0505

Остальные пять приемов не приводятся.
Между приемами изменяют положение нивелира по высоте.

Средние значения цены деления барабана (в мм) на различных его частях из шести приемов следующие:

Часть барабана	Цена деления
0— 17	0,0518
17— 32	0,0504
32— 47	0,0491
47— 62	0,0490
62— 77	0,0499
77— 92	0,0509
92—105	0,0524
	Ср. 0,0505

Если значения цены деления на различных частях барабана отличаются от среднего значения более чем на 0,0025 мм, то нивелир нуждается в заводской юстировке.

Далее оценивают работу механизма, наклоняющего плоскопараллельную пластинку. Для этого подсчитывают число положительных и отрицательных разностей отсчетов, сделанных при вращении барабана в различных направлениях, а также вычисляют среднюю величину этой разности. Если эта величина не превышает одного деления барабана, то качество работы механизма удовлетворительное и при нивелировании биссектор можно наводить на штрихи рейки вращением барабана в любую сторону.

Полевые исследования

Для исследований необходима шкала, имеющая 8—10 подписанных штрихов толщиной 1 мм, с расстоянием между осями 4 мм. До начала и по окончании исследований шкалу компарируют при помощи контрольной линейки. Ошибка определения расстояний между осями смежных штрихов не должна превышать ± 0,05 мм.

Исследование выполняют следующим образом.

Нивелирную рейку с прикрепленной к ней шкалой последовательно устанавливают на костыли, заранее забитые на расстояниях 30, 50 и 70 м от нивелира, и определяют величину смещения визирного луча, соответствующего одному делению шкалы. Один прием наблюдений состоит из прямого и обратного ходов. В прямом ходе при совмещенных изображениях концов пузырька уровня биссектор наводят ввинчиванием барабана на два смежных штриха, записывают их номера и делают отсчеты по барабану. В обратном ходе вывинчиванием барабана наблюдают те же штрихи, но в обратном порядке. При каждом из указанных расстояний делают по восемь приемов, причем через каждые два приема шкалу немного смещают. Перед началом и в конце наблюдений измеряют температуру воздуха около инструмента.

Цену деления барабана получают как частное от деления величины интервала между данными штрихами, определенной из компарирования и выраженной в миллиметрах, на разность средних отсчетов по барабану, сделанных при наблюдении этих двух штрихов. Для каждого расстояния вычисляют среднее значение цены деления барабана.

По сходимости средних значений цены деления барабана, определенных практически при одной и той же температуре, судят о постоянстве цены деления при различных расстояниях от нивелира до рейки.

Для получения показателей, характеризующих постоянство цены деления барабана при изменении температуры воздуха, указанные исследования выполняют при трех температурах, различающихся примерно на 8—10°.

Температуры для исследования выбирают (например, 5, 15 и 25° и 15, 25 и 35°) в зависимости от условий, при которых данный нивелир предполагается использовать. Ниже приведен пример полевого исследования нивелира НБ.

Нивелир НБ № 9874

Расстояние до рейки 50 м $t_{нач} = +7{,}8°$; $t_{кон} = +8{,}2°$

Наблюдатель *К. И. Ефремов* 7 мая 1973 г.

№ приема	№ штриха	Отсчеты по барабану			Интервалы между штрихами рейки		Цена деления барабана (мм)
		при ввинчивании	при вывинчивании	среднее	в делениях барабана	по результатам компарирования (мм)	
1	11	6,2	4,2	5,20			
	10	84,0	85,7	84,85	79,65	4,010	0,0503
2	11	5,0	3,8	4,40			
	10	84,1	83,8	83,95	79,55	4,010	0,0504
3	12	12,8	11,6	12,20			
	11	91,9	93,0	92,45	80,25	4,018	0,0501
4	12	14,3	14,2	14,25			
	11	94,4	95,0	94,70	80,45	4,018	0,0499
5	14	5,1	4,4	4,75			
	13	85,7	84,8	85,25	80,50	3,982	0,0495
6	14	4,9	5,7	5,30			
	13	85,8	86,2	86,00	80,70	3,982	0,0493
7	16	9,6	8,7	9,15			
	15	88,4	88,6	88,50	79,35	3,987	0,0502
8	16	11,5	9,8	10,65			
	15	89,2	89,6	89,40	78,75	3,987	0,0506
							Ср. 0,0500

Для остальных расстояний до рейки результаты не приводятся.

По результатам всех исследований составляют сводную таблицу и вычисляют среднее значение цены деления барабана.

Дата	$t°$ воздуха	Цена деления барабана (мм) при расстояниях (м)		
		30	50	70
7 мая	8	0,0496	0,0500	0,0502
2 июня	19	488	485	495
7 июня	28	498	494	486
				Ср. 0,0494

Если цена деления барабана отличается в зависимости от расстояния или температуры более чем на 0,0025 мм от среднего значения, то нивелир нуждается в заводской юстировке.

Лабораторные и полевые исследования выполняют в полном объеме только лаборатории. Наблюдатель определяет лишь цену деления барабана при расстояниях до рейки 30 и 50 м.

При исследовании нивелиров НПГ, НА-1, Ni004 и им равноценных во время полевых работ можно ограничиться расстоянием до рейки только 50 м.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ДАЛЬНОМЕРА И АСИММЕТРИИ НИТЕЙ

Коэффициент дальномера должен быть известен с ошибкой, меньшей 0,6%.

Если величина асимметрии нитей $a = (c - в) - (н - c)$ (где $в$, c, $н$ — соответственно отсчеты по верхней, средней и нижней дальномерным нитям) при расстоянии до рейки 50 м менее ± 1,4 мм, то с ней можно не считаться.

Коэффициент дальномера вычисляют по формуле

$$K = \frac{D - C}{l},$$

где K — коэффициент дальномера,

D — расстояние от нивелира до рейки,

l — разность отсчетов по верхней и нижней дальномерным нитям,

C — постоянная дальномера, равная для нивелира НБ 350 мм, Н1 — 230 мм.

Для нивелиров НА-1 и Ni 004 постоянная C мала, поэтому

$$K = \frac{D}{l}.$$

Для определения коэффициента дальномера и асимметрии нитей выбирают ровную площадку. От точки A, отмеченной колышком, тщательно измеряют лентой или стальной рулеткой расстояние длиной около 50 м. В конце измеренной линии забивают рядом два кола, причем торец одного выше другого на 15—20 см. Над точкой A устанавливают нивелир, а на один из кольев — рейку.

Приведя ось вращения нивелира в отвесное положение и совместив изображения концов пузырька уровня, отсчитывают по трем нитям. Затем отсчитывают еще четыре раза, смещая перед каждым отсчетом пузырек на 3—4 деления и выжидая полного его успокоения. Переставляют рейку на второй кол и повторяют все измерения в том же порядке.

Вместо использования второго кола можно менять высоту инструмента в точке A.

Результаты измерения используют одновременно для определения коэффициента дальномера K и асимметрии нитей a. Ниже

приведен пример определения K и a ($D = 50\,000$ мм, $C = 350$ мм, $l = 499{,}25$ мм).

$$K = \frac{(50\,000 - 350)}{499{,}25} = 99{,}4.$$

Среднюю квадратическую ошибку определения K вычисляют по формулам

$$m_l = \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{n-1}}; \quad m_k = \pm \frac{D-C}{l^2} m_l,$$

где m_k — искомая ошибка,

m_l — ошибка величины l,

v — отклонения отдельных значений l от среднего из них,

n — число измерений l.

Для приведенного примера

$$m_l = \sqrt{\frac{18{,}5}{9}} \pm = 1{,}4 \text{ дел.} = \pm 0{,}7 \text{ мм},$$

$$m_k = \frac{(50\,000 - 350)\,0{,}7}{(499)^2} = \pm 0{,}14 \ (0{,}14\%).$$

При вычислении длин секций, пройденных с нивелирами НБ и Н1, надо учитывать постоянную C и пользоваться формулой

$$r = K\Sigma (l_в + l_н) + 2nC,$$

где n — число станций в секции, а l — разность по дальномерным нитям при взгляде на соответствующую рейку.

Ниже приведен пример определения коэффициента дальномера и асимметрии нитей.

Нивелир НБ № 9874

5 июня 1973 г. Наблюдатель *В. Н. Королев*

$t° = +14{,}6°$

Время 7 ч 10 мин

Место установки рейки	Положение пузырька уровня	Отсчеты по нитям в, с, н	$\frac{в+н}{2}$	$\frac{с-в}{н-с}$	a (в полумиллиметрах)	$l = (н-в)$ (в полумиллиметрах)
	На середине	2448		499		
		2947	2948		—1	999
		3447		500		
	Смещен к окуляру	2442		498		
		2940	2940		—1	997
		3439		499		
Кол № 1	Смещен к окуляру	2437		498		
		2935	2936		—2	998
		3435		500		
	Смещен к объективу	2455		499		
		2954	2955		—2	1000
		3455		501		
	Смещен к объективу	2466		499		
		2965	2966		—1	999
		3465		500		

Место установки рейки	Положение пузырька уровня	Отсчеты по нитям $в$, $с$, $н$	$\frac{в+н}{2}$	$с-в$ / $н-с$	a (в полумиллиметрах)	$l=(н-в)$ (в полумиллиметрах)
	На середине	2012		498		
		2510	2510		0	996
		3008		498		
	Смещен к окуляру	2003		498		
		2501	2502		—2	998
		3001		500		
Кол № 2	Смещен к окуляру	1995		498		
		2493	2494		—2	998
		2993		500		
	Смещен к объективу	2020		499		
		2519	2520		—3	1001
		3021		502		
	Смещен к объективу	2027		499		
		2526	2526		—1	999
		3026		500		
					Ср. —1,50	998,5

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

ИССЛЕДОВАНИЕ НА ЭКЗАМЕНАТОРЕ РАБОТЫ ЭЛЕВАЦИОННОГО ВИНТА

При исследовании выясняют: плавно ли наклоняет элевационный винт зрительную трубу, нет ли существенного различия в его работе при ввинчивании и вывинчивании, а также определяют цену оборота и цену деления элевационного винта.

Исследование проводят после того, как установлено, что кривизна внутренней поверхности ампулы цилиндрического уровня правильная.

Подготовка к исследованию работы элевационного винта такая же, как и к исследованию уровня.

Исследование состоит из двух приемов: в первом приеме объектив трубы обращен к измерительному винту экзаменатора, во втором приеме к этому винту обращен окуляр трубы. Элевационный винт вывинчивают до крайнего положения (нулевой оборот), а измерительный винт экзаменатора ставят на отсчет по шкале, близкий к 10 оборотам. Совместив изображения концов пузырька цилиндрического уровня при помощи подъемных винтов нивелира и окончательно при помощи измерительного винта экзаменатора, отсчитывают по шкале последнего. Элевационный винт поворачивают ввинчиванием точно на один оборот. Ввинчиванием измерительного винта экзаменатора возвращают пузырек уровня на середину и, точно совместив его концы, снова отсчитывают по шкале измерительного винта. Так поступают до

Нивелир НБ № 9874

Экзаменатор *НИЭМ*, шкала винта имеет 180 делений, цена деления 1″

Наблюдатель *В. Н. Королев* 28 мая 1973 г.

Число оборотов элевационного винта	I прием (объектив к винту экзаменатора)				II прием (окуляр к винту экзаменатора)				Среднее		$\tau'_{ср} - \tau''_{ср}$
	прямо		обратно		прямо		обратно		прямо $\tau'_{ср}$	обратно $\tau''_{ср}$	
	отсчет по винту экзаменатора	τ_1	отсчет по винту экзаменатора	τ_1	отсчет по винту экзаменатора	τ_2	отсчет по винту экзаменатора	τ_2			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	$10^{об}$ 98,1	124,7	$10^{об}$ 101,2	131,0	$9^{об}$ 17,8	124,9	$9^{об}$ 6,9	130,8	124″,8	130″,9	−6″,1
1	11 42,8	125,0	11 52,2	130,1	8 72,9	125,4	8 56,1	130,1	125,2	130,1	−4,9
2	11 167,8	124,1	12 02,3	124,2	7 127,5	124,4	7 106,0	125,0	124,2	124,6	−0,4
3	12 111,9	125,4	12 126,5	125,3	7 3,1	125,9	6 161,0	125,5	125,6	125,4	+0,2
4	13 57,3	125,7	13 71,8	125,6	6 57,2	125,2	6 35,5	126,6	125,4	126,1	−0,7
5	14 3,0	126,2	14 17,4	126,1	5 112,0	126,4	5 88,9	126,4	126,3	126,2	+0,1
6	15 129,2	126,4	14 143,5	119,0	4 165,6	127,1	4 142,5	119,8	126,8	119,4	+7,4
7	15 75,6	126,0	15 82,5	118,1	4 38,5	126,1	4 22,7	117,6	126,0	117,8	+8,2
8	16 21,6		16 20,6		3 92,4		3 85,1				
								Ср.	125,5″	125,1″	

Среднее значение цены оборота элевационного винта $\tau = 125{,}3''$

тех пор, пока элевационный винт окажется ввинченным до конца, т. е. будет установлен на последний оборот (обычно элевационный винт имеет 8—9 оборотов).

Переходя к обратному ходу, измерительный винт экзаменатора сначала ввинчивают на 10—30 делений, а затем вывинчиванием его совмещают концы пузырька уровня. Все дальнейшие операции выполняют в таком же порядке, как и в прямом ходе, но элевационный и измерительный винты поворачивают каждый раз вывинчиванием.

Во втором приеме порядок наблюдений остается тот же, что и в первом приеме, но, поскольку труба повернута на 180°, элевационный и измерительный винты вращают в противоположные стороны: в прямом ходе элевационный винт ввинчивают, а измерительный вывинчивают, в обратном ходе — наоборот.

Цену наименьшего деления элевационного винта подсчитывают по формуле

$$\mu = \frac{\tau''}{n},$$

где $n = 10$ (число делений элевационного винта).

Существенные различия в результатах при ввинчивании и вывинчивании элевационного винта, особенно на средних оборотах, указывают либо на недостатки в работе возвратной пружины, либо на неудовлетворительную сборку и юстировку механизма, наклоняющего трубу. Эти недостатки могут увеличить ошибку совмещения, поэтому их необходимо устранить.

Если значения цены оборота элевационного винта при ввинчивании или вывинчивании различаются на средних оборотах на 10″ и более, то необходимо совмещать концы пузырька уровня только ввинчиванием элевационного винта.

На стр. 87 приведен пример исследования работы элевационного винта нивелира НБ № 9874.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРАВИЛЬНОСТИ ХОДА ФОКУСИРУЮЩЕЙ ЛИНЗЫ

Исследование выполняют следующим образом. На открытой ровной местности выбирают точку *C* (рис. 19), из которой радиусом 50 м описывают часть окружности. На окружности отмечают точки *A*, *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6* и *7* так, чтобы расстояния *s* от *A* до точек *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6* и *7*, считаемые по хордам, равнялись соответственно 10, 20, 30, 40, 50, 60 и 70 м. На всех точках забивают колья с гвоздями в торцах. Шляпки гвоздей обтачивают на полусферу. Около точек *C* и *A* забивают колья под ножки штатива.

Исследования выполняют в пасмурную погоду. Инструмент выносят из помещения за 2—3 часа до начала исследований. Перед исследованием нивелир тщательно выверяют и добиваются, чтобы угол *i* был близок к нулю.

Нивелир устанавливают в точке *C* и, не меняя фокусировку трубы, производят отсчеты по рейке, устанавливаемой на точках

A, *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6* и *7*, последовательно сначала в прямом, а затем в обратном порядке. Эти действия составляют один прием. Таких приемов выполняют подряд три, изменяя от приема к приему высоту инструмента.

Нивелир устанавливают в точке *A* и, изменяя фокусировку трубы, производят отсчеты по той же рейке, устанавливаемой на точках *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6* и *7*, последовательно сначала в прямом, а затем в обратном порядке. Перечисленные действия составляют один прием. Таких приемов делают три, изменяя от приема к приему высоту инструмента.

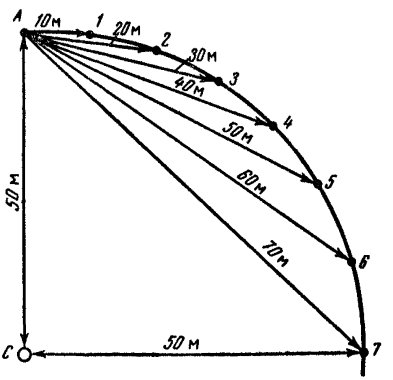


Рис. 19. Схема размещения нивелира и рейки

Обработку наблюдений выполняют в следующем порядке:

а) по наблюдениям из точки *C* вычисляют средние значения из шести отсчетов по рейке в точках *A*, *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6* и *7*; по средним отсчетам вычисляют превышения u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7 точек *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6*, *7* над точкой *A*;

б) по наблюдениям из точки *A* вычисляют средние значения m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_6, m_7 из шести отсчетов по рейке в точках *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6*, *7*;

в) вычисляют значения горизонта инструмента в точке *A*

$$h_1 = m_1 + u_1$$
$$h_2 = m_2 + u_2$$
$$\cdots\cdots$$
$$h_7 = m_7 + u_7.$$

среднее значение горизонта

$$h_m = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + \ldots\ldots\ldots + h_7}{7}$$

и уклонения отдельных значений горизонта от среднего

$$\Delta_1 = h_1 - h_m$$
$$\Delta_2 = h_2 - h_m$$
$$\cdots\cdots$$
$$\Delta_7 = h_7 - h_m;$$

г) составляют уравнения погрешностей вида

$$-ks_1 - q + \Delta_1 = v_1$$
$$-ks_2 - q + \Delta_2 = v_2$$
$$\cdots\cdots\cdots$$
$$-ks_7 - q + \Delta_7 = v_7$$

и нормальные уравнения вида

$$k\Sigma s^2 + q\Sigma s - \Sigma s\Delta = 0,$$

$$k\Sigma s + 7q - \Sigma\Delta = 0,$$

из которых вычисляют неизвестные k и q, а затем v.

В уравнениях приняты обозначения:

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

$s_1, s_2, \ldots, s_7$ — расстояния от точки A до точек *1*, *2*, *3*, ..., *7*,

q — разность горизонтов нивелира при двух его постановках,

$v_1, v_2, \ldots, v_7$ — величины, характеризующие неправильность хода фокусирующей линзы.

Если ни одна из величин v не превышает $\pm 0{,}5$ мм, то инструмент пригоден для нивелирования через препятствия.

Пример наблюдений и вычислений приведен ниже.

Нивелир НБ № 9874

Наблюдатель *И. И. Аптин* 28 мая 1973 г.

а) Нивелир в точке *C*

№ точек	I прием		II прием		III прием		Среднее из 3 приемов в делениях рейки	u в делениях рейки	u (мм)
	прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно			
A	29,6624	29,6643	32,0110	32,0105	31,1404	31,1420	30,9384		
1	28,1338	28,1334	30,4794	30,4757	29,6100	29,6116	29,4073	+1,5311	+ 76,56
2	28,2942	28,2949	30,6504	30,6429	29,7697	29,7728	29,5708	+1,3676	+ 68,38
3	28,9281	28,9275	31,2748	31,2753	30,3933	30,3990	30,1997	+0,7387	+ 36,94
4	27,9273	27,9275	30,2766	30,2757	29,4026	29,3993	29,2015	+1,7369	+ 86,84
5	26,3772	26,3762	28,7294	28,7293	27,8514	27,8514	27,6525	+3,2859	+164,30
6	26,2125	26,2130	28,5695	28,5675	27,6798	27,6827	27,4875	+3,4509	+172,54
7	27,0658	27,0663	29,4257	29,4260	28,5440	28,5453	28,3455	+2,5929	+129,64

б) Нивелир в точке A

№ точек	I прием		II прием		III прием		Среднее из 3 приемов в делениях рейки	Среднее из 3 приемов m (мм)	$h = m + u$ (мм)	$\Delta = h - h_m$
	прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно				
1	27,9974	27,9977	29,1582	29,1574	28,7202	28,7247	28,6259	1431,30	1507,86	—1,91
2	28,1808	28,1809	29,3353	29,3363	28,9003	28,9015	28,8058	1440,29	1508,67	—1,10
3	28,8189	28,8207	29,9734	29,9765	29,5427	29,5434	29,4459	1472,30	1509,24	—0,53
4	27,8372	27,8366	28,9890	28,9882	28,5484	28,5470	28,4577	1422,88	1509,72	—0,05
5	26,2990	26,2992	27,4545	27,4514	27,0146	27,0107	26,9216	1346,08	1510,38	+0,61
6	26,1508	26,1512	27,3023	27,3049	26,8565	26,8584	26,7707	1338,54	1511,08	+1,31
7	27,0216	27,0209	28,1710	28,1676	27,7193	27,7186	27,6365	1381,82	1511,46	+1,69
									$h_m =$ =1509,77	$\Sigma =$ =+0,02

Уравнения погрешностей

$$
\begin{aligned}
-10k - q - 1{,}91 &= v_1\\
-20k - q - 1{,}10 &= v_2\\
-30k - q - 0{,}53 &= v_3\\
-40k - q - 0{,}05 &= v_4\\
-50k - q + 0{,}61 &= v_5\\
-60k - q + 1{,}31 &= v_6\\
-70k - q + 1{,}69 &= v_7
\end{aligned}
$$

Нормальные уравнения

$$
\begin{aligned}
14000k + 280q - 168{,}40 &= 0\\
280k + 7q - 0{,}02 &= 0
\end{aligned}
$$

Решение: $k = +0{,}06$

$q = -2{,}39$

Вычисление v

$$
\begin{aligned}
v_1 &= -0{,}60 + 2{,}39 - 1{,}91 = -0{,}12\\
v_2 &= -1{,}20 + 2{,}39 - 1{,}10 = +0{,}09\\
v_3 &= -1{,}80 + 2{,}39 - 0{,}53 = +0{,}06\\
v_4 &= -2{,}40 + 2{,}39 - 0{,}05 = -0{,}06\\
v_5 &= -3{,}00 + 2{,}39 + 0{,}61 = 0{,}00\\
v_6 &= -3{,}60 + 2{,}39 + 1{,}31 = +0{,}10\\
v_7 &= -4{,}20 + 2{,}39 + 1{,}69 = -0{,}12
\end{aligned}
$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

ПРОЛОЖЕНИЕ КОНТРОЛЬНОГО ХОДА

После лабораторного исследования нового инструмента выполняют контрольное нивелирование по замкнутому ходу длиной 5—6 км, закрепленному через 1 км надежными временными реперами.

Работу выполняют в прямом и обратном направлениях по методике нивелирования того класса, для которого предназначен инструмент.

Результаты нивелирования на станциях, по секциям между реперами и по замкнутому полигону должны соответствовать требованиям настоящей Инструкции.

В процессе нивелирования выявляют неисправности инструмента и недостатки в работе его отдельных частей. Особое внимание обращают на постоянство угла i, который определяют ежедневно в начале и конце работы.

Перед началом полевых работ замеченные неисправности в работе инструмента должны быть устранены.

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

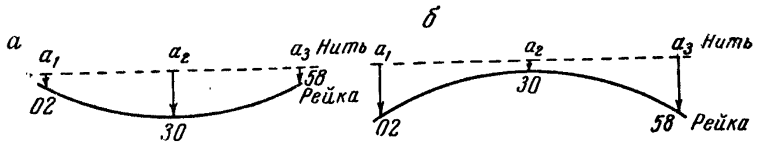
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОГИБА РЕЙКИ

Рейку укладывают горизонтально на боковое ребро и между ее концами натягивают тонкую нить. При помощи линейки измеряют расстояния a_1, a_2, a_3 от нити до инварной полосы около делений 02, 30, 58 (рис. 20 *а*, *б*).

Прогиб инварной рейки, вычисляемый как $a_2 - \frac{a_1 + a_3}{2}$ должен быть менее 5 мм.

Если во время работы прогиб стал более 5 мм, то при перерывах рейку укладывают на упоры, как показано на рис. 20 *в*, *г*.

Прогиб шашечных реек определяют аналогично и допускают до 10 мм.



$a_1 = 7$ мм
$a_2 = 15$ мм
$a_3 = 6$ мм

$a_2 - \frac{a_1 + a_3}{2} = +8{,}5$ мм

$a_1 = 7$ мм
$a_2 = 1$ мм
$a_3 = 7$ мм

$a_2 = \frac{a_1 + a_3}{2} = -6$ мм

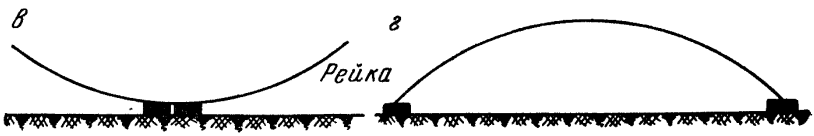


Рис. 20.

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

ПОВЕРКА ПРАВИЛЬНОСТИ НАНЕСЕНИЯ ДЕЦИМЕТРОВЫХ ДЕЛЕНИЙ ШКАЛ РЕЙКИ

Поверку выполняют контрольной линейкой по частям 02—10, 10—30, 30—50, 50—58 основной шкалы и 60—70, 70—90, 90—110, 110—118 дополнительной шкалы.

Измерения дециметровых интервалов каждой части производят дважды. Перед первым измерением нуль шкалы контрольной линейки совмещают с начальным штрихом части рейки, а перед вторым измерением контрольную линейку немного сдвигают.

Температуру контрольной линейки отсчитывают перед каждым измерением части рейки.

Пример записи результатов и обработки измерений приведен ниже.

Ошибки дециметровых делений шкал реек для нивелирования I класса допускают ± 0,10 мм, для нивелирования II класса — ± 0,20 мм; у реек для нивелирования в северных и северо-восточных районах ошибки допускают соответственно ± 0,05 и ± 0,10 мм.

Поверка правильности нанесения дециметровых делений рейки № 5615
Контрольная линейка № 362 20 апреля 1973 г.

$L = 1000$ мм $- 0{,}12$ мм $+ 0{,}018\ (t° - 15{,}7°)$ мм

Наблюдатель *В. А. Федоров* Основная шкала

№ полудециметровых делений	Измерение (см) I	Измерение (см) II	Среднее (см)	Среднее, приведенное к начальному штриху части	Общая поправка за длину и температуру линейки	Исправленная длина (см)	Ошибки дециметровых делений	Температура контрольной линейки
2	0,000	0,024	0,012	0,000	0	0,000	0	25°,0
4	10,002	10,024	10,013	10,001	+1	10,002	+2	25°,2
6	19,996	20,020	20,008	19,996	+1	19,997	−3	
8	30,006	30,028	30,017	30,005	+2	30,007	+7	
10	40,000	40,020	40,010	39,998	+2	40,000	0	
10	0,000	0,046	0,023	0,000	0	0,000	0	25°,2
12	10,004	10,048	10,026	10,003	+1	10,004	+4	25°,2
14	20,004	20,052	20,028	20,005	+1	20,006	+6	
16	29,994	30,036	30,015	29,992	+2	29,994	−6	
18	39,996	40,040	40,018	39,995	+2	39,997	−3	
20	50,002	50,044	50,023	50,000	+3	50,003	+3	
22	59,994	60,040	60,017	59,994	+3	59,997	−3	
24	70,000	70,048	70,024	70,001	+4	70,005	+5	
26	80,002	80,046	80,024	80,001	+4	80,005	+5	
28	89,992	90,040	90,016	89,993	+5	89,998	−2	
30	100,002	100,046	100,024	100,001	+5	100,006	+6	

ПРИЛОЖЕНИЕ 13

ПОВЕРКА ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОСТИ ПЛОСКОСТИ ПЯТКИ РЕЙКИ К ОСИ РЕЙКИ И СОВПАДЕНИЯ ПЛОСКОСТИ ПЯТКИ С НУЛЕМ ОСНОВНОЙ ШКАЛЫ

Первую часть поверки выполняют следующим образом.

Забив в 10—30 м от нивелира три костыля, устанавливают последовательно на каждый из них рейку сначала центром пятки, затем ее передним, задним, левым и правым краями, делая каждый раз по три отсчета по основной шкале рейки. Эти действия составляют один прием. Для каждой рейки делают по два приема.

Ниже приведен пример записи и обработки результатов поверки.

Если средние значения разностей $a_1 - a_2$, $a_1 - a_3$, $a_1 - a_4$, $a_1 - a_5$ меньше 0,1 мм, то рейкой можно пользоваться без подпятника.

Вторую часть поверки выполняют, измеряя контрольной линейкой расстояние от плоскости пятки рейки до оси нулевого штриха основной шкалы рейки.

В лабораторных условиях поверку перпендикулярности плоскости пятки рейки к её оси производят следующим образом.

Рейка № 5615

Исследовал *П. С. Суворов* 12 мая 1973 г.

№ приема	№ костыля	№ штриха рейки	Отсчеты по барабану, когда рейка установлена на костыле				
			центром пятки	передним краем	задним краем	левым краем	правым краем
			a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
I	1	24,4	64,6	65,0	65,0	67,1	65,4
			65,4	65,2	66,0	68,6	68,6
			66,2	65,4	64,0	66,4	65,2
	2	Среднее	65,4	65,2	65,0	67,4	66,4
		28,2	11,8	10,6	10,5	10,9	11,6
			11,2	10,2	10,6	9,6	10,0
			9,6	8,8	10,8	11,4	10,2
	3	Среднее	10,9	9,9	10,6	10,6	10,6
		29,0	45,6	43,0	44,9	45,9	44,2
			43,8	42,8	44,0	44,1	43,4
			44,0	44,6	44,8	45,4	42,1
		Среднее	44,5	43,5	44,6	45,1	43,2

Второй прием не приводится.

№ приема	№ костыля	Разности (в делениях барабана)			
		a_1-a_2	a_1-a_3	a_1-a_4	a_1-a_5
I	1	+0,2	+0,4	—2,0	—1,0
	2	+1,0	+0,3	+0,3	+0,3
	3	+1,0	—0,1	—0,6	+1,3
II	1	+0,6	+0,8	—1,2	+0,9
	2	+1,2	+1,0	—0,8	+1,0
	3	+0,6	+0,3	—1,0	+0,2
Среднее		+0,8	+0,3	—0,9	+0,4
Среднее в мм		+0,04	+0,02	—0,04	+0,02

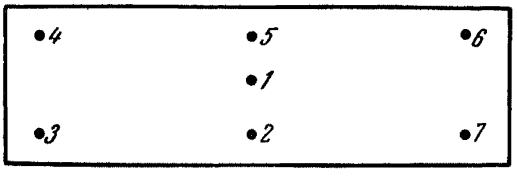


Рис. 21.

В бетонный пол вцементируют стальной стержень со сферической головкой. На головку устанавливают рейку последовательно семью точками пятки, начиная и заканчивая точкой *1* (рис. 21).

При каждой постановке рейки делают три отсчета по основной и дополнительной шкалам. Перечисленные действия составляют один прием. Выполняют по два приема для каждой рейки.

Повторную установку рейки точкой *1* делают для контроля.

В результате определяют:

1) перпендикулярность пятки рейки к ее оси;

2) разность высот нулей основной и дополнительной шкал каждой рейки.

Если обе поверки произведены в лаборатории, то в полевых условиях их не выполняют.

ПРИЛОЖЕНИЕ 14

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗНОСТИ ВЫСОТ НУЛЕЙ ШКАЛ ИНВАРНЫХ РЕЕК

В 20—30 м от нивелира забивают три костыля, на которые поочередно ставят сначала первую рейку, затем вторую, делая при этом по три отсчета по основной и дополнительной шкалам. Эти действия составляют один прием. Всего делают три приема. Между приемами изменяют положение нивелира по высоте на 3—5 см. Порядок записи отсчетов и вычислений приведены ниже.

Определение разности высот нулей шкал инварных реек

Определял *В. Г. Соколов* Рейки № 5615 и 5616

12 мая 1973 г.

№ приема	№ костыля	Отсчеты по рейкам						Разность высот нулей	
		№ 5615			№ 5616				
		основная шкала	дополнит. шкала	разность	основная шкала	дополнит. шкала	разность	основных шкал	дополнительных шкал
1	1	27,153	86,404		27,153	86,401			
		4	5		2	0			
		3	5		2	0			
	Среднее	27,153	86,405	59,252	27,152	86,400	59,248	+1	+5
	2	30,021	89,273		30,021	89,269			
		2	3		1	70			
		1	0		0	70			
	Среднее	30,021	89,272	59,251	30,021	89,270	59,249	0	+2
	3	29,285	88,536		29,282	88,530			
		6	7		4	1			
		4	6		4	2			
	Среднее	29,285	88,536	59,251	29,283	88,531	59,248	+2	+5
	Среднее			59,251			59,248	+1	+4
	Второй и третий приемы не приводятся.								
	Среднее из трех приемов			59,251			59,249	+1	+3

Средняя разность высот нулей шкал комплекта реек № 5615, 5616 + 2 дел. барабана (0,10 мм)

Для определения разности высот нулей основной и дополнительной шкал подвесной рейки ее подвешивают на забитые в стену штифты.

Если число станций по секции нечетное, то в превышение на последней станции вводят поправку за разность высот нулей шкал комплекта реек. В превышение, полученное как отсчет по задней рейке № 5615 минус отсчет по передней № 5616, поправка равна —0,10 мм. Если задней рейкой окажется № 5616, а передней № 5615, то поправка в превышение будет +0,10 мм.

ПРИЛОЖЕНИЕ 15

КОНТРОЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ МЕТРОВЫХ ИНТЕРВАЛОВ ШКАЛ РЕЙКИ

Контрольное определение производят при помощи контрольной линейки.

Метровые интервалы 10—30, 30—50, 70—90, 90—110 на шкалах рейки измеряют дважды сначала в прямом, затем в обратном направлениях. Перед вторым измерением каждого интервала линейку немного сдвигают. Отсчеты производят по внутренним концам шкал реек. Разности отсчетов по правому и левому концам линейки на каждом интервале не должны различаться более чем на 0,1 мм.

Перед началом измерений каждого интервала отсчитывают температуру линейки.

Основная шкала. Рейка № 5616

Контрольная линейка № 456 $L = 1000$ м — 0,12мм ∓ $0{,}018(t° - -15{,}7°)$

Наблюдатель *П. И. Обломов* Дата: 15 августа 1973 г.

Метровый интервал	Температура линейки	Отсчеты по линейке в см		п — л (мм)	Среднее п — л	Общая поправка за длину и температуру линейки	Длина метрового интервала (мм)
		л	п				
Прямой ход							
10 — 30	23°,0	0,004	100,008	1000,04	1000,04	∓ 0,01	1000,05
		0,056	100,060	1000,04			
30 — 50		0,060	100,062	1000,02	1000,03	∓ 0,01	1000,04
	23,1	0,096	100,100	1000,04			
Обратный ход							
30 — 50	23,1	0,016	100,022	1000,06	1000,04	+ 0,01	1000,05
		0,078	100,080	1000,02			
10 — 30		0,012	100,020	1000,08			
	23,3	0,034	100,038	1000,04	1000,06	∓ 0,02	1000,08

Длина метровых интервалов в сантиметрах

10 — 30 100,006

30 — 50 100,004

ПРИЛОЖЕНИЕ 16

ПОВЕРКА ПРАВИЛЬНОСТИ УСТАНОВКИ КРУГЛОГО УРОВНЯ НА РЕЙКЕ

Поверку выполняют при помощи отвеса или по вертикальной нити нивелира.

При первом способе рейку устанавливают в вертикальное положение по отвесу (на рейке) и исправительными винтами уровня перемещают пузырек в центр ампулы.

При втором способе рейку устанавливают отвесно при помощи вертикальной нити нивелира, расположенного в 50—65 м. Сначала рейку ставят плоскостью, а затем ребром к нивелиру, и каждый раз исправительными винтами уровня пузырек перемещают в центр ампулы. Поверку выполняют несколько раз.

ПРИЛОЖЕНИЕ 17

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНЫ ДЕЛЕНИЯ КРУГЛОГО УРОВНЯ ПРИ ПОМОЩИ ТЕОДОЛИТА

На ампуле круглого уровня по разные стороны от центра и на одной линии с ним наносят тушью две точки. Расстояние l между точками измеряют линейкой с точностью 0,1 мм.

Теодолит приводят в рабочее положение, трубу устанавливают приблизительно горизонтально. Исследуемый уровень прикрепляют к трубе сверху так, чтобы при вращении трубы в вертикальной плоскости центр пузырька уровня перемещался по линии между точками через центр ампулы. Это достигается несколькими приближениями.

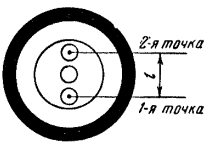


Рис. 22.

Движением трубы в вертикальной плоскости с помощью микрометренного винта совмещают центр пузырька исследуемого уровня сначала с первой точкой, затем со второй, производя каждый раз отсчет по вертикальному кругу. Эти действия составляют один полуприем. Аналогично делают второй полуприем, но совмещения центра пузырька уровня с точками выполняют в обратной очередности. Всего делают два приема.

Разность отсчетов ($\Delta_{ср}$) по вертикальному кругу, произведенных при двух положениях пузырька уровня, является ценой деления круглого уровня на l мм ампулы. Цену деления уровня на 2 мм ампулы вычисляют из пропорции $\tau' = \frac{2 \text{ мм} \times \Delta'_{ср}}{l \text{ мм}}$.

Пример определения цены деления круглого уровня при помощи теодолита

Теодолит ОТ-02 № 11614
2 августа 1972 г.

№ точки	Отсчеты по вертикальному кругу		Среднее	Δ	Δ ср	l
	1-й полуприем	2-й полуприем				
		I прием				
1	89°40′57″	89°40′18″	89°40′38″	28′03″	28′01″	5 мм
2	89 13 02	89 12 08	89 12 35			
		II прием				
1	89 40 38	89 40 14	89 40 26	27′59″		
2	89 12 14	89 12 40	89 12 27			

$$\tau' = \frac{28'01'' \times 2\text{ мм}}{5\text{ мм}} = 11{,}2' \text{ на } 2\text{мм}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 18

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ДАЛЬНОМЕРА

В 75—100 м от нивелира устанавливают рейку и по черной стороне производят отсчеты по дальномерным нитям при трех горизонтах инструмента. Расстояние до рейки измеряют с точностью 0,1 м лентой или рулеткой.

Коэффициент дальномера вычисляют по формуле

$$K = \frac{D}{(н - в)_{ср}},$$

где D — расстояние до рейки в миллиметрах,
$(н - в)_{ср}$ — среднее из разностей отсчетов по нижней и верхней дальномерным нитям в миллиметрах.

Ниже приведен пример определения коэффициента дальномера.

Нивелир НВ № 7541

$D = 75{,}0$ м 3 июня 1973 г.

№ пп.	Отсчеты по дальномерным нитям	к—в
1	в 1001	
	н 1751	750
2	в 1143	
	н 1894	751
3	в 1297	
	н 2046	749
	Среднее	750

$$K = \frac{75\,000}{750} = 100$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 19

ПОВЕРКИ НИВЕЛИРА НВ

1. Перед началом поверок выполняют осмотр нивелира (прил. 3, п. 1).

2. **Поверку круглого уровня** выполняют так же, как поверку установочных уровней нивелиров НБ, НПГ, НА (прил. 3, п. 4).

3. **Поверку плавности вращения верхней части инструмента вокруг вертикальной оси** и смазку вертикальной оси выполняют так же, как у нивелиров НБ, НПГ и НА (прил. 3, п. 3).

4. **Поверку правильности установки сетки нитей** выполняют так же, как у нивелиров НБ, НПГ и НА (прил. 3, п. 5).

5. **Поверку установки цилиндрического контактного уровня** выполняют двойным нивелированием с концов линии длиной около 75 м. На одном конце линии устанавливают нивелир, на другом — рейку. Приводят нивелир в горизонтальное положение, наводят его на рейку, элевационным винтом совмещают изображения концов пузырька уровня и берут отсчет. Затем измеряют высоту инструмента, для чего при помощи рулетки или другой рейки измеряют расстояние от центра окуляра до вершины костыля или кола, заблаговременно забитого под окуляром. Высоту инструмента измеряют с точностью 1 мм.

После этого переносят нивелир на место рейки, а рейку — на место нивелира и выполняют на второй точке такие же измерения, как и на первой точке. Далее вычисляют величину x по формуле

$$x = \frac{a_1 + a_2}{2} - \frac{v_1 + v_2}{2},$$

где a_1, v_1 — соответственно отсчет по рейке и высота инструмента при стоянии его на первой точке;

a_2, v_2 — соответственно отсчет по рейке и высота инструмента при стоянии его на второй точке.

Если оказалось, что x более 4 мм, то при помощи элевационного винта наводят среднюю нить сетки на отсчет по рейке $a'_2 = a_2 - x$ и вертикальными исправительными винтами уровня точно совмещают изображения концов пузырька уровня. Поверку и исправление установки уровня выполняют до тех пор, пока величина x окажется меньше 4 мм.

Поверку можно выполнить также способами, указанными в прил. 3 (п. 6) и 21 (п. 2).

ПРИЛОЖЕНИЕ 20

ПОВЕРКИ НИВЕЛИРА НГ

1. Перед началом поверок выполняют осмотр нивелира (прил. 3, п.1).

2. **Поверка установки призм уровня.** Нивелир устанавливают в горизонтальное положение по выверенному цилиндрическому уровню. Если при этом изображения концов пузырька уровня не совпадают или не образуют дуги окружности или, наконец, совпадающие концы не находятся в середине поля зрения, то необходимо в лабораторных условиях исправить установку призм.

3. **Поверку перпендикулярности оси цилиндрического уровня к оси вращения инструмента** выполняют так же, как поверку установочных уровней нивелиров (прил. 3, п. 4).

4. **Поверка правильности установки сетки нитей.** Установив нивелир в горизонтальное положение, наводят среднюю нить трубы на какую-либо точку и, медленно вращая трубу наводящим винтом, следят, не сходит ли средняя горизонтальная нить сетки с этой точки. Исправление достигается поворотом оправы сетки нитей в плоскости, перпендикулярной к визирной оси.

5. **Поверку установки линии визирования** выполняют двойным нивелированием (прил. 19, п. 5), а также способами, указанными в прил. 3 (п. 6). Исправляют вертикальными исправительными винтами оправы сетки нитей, с помощью которых среднюю нить сетки наводят на отсчет по рейке $a'_2 = a_2 - x$.

6. **Поверка круглого уровня.** Нивелир приводят в горизонтальное положение при помощи выверенного цилиндрического уровня. Исправительными винтами оправы круглого уровня пузырек совмещают с серединой ампулы.

ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ НИВЕЛИРОВ С КОМПЕНСАТОРОМ

1. Поверку установочного круглого уровня производят ежедневно. Отклонение пузырька уровня от нульпункта при повороте на 180° не должно быть более 0,2—0,3 мм.

2. Определение и устранение ошибки в установке линии визирования выполняют следующим образом.

Нивелир устанавливают точно на середине и в створе между двумя рейками, отстоящими одна от другой на 50—80 м, и производят отсчеты a_1 по задней рейке и b_1 по передней.

Затем нивелир устанавливают за передней рейкой на расстоянии 3—5 м от нее и производят отсчеты a_2 по дальней рейке и b_2 по ближней.

Предвычисленный отсчет по дальней рейке $a_2' = (a_1 - b_1) + b_2$ не должен отличаться от фактического отсчета a_2 более чем на 4 мм. В противном случае сетку нитей зрительной трубы с помощью исправительных винтов перемещают так, чтобы отсчет a_2 стал равен a_2'. Поверку повторяют после каждого исправления.

3. Для определения ошибки недокомпенсации инструмент, предназначенный для нивелирования II класса, устанавливают точно на середине в створе между рейками, отстоящими одна от другой на 100 м.

Определяют значения превышения на станции поочередно при положениях круглого уровня, показанных на рис. 23. Выполняют пять приемов таких определений.

Если средние значения превышения, полученные при положениях круглого уровня II и III, IV и V, отличаются от среднего при положении уровня I более чем на 1 мм, то инструмент нуждается в заводской юстировке и не может быть использован для нивелирования II класса.

При выполнении поверки рейки рекомендуется крепить в рейкодержателях.

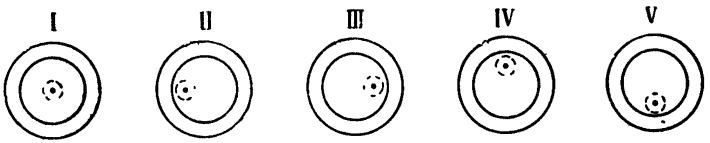


Рис. 23.

В полевых условиях ошибку недокомпенсации определяют через 2—3 месяца.

Перед началом полевых работ ее определяют при расстоянии между рейками 50, 100 и 140 м.

Поверки и юстировки инструментов для нивелирования III и IV классов производят аналогично. Определение ошибки недокомпенсации выполняют пятью приемами при расстояниях между рейками 50, 100 и 200 м. Расхождения средних значений превышений допускают до 3 и 5 мм соответственно при исследовании инструментов для нивелирования III и IV классов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 22

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ ДЛИНЫ ОДНОГО МЕТРА ШАШЕЧНОЙ РЕЙКИ

На рейку параллельно ее краям укладывают контрольную линейку. Определение длины производят по интервалам между делениями 1—10, 10—20 и 20—29 дм, которые измеряют сначала в прямом, затем в обратном направлениях.

Края шашечных делений, по которым предстоит делать отсчеты, отмечают тонкими штрихами, нанесенными при помощи линейки остро отточенным карандашом.

Каждый интервал в одном направлении измеряют дважды. Отсчеты по контрольной линейке делают с точностью 0,02 мм. Между первой и второй парой отсчетов линейку немного сдвигают.

Перед началом прямого и в конце обратного хода отсчитывают по термометру линейки.

На красной стороне рейки таким же образом определяют длины интервалов 48—57, 57—67, 67—76.

Расхождения между разностями отсчетов по правому и левому концам линейки для каждого интервала не должны превышать 0,1 мм. При бо́льших расхождениях контрольную линейку сдвигают и повторяют отсчеты.

Пример определения средней длины одного метра рейки

Контрольная линейка № 51796 Рейка № 142
Уравнение контрольной линейки: $L = 1000 + 0{,}01 + 0{,}018(t° - 16{,}8°)$ мм
Черная сторона
Наблюдатель *С. Г. Морозков* 25 мая 1973 г.

Интервал рейки	Отсчеты по линейке		п — л (мм)	Среднее п — л (мм)	Поправка за длину линейки и температуру (мм)	Длина интервала рейки (мм)
	л	п				
1	2	3	4	5	6	7
			Прямой ход, $t = +13{,}4°$			
	0,08	900,18	900,10			
1 — 10				900,11	— 0,05	900,06
	0,22	900,34	900,12			
	0,10	1000,34	1000,24			
10 — 20				1000,23	— 0,06	1000,17
	0,30	1000,52	1000,22			
	0,26	900,44	900,18			
20 — 29				900,19	— 0,05	900,14
	1,10	901,30	900,20			

Интервал рейки	Отсчеты по линейке		п—л (мм)	Среднее п—л (мм)	Поправка за длину линейки и температуру (мм)	Длина интервала рейки (мм)
	л	п				
1	2	3	4	5	6	7
Обратный ход, $t = +13{,}7°$						
20 — 29	0,08	900,24	900,16	900,15	— 0,04	900,11
	0,56	900,70	900,14			
20 — 10	0,42	1000,68	1000,26	1000,27	— 0,05	1000,22
	0,16	1000,44	1000,28			
10 — 1	0,30	900,40	900,10	900,10	— 0,04	900,06
	0,46	900,56	900,10			
Сумма	4,04	11206,14	11202,10	5601,05	— 0,29	5600,76

Средняя длина одного метра равна $\frac{5600{,}76}{5{,}6} = 1000{,}14$ мм.

В 5-ю графу выписывают среднее из разностей отсчетов для каждого интервала, а в 6-ю — поправки за длину линейки и температуру.

В приведенном примере поправки за длину линейки и температуру для интервала 1—10 в прямом ходе вычисляют следующим образом:

на 1 м $+ 0{,}01$ мм $+ 0{,}018\,(13{,}4° - 16{,}8°)$ мм $= -0{,}05$ мм,

на 0,9 м $- 0{,}05 \cdot 0{,}9 = -0{,}05$ мм.

В 7-ю графу помещают исправленные длины интервалов.

На основании результатов исследований выводят среднюю длину метра пары реек и средний поправочный коэффициент одного метра пары. Если длина метра

черной стороны рейки № 142 = 1000,14 мм,
красной — « — № 142 = 1000,15 мм,
черной — « — № 143 = 999,87 мм,
красной — « — № 143 = 999,75 мм,

то средняя длина метра пары реек комплекта будет равна

$$\frac{1000{,}14 + 1000{,}15 + 999{,}87 + 999{,}75}{4} = 999{,}98 \text{ мм};$$

средний поправочный коэффициент одного метра пары реек равен —0,02 мм.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОШИБОК ДЕЦИМЕТРОВЫХ ДЕЛЕНИЙ РЕЙКИ

На горизонтально положенную рейку помещают контрольную линейку. Совмещают нуль линейки с нулевым штрихом рейки и производят отсчеты по линейке, соответствующие положению дециметровых штрихов в пределах первого метра рейки. Затем контрольную линейку немного сдвигают и повторяют отсчеты. Такие определения производят на каждом метре рейки.

Значения разностей отсчетов по одним и тем же дециметровым штрихам (графа 4) в пределах каждого метра не должны различаться более чем на 0,1 мм.

Ниже приведен пример определения ошибок дециметровых делений рейки № 142.

В графу 5 вписывают средние из отсчетов по одним и тем же штрихам, причем число целых миллиметров не указывают.

В графу 6 помещают разности между средними отсчетами двух смежных штрихов. Эти разности являются ошибками дециметровых делений рейки.

Для вычисления систематической ошибки в длине одного дециметра рейки складывают указанные выше разности и делят полученную сумму на число разностей. В помещенном примере систематическая ошибка одного дециметра равна $\frac{+0{,}37}{30} = +0{,}012$ мм.

Вычитая полученную систематическую ошибку из каждой величины, помещенной в графе 6, получают случайные ошибки дециметровых делений рейки (графа 7).

Одновременно с определением ошибок дециметровых делений проверяют совпадение нуля шкалы черной стороны с плоскостью пятки рейки.

Пример определения ошибок дециметровых делений рейки

Контрольная линейка № 51796

$L = 1000 + 0{,}007 + 0{,}018(t° - 16{,}8°)$

Наблюдатель *С. Г. Морозков* Рейка № 142 15 мая 1973 г.

№ дециметра	Отсчеты по линейке (мм)		Разность II-I (в сотых долях мм)	Среднее из отсчетов (в сотых долях мм)	Ошибки дециметровых делений (мм)	Случайные ошибки дециметровых делений (мм)
	I	II				
1	2	3	4	5	6	7
			$t = 16°{,}7$			
0	0,00	12	+12	06		
1	100,12	26	+14	19	+0,13	+0,12
2	200,20	36	+16	28	+0,09	+0,08
3	300,26	38	+12	32	+0,04	+0,03

№ дециметра	Отсчеты по линейке (мм)		Разность II—I (в сотых долях мм)	Среднее из отчетов (в сотых долях мм)	Ошибки дециметровых делений (мм)	Случайные ошибки дециметровых делений (мм)
	I	II				
1	2	3	4	5	6	7
4	400,28	40	+ 12	34	+ 0,02	+ 0,01
5	500,24	34	+ 10	29	— 0,05	— 0,06
6	600,20	32	+ 12	26	— 0,03	— 0,04
7	700,18	28	+ 10	23	— 0,03	— 0,04
8	800,10	22	+ 12	16	— 0,07	— 0,08
9	900,08	18	+ 10	13	— 0,03	— 0,04
10	1000,04	16	+ 12	10	— 0,03	— 0,04
10	0,00	8	+ 8	04		
11	100,02	12	+ 10	07	+ 0,03	+ 0,02
12	200,06	12	+ 6	09	+ 0,02	+ 0,01
13	300,08	18	+ 10	13	+ 0,04	+ 0,03
14	400,08	20	+ 12	14	+ 0,01	0,00
15	500,10	20	+ 10	15	+ 0,01	0,00
16	600,10	20	+ 10	15	0,00	— 0,01
17	700,12	20	+ 8	16	+ 0,01	0,00
18	800,14	24	+ 10	19	+ 0,03	+ 0,02
19	900,16	24	+ 8	20	+ 0,01	0,00
20	1000,16	26	+ 10	21	+ 0,01	0,00
20	0,00	20	+ 20	10		
21	100,08	26	+ 18	17	+ 0,07	+ 0,06
22	200,08	28	+ 20	18	+ 0,01	0,00
23	300,12	30	+ 18	21	+ 0,03	+ 0,02
24	400,10	30	+ 20	20	— 0,01	— 0,02
25	500,16	36	+ 20	26	+ 0,06	+ 0,05
26	600,18	40	+ 22	29	+ 0,03	+ 0,02
27	700,12	32	+ 20	22	— 0,07	— 0,08
28	800,14	36	+ 22	25	+ 0,03	+ 0,02
29	900,16	36	+ 20	26	+ 0,01	0,00
30	1000,16	36	+ 20	26	0,00	— 0,01
		$t = 16{,}8°$			+ 0,37	+ 0,07

Систематическая ошибка дециметрового деления равна $\frac{+0{,}37}{30} = +0{,}012$ мм.

Наибольшая случайная ошибка дециметрового деления $+ 0{,}12$ мм.

При несовпадении нуля шкалы с плоскостью пятки при помощи контрольной линейки измеряют расстояние между ними. Для совмещения нуля контрольной линейки с плоскостью пятки к пятке прикладывают лезвие безопасной бритвы. Если нулевой штрих рейки стерт, то измеряют расстояние от пятки до ближайшего четкого штриха. Сравнивая результаты определения для каждой рейки комплекта, получают величину неравенства высот нулей черных сторон.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗНОСТИ ВЫСОТ НУЛЕЙ ШАШЕЧНЫХ РЕЕК

На расстоянии около 20 м от нивелира прочно забивают в землю 4 кола различной длины и в торцы их вбивают гвозди с полусферической шляпкой. Последовательно на каждый кол ставят первую рейку и делают отсчеты по красной и черной сторонам. Затем такие же отсчеты делают и по второй рейке. После изменения высоты нивелира на 5—7 см выполняют второй такой же прием. Порядок записи отсчетов и вычислений приведен ниже.

Рейки № 361, 362

Наблюдатель *С. Г. Морозков* 23 мая 1973 г.

№ приема	№ кола	Отсчеты по рейке № 361 (1)			Отсчеты по рейке №362(2)		
		черная сторона	красная сторона	разность отсчетов	черная сторона	красная сторона	разность отсчетов
I	1	363	5150	4787	362	5051	4689
	2	412	5200	4788	411	5099	4688
	3	491	5277	4786	491	5178	4687
	4	592	5379	4787	591	5279	4688
II	1	409	5196	4787	410	5099	4689
	2	457	5245	4788	458	5147	4689
	3	538	5325	4787	539	5227	4688
	4	638	5426	4788	636	5325	4689
		3900	42198	38298	3898	41405	37507
Средняя		487,5	5274,8	4787,3	487,2	5175,6	4688,4

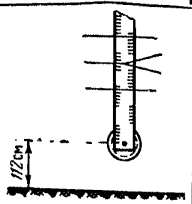
Разность высот нулей красной и черной сторон рейки 1—4787 мм, рейки 2—4688 мм.

Разность высот нулей реек (1—2):
черных сторон 487,5 — 487,2 = +0,3 мм,
красных сторон 5274,8 — 5175,6 = +99,2 мм,
пары реек +0,3—99,2 = —98,9 мм ≈ — 99 мм.

С величинами —99 мм в случае (1—2) и +99 мм в случае (2—1) сравнивают разности значений превышения на станции, полученные по черным и красным сторонам реек.

ОБРАЗЕЦ ЗАПИСИ В ЖУРНАЛЕ НИВЕЛИРОВАНИЯ I КЛАССА

Ход: *от марки 2231 до грунт. реп. 57*
Дата: *31 августа 1969 г.* Начало: 16 ч 10 мин; конец: 17 ч 45 мин
Направление хода — *юго-восток*

№ штативов, № реек	Зарисовка привязок	Температура воздуха	Отсчеты по трем нитям			
			правая нивелировка		левая нивелировка	
			з/u'	п/d	з/u'	п/d
1	2	3	4	5	6	7
I подв.		11,6°	134 (1)	3321 (6)	131 (15)	3341 (20)
—2			339 (2)	3525 (7)	339 (16)	3543 (21)
			545 (3)	3729 (8)	547 (17)	3747 (22)
			411 (37)	408 (38)	416 (49)	406 (50)
			—31,86	+3/+3	—32,04 (52)	+10/+10(51)
			(40)	(39)		
2			2959(6)	2915 (1)	2978 (20)	2868 (15)
2—1			3149 (7)	3102 (2)	3168 (21)	3055 (16)
			3339 (8)	3292 (3)	3358 (22)	3242 (17)
			380 (37)	377 (38)	380 (49)	374 (50)
	Марка 2231		+0,47	+3/+6	+1,13 (52)	+6/+16 (51)
			(40)	(39)		
3		12,0°	2621	2837	2572	2830
1—2			2746	2962	2698	2955
			2870	3087	2821	3080
			249	250	249	250
			+2,16	—1/+5	+2,57	—1/+15
	. . . . .		. . . .	. . . .	. . . . .	. . . . .
	Σ (1—10)		7842	7840	7850	7838
				+2		+12
	Σ по ходу		11 443	11 445	11 449	11 441
			l =	—2		+8
			=1,1 км	n =		
				= 14 шт.		

Условия работы: *изображение — спокойное, отчетливое, облачность* — 10; *ветер — тихо.* Места установки костылей и штатива: *бровка полотна ж. д.*; грунт — *песча ный*

	Отсчеты по биссектору					1/2 дм					Контроль	
	правая нивелировка				контроль	левая нивелировка				контроль	$\frac{з_п - з_л}{п_п - п_л}$	$\frac{\Delta}{\Sigma\Delta}$
	основная шкала		дополнительная шкала			основная шкала		дополнительная шкала				
	Р	*Б*	*Р*	*Б*		*Р*	*Б*	*Р*	*Б*			
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
з	3,4 (4)	38 (5)	62,6 (13)	88 (14)		3,4 (18)	38 (19)	62,6 (27)	89 (28)			
п	35,2 (9)	99 (10)	94,5 (11)	47 (12)	—2 (35)	35,4 (23)	88 (24)	94,7 (25)	38 (26)	—1 (47)	0,000 (53)	
з—п	—31,8(29)	—61 (30)	—31,9 (22)	+41 (33)	—2 (36)	—32,0 (41)	—50 (42)	—32,1 (44)	+51 (45)	—1 (48)	—0,190 (54)	
и	—31,861 (31)		—31,859 (34)			—32,050 (43)		—32,049 (46)				
з	31,5 (9)	29 (10)	90,7 (11)	79 (12)	—1 (35)	31,7 (23)	18 (24)	90,9 (25)	68 (26)	—1 (47)	—0,189 (53)	—1 (55)
п	31,0 (4)	78 (5)	90,3 (13)	27 (14)	—3 (36)	30,5 (18)	94 (19)	89,8 (27)	43 (28)	—2 (48)	+0,484 (54)	—1 (56)
з—п	+0,5 (29)	—49 (30)	+0,4 (32)	+52 (33)		+1,2 (41)	—76 (42)	+1,1 (44)	+25 (45)			
и	+0,451 (31)		+0,452 (34)			+1,124 (43)		+1,125 (46)				
з	27,5	4	86,7	57	0	27,0	21	86,2	70	+1	+0,485	—1
п	29,6	71	88,9	24	—3	29,5	97	88,8	47	—1	+0,076	—2
з—п	—2,1	—67	—2,2	+33		—2,5	—76	—2,6	+23			
и	—2,167		—2,167			—2,576		—2,577				
. . .	. . . . .		. . . . .		. . .	. . . . .		. . . . .		. . . .		
Σз												
Σп	256,1	347	848,3	668		254,6	375	846,9	578			
Σз—	298,9	505	891,3	608		297,8	623	890,5	433	+7		
—Σп	—42,8	—158	—43,0	+60		—43,2	—248	—43,6	+145			
Σ*и*	—42,958		—42,940		—18	—43,448		—43,455				
	Подсчет по секции от марки					2231 до грунт. реп. 57						
Σз	387,1	543	1216,2	964		387,1	605	1216,5	709			
Σп	411,7	622	1241,0	823		411,6	775	1241,2	683			
Σз—	—24,6	—79	—24,8	+141		—24,5	—170	—24,7	+26			
—Σп	—24,679		—24,659		—20	—24,670		—24,674		+4		
Σ*и*	ср. — 24,669 $\left(\frac{1}{2}\text{ дм}\right)$					ср. — 24,672 $\left(\frac{1}{2}\text{ дм}\right)$						

Измеренное превышение
Поправка за длину среднего метра комплекта реек
Исправленное превышение

$h'_{прав} = -1233.4$ мм
$\delta h = -0,1$ мм
$h_{прав} = -1233,5$ мм

$h'_{лев} = -1233,6$ мм
$\delta h = -0,1$ мм
$h_{лев} = -1233,7$ мм

УКАЗАНИЯ ПО УХОДУ ЗА ИНСТРУМЕНТАМИ

Ответственность за исправное состояние инструментов и правильное обращение с ними несет руководитель бригады. Он обязан обучить всех членов бригады правилам ухода за инструментами и следить за их выполнением.

В обращении с инструментами соблюдают следующие правила.

1. Укладку нивелира в ящик и вытаскивание из него выполняют без усилий. Нивелир держат за подставку.

2. Нивелиры предохраняют от пыли, грязи и влаги. По окончании работы пыль убирают чистой мягкой тряпкой или кистью. Крышки ящиков должны закрываться плотно.

3. Трущиеся и ржавеющие части нивелиров периодически смазывают маслом, а лакированные и оксидированные поверхности протирают сначала масляной, а затем сухой тряпкой.

4. При переходе с одной станции на другую нивелир переносят вместе со штативом в вертикальном положении. При этом нивелир закрывают белым чехлом, а зажимные винты закрепляют.

5. Во время работы нивелир предохраняют от нагревания солнцем и от дождя. В случае попадания влаги на нивелир его необходимо вначале просушить, затем насухо протереть и смазать винты маслом.

6. Если работа выполнялась при низкой температуре, то внесенный в теплое помещение нивелир должен оставаться в закрытом ящике не менее 2 часов, после чего его протирают сухой тряпкой.

7. Объектив и окуляр протирают мягкой белой тканью из льна или тонкого полотна, а также рисовой бумагой и ватой.

Запрещается протирать оптику спиртом, бензином.

8. По окончании работы или на время перерывов рейки укладывают в ящики или в чехлах на подставки. Запрещается укладывать рейки на землю и плашмя.

9. Во время работы и при переноске рейки держат за ручки. Деления реек тщательно оберегают от загрязнения и стирания.

10. Во время перехода наблюдателя на следующую станцию переднюю рейку снимают с костыля и устанавливают на деревянную подставку. Ставить рейку на землю запрещается.

11. Нивелиры и рейки перевозят только в ящиках. Сдавать нивелиры в багаж запрещается.

При перевозке на автомобильном и гужевом транспорте ящики с инструментами укладывают на мягкие предметы и привязывают к кузову.

ПРИЛОЖЕНИЕ 27

ВЕДОМОСТЬ ПРЕВЫШЕНИЙ И ВЫСОТ ПУНКТОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ I КЛАССА

№ секций	Тип и номер нивелирного знака, тип центра, год закладки	Описание местоположения нивелирного знака	Расстояние между смежными знаками в км	Расстояние от начального пункта в км	Дата исполнения прямого / обратного хода	Число штативов прямого / обратного хода
1	2	3	4	5	6	7
	Фунд. реп. 567, тип 140, 1948 г.	№ 27, раз., в 100 м к зап. от него, в 40 м к вост. от пк. стб. 4/5,1281 км, в 3 км к зап. от станц. Жарык		0,0		
1		Контрольный репер 1007 в фундаменте плиты	0,1		29. VIII / 26. VIII	1 / 1
					30. VIII	
	Грунт. реп. 22101, тип. 116, 1963 г.	№ 27, раз., в 200 м к зап. от него, в 30 м к зап. от пк. стб. 4/5, 1281 км, в 70 м к сев. от оси ж.-д. полотна, в 85 м к зап, от фнд. реп. 567		0,1		
2		Контрольный репер 22101 в верхней плоскости монолита	1,9		24—25. VIII / 23. VIII	20 / 20
	Марка 0042. 1963 г.	Чилик, станц., зд. вокзала, зап. сторона		2,0		
3			6,6 / 6,5		30—31. VIII / 23—25. VIII	67 / 67
.	. . . . .	. . . . .	. . .	. . .	. . . . .	. . .
		Итого по звену I	16,1			165
		Итого по наблюдениям Петрова	225,2			Σ (7)
		Всего по линии	501,4	501,4		Σ (7)

Примечания: 1. Значком* отмечены высоты знаков, не включенных в ход.
2. Красными чернилами записывают высоты исходных пунктов.

Измеренные превышения прямого хода в мм			Измеренные превышения обратного хода в мм			Разности превышений		
правое п	левое л	среднее	среднее	правое п	левое л	$(п-л)_{прям.}$ d_1	$(п-л)_{обр}$ d_2	$п_{прям}-п_{обр}$ d_3
8	9	10	11	12	13	14	15	16
Линия Жарык-Джусалы, I класс, Предприятие № 7 1969 г., Казахская жел.								
+1332,6	+1333,1	+1332,8	−1334,2 −1333,6	−1333,9 −1333,7	−1334,4 −1333,6	−0,5	+0,2	−1,2
		ср.	−1333,9	−1333,8	−1334,0			
−5358,7	−5358,4	−5358,6	+5358,6	+5359,3	+5357,8	−0,3	+1,5	+0,6
+113,0	+114,6	+113,8	−118,8	−119,0	−118,5	−1,6	−0,5	−6,0
. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . .	. . .	. . .
−7830,7	−7830,3	−7830,5	+7822,6	+7822,7	+7822,4	−0,4	+0,3	−7,8
Σ (8)	Σ (9)	Σ (10)	Σ (11)	Σ (12)	Σ (13)	Σ (14)	Σ (15)	Σ (16)
Σ (8)	Σ (9)	Σ (10)	Σ (11)	Σ (12)	Σ (13)	Σ (14)	Σ (15)	Σ (16)

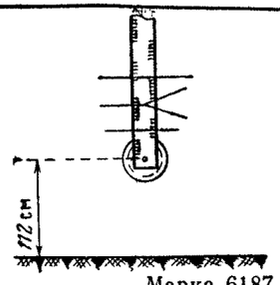
Вычислял: инж. *Петров*. Считали: читал инж.

в мм			Среднее превышение в м	Поправка за переход к нормальным высотам в мм	Поправка из уравнивания в мм	Уравненное превышение в м	Высота над уровнем моря в м	Примечание
$л_{прям}-л_{обр}$, d_4	$п_{ср}-л_{ср}$, d_5	d_6 (прям—обр.)ср						
17	18	19	20	21	22	23	24	25
дор.							79,526	Высота выписана из «Каталога высот марок и реперов нивелирования I и II классов (разрядов)», т. II, изд. 1950 г. (№ по каталогу 10631) Исп. инж. *Н. Н. Петров*
			−1,074				78,452*	
−0,9	−0,4	−1,1	+1,3334	0,0	+0,1	+1,3335		
							80,860	
			−1,070				79,790*	Превышение от фунд. реп. 567 до марки 2230
−0,6	−0,9	0,0	−5,3586	−0,1	+1,1	−5,3576	75,502	$\Sigma h = -13{,}8190$ м $H_к - H_н = -13{,}8110$ м $V_{пол} = -8{,}0$ мм
−3,9	−0,6	−5,0	+0,1163	0,0	+3,9	+0,1202		$V_{доп} = \pm 6\sqrt{L} = \pm 22{,}2$ мм $L = 13{,}7$ км
. . .	. . .	. . .	. . . .	. . .	. . .	. . . .	. . . .	. . . . .
−7,9	−0,5	−7,9	−7,8265	−0,3	+6,2	−7,8206		
Σ (17)	Σ (18)	Σ (19)	Σ (20)	Σ (21)	Σ (22)	Σ (23)		
Σ(17)	Σ (18)	Σ (19)	Σ (20)	Σ (21)	Σ (22)	Σ (23)		

Петров, слушал техник *Иванов*, Октябрь 1969 г.

ОБРАЗЕЦ ЗАПИСИ В ЖУРНАЛЕ

Ход: от грунт. реп. 6187 до грунт. реп. 2003
Условия работы: грунт — песчаный, бровка дороги

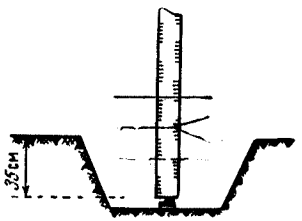
№ штативов, № реек	Зарисовка привязок	Отсчеты по дальномерным нитям $\left(\frac{1}{2}\text{ мм}\right)$		
		з/u′	п/d	
1 Подв.—2	 Марка 6187	1910 (1) 2050 (2) 140 (21) 9,30 (24)	2840 (5) 2980 (6) 140 (22) 0/0 (23)	з п з—п и
2 2—1		2435 3260 825 +0,50	2380 3215 835 —10/—10	з п з—п и
3 1—2		2050 2670 620 —28,30	4880 5500 620 0/—10	з п з—п и
4 2—1		750 1370 620 —35,60	4310 4930 620 0/—10	з п з—п и
5 1—2		2560 3380 820 +0,55	2505 3330 825 —5/—15	з п з—п и
6 2—1		2605 3435 830 +6,60	1945 2775 830 0/—15	з п з—п и
7 1—2		4480 5060 580 +26,50	1830 2410 580 0/—15	з п з—п и

НИВЕЛИРОВАНИЯ II КЛАССА

2 августа 1969 г.; начало 7 ч 30 мин; конец 10 ч 00 мин
Изображение — *отчетливое, спокойное; облачность* — 3
Направление и сила ветра — слабый, сев.-вост.

Отсчеты по биссектору нитей $\left(\frac{1}{2}\text{ дм}\right)$				Контроль
основная шкала		дополнительная шкала		
Р	Б	Р	Б	
19,8 (3) 29,1 (7) —9,3 (13) —9,300 (15)	58 (4) 58 (8) 0 (14)	79,0 (11) 88,4 (9) —9,4 (16) —9,306 (18)	102 (12) 8 (10) +94 (17)	59,254(25) 59,250(27) +6 (19) +6 (20)
28,5 28,0 +0,5 +0,445	40 95 —55	87,7 87,3 +0,4 +0,441	88 47 +41	59,248 59,252 +4 +10
23,6 51,9 —28,3 —28,301	27 28 —1	82,8 111,1 —28,3 —28,291	86 77 +9	59,259 59,249 —10 0
10,6 46,2 —35,6 —35,542	66 8 +58	69,9 105,4 —35,5 —35,541	16 57 —41	59,250 59,249 —1 —1
29,7 29,2 +0,5 +0,484	24 40 —16	88,9 88,4 +0,5 +0,482	75 93 —18	59,251 59,253 +2 +1
30,2 23,6 +6,6 +6,527	20 93 —73	89,4 82,9 +6,5 +6,529	71 42 +29	59,251 59,249 —2 —1
47,7 21,2 +26,5 +26,491	26 35 —9	106,9 80,5 +26,4 +26,485	85 0 +85	59,259 59,265 +6 +5

Продолжение приложения 28

№ штативов, № реек	Зарисовка привязок	Отсчеты по дальномерным нитям ($\frac{1}{2}$ мм) з/u′	Отсчеты по дальномерным нитям ($\frac{1}{2}$ мм) п/d		Отсчеты по биссектору нитей ($\frac{1}{2}$ дм) основная шкала Р	основная шкала Б	дополнительная шкала Р	дополнительная шкала Б	Контроль
8 2—1		2020 2270 250 —36,66	5686 5934 248 +2/—13	з п з—п и	21,4 58,1 —36,7	33 25 +8 —36,692	80,6 117,3 —36,7	83 78 +5 —36,695	59,250 59,253 +3 +8
9 1—2		2100 2260 160 —33,00	5410 5550 140 +20/+7	з п з—п и	21,8 54,8 —33,0	34 60 —26 —33,026	81,0 114,1 —33,1	80 13 +67 —33,033	59,246 59,253 +7 +15
10 2—1		1580 1720 140 —38,70	5455 5585 130 +10/+17	з п з—п и	16,5 55,1 —38,6	57 85 —28 —38,628	75,8 114,4 —38,6	8 39 —31 —38,631	59,251 59,254 +3 +18
11 1—2	Σ (1—10)  Грунт. реп. 2003 Σ	4985 (Σ21) 1320 1480 160 —42,50 Подсчет по секции от марки 5145 (Σ21)	4968 (Σ22) + 17 (30) 5570 5710 140 +20/+37 5108 (Σ22) +37 (37)	 з п з—п и Измеренное	249,8 (Σ3) 397,2 (Σ7) —147,4 (25) —147,542 (Σ15) 14,0 56,4 —42,4 —42,370 6187 до грунт. реп. 2003 263,8 (Σ3) 453,6 (Σ7) —189,8 (31) —189,912 (Σ15)	385 (Σ4) 527 (Σ8) —142 (26) 43 13 +30 428 (Σ4) 540 (Σ8) —112 (32)	842,0 (Σ11) 989,8 (Σ9) —147,8 (27) —147,560 (Σ18) 73,2 115,6 —42,4 —42,371 915,2 (Σ11) 1105,4 (Σ9) —190,2 (33) —189,931 (Σ18)	694 (Σ12) 454 (Σ10) +240 (28) 91 62 +29 785 (Σ12) 516 (Σ10) +269 (34)	+18 (29) 59,248 59,249 +1/+19 +19 (35)
		l = 0,5 км (38) n = 11 шт. (39)		Поправка за среднюю длину Исправленное	Ср.— 189,922 ($\frac{1}{2}$ дм) (36)				

превышение h' = —9496,1 мм (40)
метра реек δh = —0,1 (41)
превышение h = —9496,6 мм (42)

ВЕДОМОСТЬ ПРЕВЫШЕНИЙ И ВЫСОТ ПУНКТОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ II КЛАССА

№ секций	Тип и номер нивелирного знака, тип центра, год закладки	Описание местоположения нивелирного знака	Расстояние между смежными знаками в км	Расстояние от начального пункта в км	Дата исполнения прямого / обратного хода	Число штативов прямого / обратного хода	Измеренные превышения в мм: прямой ход	Измеренные превышения в мм: обратный ход	Разность превышений прямого и обратного ходов в мм	Накопление разностей превышений прямого и обратного ходов в мм	Среднее превышение в м	Поправка за переход к нормальным высотам в м	Поправка из уравнивания в мм	Уравненное превышение в м	Высота над уровнем моря в мм	Примечание
	Марка 6187, 1940 г.	Степановка, станц., зд. вокзала, южн. сторона		0,0											81,646	Высота выписана из «Каталога высот марок и реперов нивелирования I и II классов (разрядов)», т. II, изд. 1950 г. (№ по каталогу 12184)
1			0,5		2. VIII / 18. VIII	11 / 12	−9496,5	+9489,9	−6,6	−6,6	−9,4932	0,0	0,0	−9,4932		
	Грунт. реп. 2008, тип 116, 1964 г.	Степановка, станц., в 0,5 км к вост. от нее, в 0,2 км к сев. от перекрестка дорог с. Тесовка — ст. Степановка и с. Ивановка — с. Кодино		0,5											72,153	
2			6,0 / 6,1													
	Грунт. реп. 4258, тип 116, 1964 г.	Степановка, станц., в 6,5 км к вост. от нее, по дороге в с. Тесовка, в 20 м к сев. от дороги		6,5	2. VIII / 18. VIII	56 / 56	+1922,5	−1914,8	+7,7	+1,1	+1,9186	0,0	−0,3	+1,9183	74,071	
			5,8 / 5,9													
3					3. VIII / 16—17. VIII	54 / 54	−1107,6	+1107,4	−0,2	+0,9	−1,1075	0,0	−0,2	−1,1077		

Линия № 1 Степановка — Мошное, от марки 6187 до фунд. реп. 92

Предприятие *№ 7, 1969 г.*

№ *44—28—33*

Исполнитель ст. техник *Н. Н. Селиванов*

№ секций	Тип и номер нивелирного знака, тип центра, год закладки	Описание местоположения нивелирного знака	Расстояние между смежными знаками в км	Расстояние от начального пункта в км	Дата исполнения прямого / обратного хода	Число штативов прямого / обратного хода	Измеренные превышения в мм: прямой ход	Измеренные превышения в мм: обратный ход
	Грунт. реп. 5540, тип. 116, 1964 г.	Глазаниха, станц., в 4,9 км к сев.-вост. от нее, по дороге на станц. Мошное, в 30 м к сев. от дороги, в 500 м к вост. от моста через р. Серебрянку		12,4				
4			1,6		7/VIII / 14. VIII	12 / 12	−3802,6	+3806,1
	Фунд. реп. 92, тип 140, 1940 г.	Мошное, станц., в 1,5 км к юго-вост. от нее, в 100 м к сев. от ж.-д. будки. Контрольный репер б/№ в фундаменте плиты						
	Итого по линии		14,0	14,0		133 / 134	−12484,2	+12488,6

Разность превышений прямого и обратного ходов в мм	Накопление разностей превышений прямого и обратного ходов в мм	Среднее превышение в м	Поправка за переход к нормальным высотам в мм	Поправка из уравнивания	Уравненное превышение в м	Высота над уровнем моря в мм	Примечание
						72,963	
+3,5	+4,4	−3,8044	0,0	−0,1	−3,8045	69,159	Высота выписана из «Каталога высот марок и реперов нивелирования I и II классов (разрядов)», т. II, изд. 1950 г. (№ по каталогу 13162)
						67,729 *	
		−1,430					
+4,4	+4,4	−12,4864	0,0	−0,6	−12,4870		

Примечания. 1. Значком * отмечены высоты знаков, не включенных в ход.
2. Красными чернилами записывают высоты исходных пунктов.

Разность высот исходных данных $H_к - H_н = -12{,}4870$ м

Полученная невязка $V_{пол} = +0{,}6$ мм

Допустимая невязка $V_{доп} \pm 5$ мм $\sqrt{L} = \pm 18{,}8$ мм

Поправка на 1 км хода $-\frac{V}{L} = -0{,}04$ мм

Средние квадратические ошибки нивелирования на 1 км хода:
случайная $\eta = \pm 1{,}5$ мм
систематическая $\delta = \pm 0{,}26$ мм

Вычислял: техник *Петров*

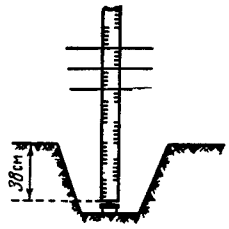
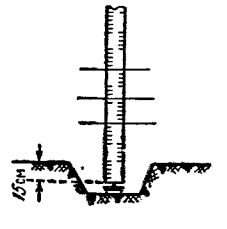
Считал: читал техник *Петров*

Слушал: ст. техник *Иванов*

Октябрь 1969 г.

ОБРАЗЕЦ ЗАПИСИ В ЖУРНАЛЕ НИВЕЛИРОВАНИЯ III КЛАССА С РЕЙКАМИ, ИМЕЮЩИМИ САНТИМЕТРОВЫЕ ДЕЛЕНИЯ НА ЧЕРНОЙ И КРАСНОЙ СТОРОНАХ

Ход: от грунт. реп. 5540 до грунт. реп. 10542
Дата: 10 июля 1969 г. Начало: 6 ч 20 мин. Конец: 8 ч 30 мин
Погода: ясно, слабый ветер Изображение: *спокойное, отчетливое*

№ штатива, № реек	Наблюдения по дальномерным нитям: задняя рейка	Наблюдения по дальномерным нитям: передняя рейка	Наблюдение по средней нити: контрольные превышения		Наблюдение по средней нити: задняя рейка	Наблюдение по средней нити: передняя рейка	Наблюдение по средней нити: превышение	Среднее превышение в мм
1 1—2 Грунт. реп. 5540 	1572 (2) 1904 (3) 332 (9)	1812 (5) 2130 (6) 318 (10)	—240 (11) —226 (12) +14/+14(13)	ч к	1739 (1) 6430 (8) 4691 (16)	1971 (4) 6761 (7) 4790 (17)	—232 (14) —331 (15) +99 (18)	—231,5 (19)
2 2—1	1170 1786 616	0631 1241 610	+539 +545 +6/+20	ч к	1478 6269 4791	0937 5627 4690	+541 +642 —101	+541,5
3 1—2	0601 1360 759	1710 2470 760	—1109 —1110 —1/+19	ч к	0981 5670 4689	2090 6881 4791	—1109 —1211 +102	—1110,0
4 2—1	1883 2550 667	0800 1465 665	+1083 +1085 +2/+21	ч к	2217 7007 4790	1131 5821 4690	+1086 +1186 —100	+1086,0
5 1—2	0110 0819 709	1327 2029 702	—1217 —1210 +7/+28	ч к	0465 5155 4690	1678 6469 4791	—1213 —1314 +101	—1213,5
6 2—1	1354 1985 631	0581 1197 616	+773 +788 +15/+43	ч к	1670 6460 4790	0889 5579 4690	+781 +881 —100	+781,0
7 1—2	1268 1859 591	1572 2169 597	—304 —310 —6/+37	ч к	1561 6251 4690	1870 6660 4790	—309 —409 +100	—309,0
Постраничные контрольные вычисления	4305 (20)	4268 (21)	—913 (22) —456,5 (27)		53353 (23) — 54364 (24) —1011 (28)	54364 (24)	—1011 (25) +100 —911 —455,5 (29)	—455,5 (26)
26 2—1 Грунт. реп. 10542 	2364 2450 86	1134 1218 84	+1230 +1232 +2/—2	ч к	2409 7198 4789	1176 5867 4691	+1233 +1331 —98	+1232,0

Подсчет по секции от грунт. реп. 5540 до грунт. реп. 10542

134082Σ (20)	134102Σ (21)	+2736Σ (27)		206756Σ (23) — 201289Σ (24) +5467 (30)	201289Σ (24)	+5467Σ (25) +2733,5 (31)	+2733,5Σ(26)

$l = 2{,}7$ км (33) $n = 26$ шт.

Измеренное превышение . . . . . $h' = +2733{,}5$ мм (34)
Поправка за неверность длины среднего метра реек $\delta h = +0{,}3$ мм (35)
Исправленное превышение . . . . . $h = +2733{,}8$ мм (36)
$h = +2{,}734$ м (37)

ОБРАЗЕЦ ЗАПИСИ В ЖУРНАЛЕ НИВЕЛИРОВАНИЯ IV КЛАССА С РЕЙКАМИ, ИМЕЮЩИМИ САНТИМЕТРОВЫЕ ДЕЛЕНИЯ НА ЧЕРНОЙ И КРАСНОЙ СТОРОНАХ

Ход: от грунт. реп. 606 до грунт. реп. 217

Начало: 7 ч 10 мин. Конец: 7 ч 30 мин.

Погода: *ясно, слабый ветер*

Дата: 2 июля 1969 г.

Изображение: *спокойное*

№ станций / № реек	Дальномерные расстояния до задней и передней реек	Отсчеты по рейке: задняя	Отсчеты по рейке: передняя	Превышение в мм	Среднее превышение в мм
1 Грунт. реп. 606 2—1	375 (7) 372 (8)	1185 (1) 1560 (2) 6247 (6) 4687 (9)	1058 (3) 1430 (4) 6217 (5) 4787 (10)	+130 (11) +30 (12) +100 (14)	+130 (13)
2 1—2	260 263	1005 1265 6052 4787	1209 1472 6159 4687	—207 —107 —100	—207
3 2—1	311 313	617 928 5615 4687	798 1111 5848 4787	—183 —283 +100	—183
4 1—2	267 266	704 971 5758 4787	1003 1269 5959 4689	—298 —200 —98	—299
5 2—1	190 191	657 847 5534 4687	894 1085 5872 4787	—238 —338 +100	—238
6 1—2	350 348	874 1224 6011 4787	810 1158 5843 4685	+66 +168 —102	+67
Постраничные суммы	3506 (21)	42012 (15) — 43472 (16) —1460 (19)	43472 (16)	—1460 (17) —730 (20)	—730 (18)

№ станций / № реек	Дальномерные расстояния до задней и передней реек	Отсчеты по рейке: задняя	Отсчеты по рейке: передняя	Превышение в мм	Среднее превышение в мм
. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
32 1—2 Грунт. реп. 217	380 380	1544 1924 6711 4787	615 995 5681 4686	+929 +1030 —101	+930

Подсчет по секции от грунт. реп. 606 до грунт. реп. 217

	29010Σ (21)	414508Σ (15) —402784Σ(16) +11724 (22)	402784Σ (14)	+11724Σ(17) +5862 (23)	+5862Σ (18)

$l = 5{,}8$ км (24)
$n = 32$ шт. (25)

Измеренное превышение . . . . . $h' = +5862$ мм (26)
Поправка за среднюю длину метра реек $\delta h = +3$ мм (27)
Исправленное превышение . . . . . $h = +5865$ мм (28)
$h = +5{,}865$ м (29)

ПРИЛОЖЕНИЕ 32

ВЕДОМОСТЬ ПРЕВЫШЕНИЙ И ВЫСОТ ПУНКТОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ III КЛАССА

Линия № 10. От грунт. реп. 5540 до грунт. реп. 3603. Предприятие № 7

N—43—51, 52

Исполнитель: техник Н. Н. Петров *Дата 1—3/VIII 1969 г.*

№ секций	Тип и номер нивелирного знака, тип центров	Описание местоположения нивелирного знака	Расстояние между смежными знаками в км	Расстояние от начального пункта в км	Число штативов прямого / обратного хода	Измеренные превышения в м: прямой ход	Измеренные превышения в м: обратный ход	Разность превышений прямого и обратного ходов в мм	Среднее превышение в мм	Поправка за переход к нормальным высотам в мм	Поправка из уравнивания в мм	Уравненное превышение в м	Высота над уровнем моря в м	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Грунт. реп. 5540, тип 116	Глазаниха, станц., в 4,9 км к сев.-вост. от нее, по дороге на станц. Мошное, в 30 м к сев. от дороги, в 500 м к вост. от моста через р. Серебрянку		0,0									72,963	Высота выписана из «Каталога пунктов нивелирования II кл. по линии Кон. Ивановка», (инв. 1420), составленного в 1961 г.
1			2,7		26/26	+2,734	—2,741	—7	+2,738	—	—1	+2,737		
	Грунт. реп. 10542, тип 121	Глазаниха, станц., в 2,2 км к сев.-вост. от нее, в 45 м к сев. от дороги на станц. Мошное		2,7									75,700	
2	Стен. реп. 502	Серебрянка, р., в сев. устое путепровода на 675-м км ж.-д	3,4/3,6	6,2	36/38	—1,854	+1,860	+6	—1,857	—	—2	—1,859	73,841	
			5,8/5,9	12,0	58/60	+8,695	—8,676	+19	+8,686	—	—3	+8,683	82,524	
3	Сигн. 2 кл., Ивановка, тип 1 оп.	Ивановка, с., в 2,5 км к юго-зап. от него, у перекрестка дорог с. Глазаниха — с. Иваново и с. Петрово — с. Никольское	2,6	14,6	28/26	+3,854	—3,866	—12	+3,860	—	—1	+3,859	86,383	
4	Стен. реп. 510	Никольское, с., зд. школы, сев. сторона	3,4	18,0	36/34	+2,095	—2,081	+14	+2,088	—	—1	+2,087	88,470	
5	Грунт. реп. 3603, тип 118	Семеновское, с., в 3,5 км к сев.-вост. от него, в 1,5 км выше устья р. Быстрая, в 100 м от правого берега р. Серебрянки												Высота получена из уравнивания
	Итого по линии . . .		18,0	18,0	184	+15,524	—15,504	+20	+15,515	—	—8	+15,507		

Разность высот исходных данных . . . . . $H_к - H_н = +15{,}507$

Полученная невязка . . . . . $V_{пол} = +8$ мм

Допустимая невязка . . . . . $V_{доп} = \pm 10$ мм$\sqrt{L} = \pm 42$ мм

Поправка на 1 км хода . . . . . $-\frac{V}{L} = -0{,}4$ мм

Вычислял: техник *Петров*

Считали: читал техник *Петров*

слушал: ст. техник *Иванов*

Октябрь 1969 г.

Примечания: 1. Значком * отмечены высоты знаков, не включенных в ход.
2. Красными чернилами записаны высоты исходных пунктов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 33

ВЕДОМОСТЬ ПРЕВЫШЕНИЙ И ВЫСОТ ПУНКТОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ IV КЛАССА

№ секций	Тип и номер нивелирного знака, тип центра	Описание местоположения нивелирного знака	Расстояние между смежными знаками в км	Расстояние от начального пункта в км	Число штатов	Измеренное превышение в м, поправка из уравнивания в мм	Высота над уровнем моря в м	Примечание
	Линия № 36 от грунт. реп. 124 до грунт. реп. 186 (Р-37-55,56)							
	Исполнитель И. И. Иванов.		*Дата 1/VIII 1969 г.*					
1	Стен. реп. 124	Березовка, с., зд. шк.		0,0		+14	251,768 **	Высота получена из уравнивания
			6,2		31	+2,678		
	Грунт. реп. 115, тип 118	Березовка, с., в 5,5 км к вост. от него, в 2,2 км к зап. от с. Матвеевка, к сев. от дороги		6,2			254,460	
2						+17		
					40			
			7,1			+1,254		
	Сигн. 2 кл., Матвеевка, тип 2 оп	Матвеевка, с., в 4,0 км к сев.-вост. от него, у полевого стана		13,3			255,731	
3					36	+15	марка № 132	
			6,5			—0,989		Высота получена из уравнивания
	Грунт. реп. 86, тип 121	Осиновка, с., в 2 км к зап. от него, к югу от дороги в с. Матвеевка		19,8			254,757 **	
		Сумма . . .	19,8		107	+2,943		

Разность высот исходных пунктов $H_к - H_н = +2{,}989$

Полученная невязка хода . . . $V_{пол} = -46$ мм

Допустимая невязка . . . $V_{доп} = \pm 20$ мм$\sqrt{L} = \pm 89$ мм

Поправка на 1 км хода . . . $-\frac{V}{L} = +2{,}3$ мм

Вычислял: техник *Петров*

Считали: читал техник *Петров*

слушал ст. техник *Иванов*

Примечания 1. Значком * отмечены высоты знаков, не включенных в ход.

2. Красными чернилами записаны высоты исходных пунктов. **

ПРИЛОЖЕНИЕ 34

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ИНТЕРВАЛОВ ЩИТКА

Контрольная линейка № 546 $L = 1000$ мм $+0{,}00 + 0{,}018\ (t° - 16{,}0°)$
Наблюдатель *В. И. Иванов* Дата 4/VII 1972 г.

Интервал щитка	Температура	Отсчеты по линейке: с левой стороны штриха	Отсчеты по линейке: с правой стороны штриха	Среднее в мм	Среднее приведенное к начальному штриху	Поправка за длину и температуру 0,01 мм	Исправленная длина в мм
		Прямой ход					
Индекс	+23,0°	0,04	1,26	0,65	00	0	00
Первый штрих		40,06	55,20	47,63	46,98	+1	46,99
Второй штрих	+23,5°	114,46	129,52	121,99	121,34	+2	121,36
		Обратный ход					
Второй штрих	+23,5°	0,08	15,32	7,70	121,37	+2	121,39
Первый штрих		74,54	89,70	82,12	46,95	+1	46,96
Индекс	+23,5°	128,42	129,72	129,07			

Длина частей c_1 и c_2 в мм и делениях барабана:
$c_1 = 46{,}98$ мм $= 940$ дел. барабана;
$c_2 = 121{,}38$ мм $= 2428$ дел. барабана;
$B = 74{,}40$ мм $= 1488$ дел. барабана.

ЖУРНАЛ НИВЕЛИРОВАНИЯ I И II КЛАССОВ

а) Рейки

Ход от грунт. реп. 14 до грунт. реп. 15
Дата **24 октября** 1973 г. Начало **8 ч 10 мин.** Конец **8 ч 25 мин**
Направление хода **прямо**

№ штат. № реек	Зарисовка привязок	Температура воздуха	Отсчеты по трем нитям			
			правая нивелировка		левая нивелировка	
			з/u′	n/d	з′/u′	n/d
16	река Сурхоб	+16,0°	1000	4060	990	4155
			2025	5087	2015	5185
1—2			3050	—	3040	—
			2050	2054	2050	2060
				—4/—10		—10/—23

ЧЕРЕЗ ПРЕПЯТСТВИЯ ШИРИНОЙ ДО 150 м

штриховые инварные
Условия работы изобр. **спокойные**
_____ облачность **пасмурно**, ветер **слабый**
Места установки костылей и штативов **целина**, грунт **твердый**

	Отсчеты по биссектору в 1/2 дм										Контроль	
	правая нивелировка					левая нивелировка						
	основн. шк.		дополн. шк.		контроль	основн. шк.		дополн. шк.		контроль	Зп—Зл / Пп—Пл	Δ / Σ Δ
	Р	Б	Р	Б		Р	Б	Р	Б			
з	20,2	76	79,5	20		20,2	26	79,4	81			
п		80		25			20		80			
з — п		72		30			32		82			
u	20,2	76	79,5	25		20,2	26	79,4	81		+47	
з	50,9	05	110,1	50		51,9	04	111,1	56			
п		00		40			03		50			
з — п		10		60			05		62			
u	50,9	05	110,1	50		51,9	04	111,1	56		—1002,5	
з												
п	—30,7	+71	—30,6	—25		—31,7	+22	—31,7	+25			
з — п	—30,6	29	—30,6	25		—31,6	78	—31,6	75			
u			—30,6	27				—31,6	76			
з												
п												
з — п												
u												
з												
п												
з — п												
u												
з												
п												
з — п												
u												

б) Специальные одношкальные рейки

Ход от **грунт. реп. 14** до **грунт. реп. 15**

Дата **24 октября** 1972 г. Начало **8 ч 10 мин.** Конец **10 ч 15 мин**
Направление хода **прямо**

№ штат. № реек	Зарисовка привязок	Температура воздуха	Отсчеты по трем нитям: правая нивелировка з/*u*	правая нивелировка *п/d*	левая нивелировка з/*u'*	левая нивелировка *п/d*
2	река Сурхоб	+18°,5	2770	1392	2800	1506
			3677	2300	3703	2410
1—2			4583	3208	4607	3314
			1813	1816	1807	1808
	правый берег			—3/		—1/
	левый берег		4430	3100	4460	3180
			5272	3937	5300	4017
			—	4772	—	4852
			1684	1672	1680	1672
					+4 /+8	+4/—3

со штрихами толщиной 3 мм

Условия работы: изобр. **спокойные**

_____ облачность ⊙ ветер **2,5 м/сек**
Места установки костылей и штативов **целина**, грунт **твердый**

	Отсчеты по биссектору в 1/2 дм: правая нивелировка, основн. шк. *Р*	*Б*	дополн. шк. *Р*	*Б*	контроль	левая нивелировка, основн. шк. *Р*	*Б*	дополн. шк. *Р*	*Б*	контроль	Контроль: Зп — Зл / Пп — Пл	Δ / ΣΔ
з	36,8	02	36,1	24		37,0	06	36,3	35		—202	
п		10		37			12		30			
з — п		15		32			09		40		—1064,5	
u	36,8	09	36,1	31		37,0	09	36,3	35			
з	23,0	89	22,4	10		24,1	50	23,4	80			
п		81		12			55		82			
з — п		97		14			45		78			
u	23,0	89	22,4	12		24,1	50	23,4	80			
з												
п												
з — п	+12,7	20	+12,7	19		+12,8	59	+12,8	55			
u												
з	52,8	20	53,6	70		53,0	38	53,8	84		—213	
п		28		75			42		83			
з — п		36		65			40		85		—1070	
u	52,8	28	53,6	70		53,0	40	53,8	84			
з	39,1	30	39,9	89		40,2	16	41,0	49		ср. —208	
п		37		90			13		50		—1067	
з — п		44		88			10		60			
u	39,1	37	39,9	89		40,2	13	41,0	53			
з	+12,6	91	+12,6	81		+12,8	27	+12,8	31			
п												
з — п												
u	+12,7	06,	+12,7	00	+6/+6	+12,8	43	+12,84	43	04/—7		

НИВЕЛИРОВАНИЕ ЧЕРЕЗ ПРЕПЯТСТВИЕ ШИРИНОЙ 150—400 м СПОСОБОМ «СОВМЕЩЕНИЯ»

Нивелирование через препятствия шириной от 150 до 400 м выполняют способом «совмещения» с применением специальных щитков. При этом необходима радиосвязь между наблюдателем и помощником, находящимся на разных берегах (см. рис. 18).

Сущность способа состоит в том, что при совмещенных изображениях концов пузырька цилиндрического уровня производят отсчеты по барабану при наведении биссектора на штрихи щитка.

Щиток должен иметь приспособление для крепления на рейке, индекс для отсчитывания по рейке, микрометренный винт для перемещения щитка вверх и вниз и два штриха.

Ширину штриха в миллиметрах вычисляют по формуле $T = 0{,}03 \cdot S$, где S — ширина препятствия в метрах. Вычисленную ширину штриха округляют до целых миллиметров. Например, для препятствия шириной 386 м ширина штриха равна $0{,}03 \times 386 \approx 12$ мм. Длина штрихов, как правило, должна быть больше ширины в 5—10 раз. Расстояние между штрихами делают в 2—4 раза больше ширины штриха. Расположение индекса показывают стрелкой (рис. 24 *а*, *б*).

До и после нивелирования через препятствие щитки компарируют при помощи контрольной линейки. При этом определяют с точностью ±0,1 мм ширину штрихов, расстояния C_1 и C_2 между их осями и индексом. Пример компарирования щитка дан в прил. 35.

Порядок нивелирования следующий:

1. Перед началом наблюдений помощники по команде наблюдателей устанавливают щитки на удаленных рейках так, чтобы изображение первого штриха находилось примерно посередине биссектора (изображения концов пузырька уровня нивелира совмещены, барабан установлен на отсчет 50).

2. Наводят трубу поочередно на ближние рейки P_1 и P_2, находящиеся на расстоянии до 50 м от нивелира, и делают отсчеты $Б^{(1)}_{осн}$, $Б^{(1)}_{доп}$, $Б^{(2)}_{осн}$, $Б^{(2)}_{доп}$ по основным и дополнительным шкалам.

3. Наводят трубу на дальнюю рейку P_3. По команде наблюдателя помощник, находящийся у дальней рейки, производит отсчет $a^{(3)}_{осн}$ по основной шкале (до 0,1 деления) при помощи индекса щитка и передает его по радио наблюдателю.

4. Наблюдатель выполняет пять наведений биссектора на первый штрих при помощи микрометра плоскопараллельной пластинки, производит отсчеты по барабану и вычисляет из них среднее $b^{(3)}_{1осн}$.

5. Затем таким же образом получают отсчеты $a^{(3)}_{2осн}$ и $b^{(3)}_{2осн}$ по второму штриху щитка. Перед этим помощник перемещает щиток по рейке до тех пор, пока второй штрих не окажется в биссекторе (барабан должен быть установлен на отсчет 50, а изображения концов пузырька уровня совмещены).

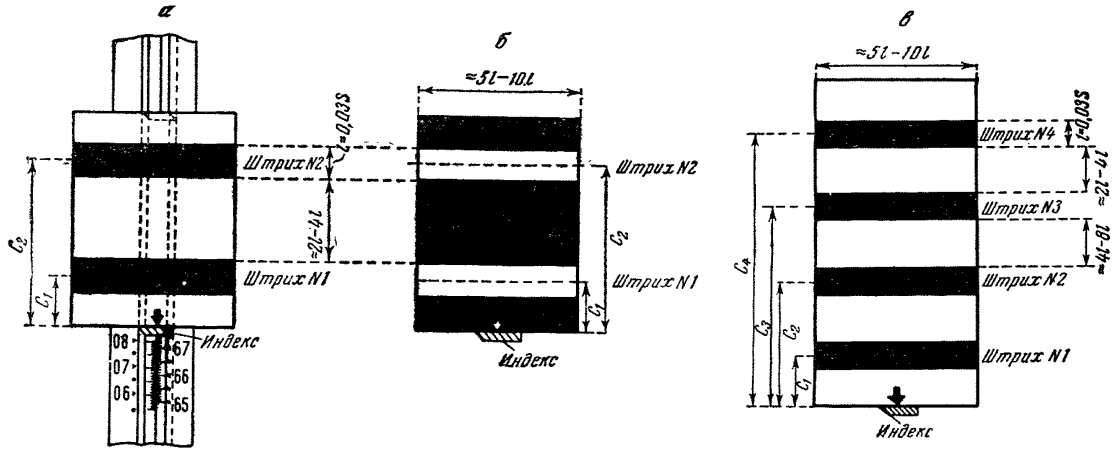


Рис. 24. Щитки для нивелирования через препятствие способом:
а — «совмещения»; *б* — «подвижной марки»; *в* — «наведения»

6. Поворачивают щиток на 180° и после установок в биссектор изображений сначала первого, а затем второго штрихов щитка получают отсчеты $a^{(3)}_{1\text{доп}}$, $b^{(3)}_{1\text{доп}}$, $a^{(3)}_{2\text{доп}}$ и $b^{(3)}_{2\text{доп}}$ по дополнительной шкале по индексу и барабану.

7. Наводят трубу на дальнюю рейку P_4 и после выполнения действий, перечисленных в п. 3, 4, 5, 6, получают отсчеты $a^{(4)}_{1\text{осн}}$, $b^{(4)}_{1\text{осн}}$, $a^{(4)}_{2\text{осн}}$, $b^{(4)}_{2\text{осн}}$, $a^{(4)}_{1\text{доп}}$, $b^{(4)}_{1\text{доп}}$, $a^{(4)}_{2\text{доп}}$, $b^{(4)}_{2\text{доп}}$.

8. Наблюдатель, находящийся на другом берегу, выполняет одновременно в том же порядке сначала отсчеты $Б^{(3)}_{\text{осн}}$, $Б^{(3)}_{\text{доп}}$, $Б^{(4)}_{\text{осн}}$, $Б^{(4)}_{\text{доп}}$ по ближним рейкам P_3 и P_4, а затем получает отсчеты $a^{(1)}_{1\text{осн}}$, $b^{(1)}_{1\text{осн}}$, $a^{(1)}_{2\text{осн}}$, $b^{(1)}_{2\text{осн}}$, $a^{(1)}_{1\text{доп}}$, $b^{(1)}_{1\text{доп}}$, $a^{(1)}_{2\text{доп}}$, $b^{(1)}_{2\text{доп}}$ по дальней рейке P_1 и отсчеты $a^{(2)}_{1\text{осн}}$, $b^{(2)}_{1\text{осн}}$, $a^{(2)}_{2\text{осн}}$, $b^{(2)}_{2\text{осн}}$, $a^{(2)}_{1\text{доп}}$, $b^{(2)}_{1\text{доп}}$, $a^{(2)}_{2\text{доп}}$, $b^{(2)}_{2\text{доп}}$ по дальней рейке P_2.

Действия, перечисленные в п. 1—8, составляют один сдвоенный полуприем.

9. По окончании сдвоенного полуприема каждый наблюдатель с нивелиром (без нарушения фокусировки трубы) переезжает на другой берег. Во втором сдвоенном полуприеме наблюдения начинают по дальним рейкам и заканчивают по ближним.

Действия, перечисленные в п. 1—9, составляют один сдвоенный прием.

Порядок обработки наблюдений в одном сдвоенном приеме следующий:

а) получают полные отсчеты по основным и дополнительным шкалам дальних реек при наведении на первый и второй штрихи щитков

$$A^{(i)}_{1\text{осн}} = a^{(i)}_{1\text{осн}} + b^{(i)}_{1\text{осн}} \pm c^{(i)}_1; \quad A^{(i)}_{1\text{доп}} = a^{(i)}_{1\text{доп}} + b^{(i)}_{1\text{доп}} \pm c^{(i)}_1;$$

$$A^{(i)}_{2\text{осн}} = a^{(i)}_{2\text{осн}} + b^{(i)}_{2\text{осн}} \pm c^{(i)}_2; \quad A^{(i)}_{2\text{доп}} = a^{(i)}_{2\text{доп}} + b^{(i)}_{2\text{доп}} \pm c^{(i)}_2,$$

где i — номер рейки (1, 2, 3, 4);

перед $c^{(i)}_1$ и $c^{(i)}_2$ стоит знак плюс, если индекс щитка внизу, и знак минус — если индекс щитка вверху; расхождения между $A^{(i)}_{1\text{осн}}$ и $A^{(i)}_{2\text{осн}}$, а также между $A^{(i)}_{1\text{доп}}$ и $A^{(i)}_{2\text{доп}}$ не должен быть более 5 мм;

б) вычисляют средние отсчеты по основным и дополнительным шкалам дальних реек

$$A^{(i)}_{\text{осн}} = \frac{A^{(i)}_{1\text{осн}} + A^{(i)}_{2\text{осн}}}{2}; \quad A^{(i)}_{\text{доп}} = \frac{A^{(i)}_{1\text{доп}} + A^{(i)}_{2\text{доп}}}{2};$$

в) вычисляют значения превышения через препятствие между постоянными реперами, полученные первым и вторым наблюдателями по основным и дополнительным шкалам реек по главному створу,

$$h'_{\text{осн,гл}} = Б^{(1)}_{\text{осн}} - A^{(4)}_{\text{осн}}; \quad h'_{\text{доп, гл}} = Б^{(1)}_{\text{доп}} - A^{(4)}_{\text{доп}};$$

$$h''_{\text{осн,гл}} = A^{(1)}_{\text{осн}} - Б^{(4)}_{\text{осн}}; \quad h''_{\text{доп, гл}} = A^{(1)} - Б^{(4)}_{\text{доп}}$$

и через контрольный створ

$$h'_{\text{осн, кон}} = [Б^{(2)}_{\text{осн}} - А^{(3)}_{\text{осн}}] + [Б^{(1)}_{\text{осн}} - Б^{(2)}_{\text{осн}}] + [Б^{(3)}_{\text{осн}} - Б^{(4)}_{\text{осн}}];$$

$$h'_{\text{доп, кон}} = [Б^{(2)}_{\text{доп}} - А^{(3)}_{\text{доп}}] + [Б^{(1)}_{\text{доп}} - Б^{(2)}_{\text{доп}}] + [Б^{(3)}_{\text{доп}} - Б^{(4)}_{\text{доп}}];$$

$$h''_{\text{осн, кон}} = [А^{(2)}_{\text{осн}} - Б^{(3)}_{\text{осн}}] + [Б^{(1)}_{\text{осн}} - Б^{(2)}_{\text{осн}}] + [Б^{(3)}_{\text{осн}} - Б^{(4)}_{\text{осн}}];$$

$$h''_{\text{доп, кон}} = [А^{(2)}_{\text{доп}} - Б^{(3)}_{\text{доп}}] + [Б^{(1)}_{\text{доп}} - Б^{(2)}_{\text{доп}}] + [Б^{(3)}_{\text{доп}} - Б^{(4)}_{\text{доп}}];$$

расхождения между $h'_{\text{осн, гл}}$ и $h'_{\text{доп, гл}}$, $h''_{\text{осн, гл}}$ и $h''_{\text{доп, гл}}$, $h'_{\text{осн, кон}}$ и $h'_{\text{доп, кон}}$, $h''_{\text{осн, кон}}$ и $h''_{\text{доп, кон}}$ не должны быть более 5 мм;

г) вычисляют средние значения превышения между постоянными реперами, полученные каждым наблюдателем в первом сдвоенном полуприеме

$$h'_{\text{гл}} = \frac{h'_{\text{осн, гл}} + h'_{\text{доп, гл}}}{2}; \quad h'_{\text{кон}} = \frac{h'_{\text{осн, кон}} + h'_{\text{доп, кон}}}{2};$$

$$h''_{\text{гл}} = \frac{h''_{\text{осн, гл}} + h''_{\text{доп, гл}}}{2}; \quad h''_{\text{кон}} = \frac{h''_{\text{осн, кон}} + h''_{\text{доп, кон}}}{2};$$

$$h'_1 = \frac{h'_{\text{гл}} + h'_{\text{кон}}}{2};$$

$$h''_1 = \frac{h''_{\text{гл}} + h''_{\text{кон}}}{2};$$

расхождения между $h'_{\text{гл}}$ и $h'_{\text{кон}}$, $h''_{\text{гл}}$ и $h''_{\text{кон}}$ не должны превышать 12 мм · S, где S — ширина препятствия в километрах;

д) аналогично вычисляют значения превышения h'_2 и h''_2 между постоянными реперами, полученные каждым наблюдателем во втором сдвоенном полуприеме;

е) вычисляют значения превышения между постоянными реперами, полученные каждым наблюдателем в сдвоенном приеме,

$$h' = \frac{h'_1 + h'_2}{2}; \quad h'' = \frac{h''_1 + h''_2}{2}$$

и значения превышения через препятствие из первого сдвоенного приема

$$h_1 = \frac{h' + h''}{2};$$

расхождения между h' и h'' допускают 12 мм · S.

В таком же порядке обрабатывают наблюдения в последующих приемах и выводят окончательное превышение через препятствие как среднее из значений по каждому приему. Расхождения результатов из сдвоенных приемов допускают 8 мм · S.

Образец записи в журнале и обработки нивелирования через препятствие способом «совмещения» дан ниже.

Образец записи наблюдений и вычислений при нивелировании через препятствие

Наблюдатель *И. А. Егоров*

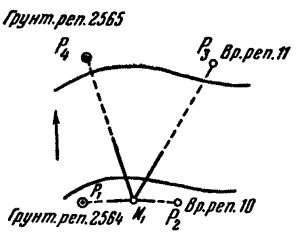
Дата 14/VIII 1972 г. Начало 9 ч 15 мин; конец 9 ч 30 мин

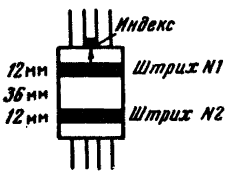
$t_{\text{возд.}} = +17{,}8°$ $t_{\text{возд.}} = +18{,}0°$

Нивелир *Ni* 004 № 125363 Прием I. Полуприем 1

$i = -2'',2$ Ширина препятствия 380 м

На дальних рейках P_3 и P_4 установлены щитки вида





Расположение реперов и реек, направление прямого хода

Результаты компарирования щитков:

$c_1^{(3)} = 47{,}0$ мм $= 940$ дел. барабана

$c_2^{(3)} = 95{,}5$ мм $= 1910$ дел. барабана

$c_1^{(4)} = 47{,}5$ мм $= 950$ дел. барабана

$c_2^{(4)} = 95{,}4$ мм $= 1908$ дел. барабана

Отсчеты по ближним рейкам P_1 и P_2

$Б_{\text{осн}}^{(1)}$	37,021	$Б_{\text{доп}}^{(1)}$	96,274
$Б_{\text{осн}}^{(2)}$	35,945	$Б_{\text{доп}}^{(2)}$	95,193
$Б_{\text{осн}}^{(1)} - Б_{\text{осн}}^{(2)} = +1{,}076$		$Б_{\text{доп}}^{(1)} - Б_{\text{доп}}^{(2)} = +1{,}081$	

Во втором полуприеме из отсчетов по ближним рейкам P_3 и P_4 на другом берегу имеем:

$$Б_{\text{осн}}^{(3)} - Б_{\text{осн}}^{(4)} = -11{,}970; \qquad Б_{\text{доп}}^{(3)} - Б_{\text{доп}}^{(4)} = -11{,}974$$

шириной 150—400 м способом «совмещения»

Условия работы: *изобр. спокойное.*

Облачность — *облачно.* Ветер — *слабый.*

Места установки штативов и реек P_2, P_3 — на кольях, реек P_1 и P_4 — на головках грунт. реп.

Отсчеты по дальним рейкам								
Рейка P_3					Рейка P_4			
	основная шкала		дополнительная шкала		основная шкала		дополнительная шкала	
	индекс вверху		индекс внизу		индекс внизу		индекс вверху	
Штрихи	№ 1	№ 2	№ 1	№ 2	№ 1	№ 2	№ 1	№ 2
	31	96	90	40	86	31	35	41
	39	80	68	66	81	50	51	44
	30	73	70	60	80	42	38	44
	32	96	67	50	74	51	43	48
	34	80	60	49	79	46	27	42
в	+33	+85	+71	+53	+80	+44	+39	+44
*а**	19,07	20,00	76,40	75,46	29,10	28,20	90,30	91,26
с	—940	—1,910	+940	+1,910	+950	+1,908	—950	—1,908
А	18,163	18,175	77,411	77,423	30,130	30,152	89,389	89,396

$A^{(3)}_{\text{осн}}$ 18,169 $\quad A^{(3)}_{\text{доп}}$ 77,417 $\quad A^{(4)}_{\text{осн}}$ 30,141 $\quad A^{(4)}_{\text{доп}}$ 89,392

$Б^{(2)}_{\text{осн}}$ 35,945 $\quad Б^{(2)}_{\text{доп}}$ 95,193 $\quad Б^{(1)}_{\text{осн}}$ 37,021 $\quad Б^{(1)}_{\text{доп}}$ 96,274

$h'_{\text{осн, гл}} = +6{,}880$ $\quad h'_{\text{доп, гл}} = +6{,}882$

$h'_{\text{гл}} = +6{,}881$

$Б^{(2)}_{\text{осн}} - A^{(3)}_{\text{осн}} = +17{,}776$ $\quad Б^{(2)}_{\text{доп}} - A^{(3)}_{\text{доп}} = +17{,}776$

$Б^{(1)}_{\text{осн}} - Б^{(2)}_{\text{осн}} = +1{,}076$ $\quad Б^{(1)}_{\text{доп}} - Б^{(2)}_{\text{доп}} = +1{,}081$

$Б^{(3)}_{\text{осн}} - Б^{(4)}_{\text{осн}} = -11{,}970$ $\quad Б^{(3)}_{\text{доп}} - Б^{(4)}_{\text{доп}} = -11{,}974$

$h'_{\text{осн, кон}} = +6{,}882$ $\quad h'_{\text{доп, кон}} = +6{,}883$

$h'_{\text{кон}} = +6{,}882$

Среднее значение превышения через препятствие между постоянными реперами, полученное одним наблюдателем из полуприема 1,

$$h'_1 = +6{,}882_{\text{дел. рейки}} = +0{,}3441 \text{ м}$$

* Отсчеты *а* по рейкам при помощи индекса щитка производит помощник и передает по радио наблюдателю.

Сводка значений превышения через препятствие по линии нивелирования I класса Красноярск—Дудинка между грунт. реп. 2564 и грунт. реп. 2565, полученных из одновременного двухстороннего нивелирования

$S = 380$ м

№ сдвоенного приема, дата нивелирования	Наблюдатель И. А. Егоров			Наблюдатель А. А. Туркин			Среднее h
	полуприем 1 h'_1	полуприем 2 h'_2	среднее h'	полуприем 1 h''_1	полуприем 2 h''_2	среднее h''	
I. 14/VIII-72 г.	9 ч 15 мин — — 9 ч 30 мин	9 ч 59 мин — — 10 ч 09 мин		9 ч 20 мин — —9 ч 34 мин	10 ч 05 мин — — 10 ч 22 мин		
	+0,3441	+0,1252	+0,2346	+0,1194	+0,3496	+0,2345	+0,2346
II. 14/VIII-72 г.	15 ч 35 мин — — 15 ч 48 мин	15 ч 00 мин — — 15 ч 12 мин		15 ч 42 мин — — 15 ч 54 мин	15 ч 03 мин — —15 ч 15 мин		
	+0,3502	+0,1199	+0,2350	+0,1145	+0,3538	+0,2342	+0,2346
						Среднее	+0,2346

Составил инженер *И. А. Егоров*

Проверил нач. партии *А. А. Туркин*

НИВЕЛИРОВАНИЕ ЧЕРЕЗ ПРЕПЯТСТВИЕ ШИРИНОЙ БОЛЕЕ 400 м СПОСОБОМ «ПОДВИЖНОЙ МАРКИ»

Общий порядок нивелирования через препятствие шириной более 400 м тот же, что указан в прил. 36, но плоскопараллельную пластинку при отсчитывании по дальним рейкам не используют. Отсчеты по дальним рейкам производят способом «подвижной марки» или способом «наведения».

Наблюдения на дальнюю рейку способом «подвижной марки» выполняют следующим образом.

Щиток по рейке предварительно устанавливают так, чтобы первый штрих находился примерно посредине биссектора (изображения концов пузырька уровня нивелира совмещены, барабан установлен на отсчет 50).

По команде наблюдателя, передаваемой по радио, помощник, находящийся у дальней рейки, медленным перемещением щитка вводит первый штрих точно в середину биссектора, производит при помощи индекса щитка отсчет по основной шкале рейки с точностью 0,1 деления и сообщает отсчет наблюдателю. Такие действия повторяют 6 раз при ширине препятствия 400—1000 м и 8 раз — если ширина более 1000 м. Перед каждым последующим введением штриха в биссектор щиток немного сбивают. Из всех отсчетов получают средний — $a^{(i)}_{1\text{осн}}$, где i — номер дальней рейки.

Аналогично получают средний отсчет $a^{(i)}_{2\text{осн}}$ из серии отсчетов при введениях в середину биссектора второго штриха щитка.

Поворачивают щиток на 180° и получают средние отсчеты $a^{(i)}_{1\text{доп}}$ и $a^{(i)}_{2\text{доп}}$ из серий отсчетов с помощью индекса по дополнительной шкале рейки при введениях в середину биссектора соответственно первого и второго штрихов щитка.

Полные отсчеты по основным и дополнительным шкалам дальних реек при введениях в биссектор первого и второго штрихов щитков вычисляют по формулам:

$$A^{(i)}_{1\text{осн}} = a^{(i)}_{1\text{осн}} \pm c^{(i)}_1;\quad A^{(i)}_{1\text{доп}} = a^{(i)}_{1\text{доп}} \mp c^{(i)}_1;$$

$$A^{(i)}_{2\text{осн}} = a^{(i)}_{2\text{осн}} \pm c^{(i)}_2;\quad A^{(i)}_{2\text{доп}} = a^{(i)}_{2\text{доп}} \mp c^{(i)}_2,$$

где (i) — номер рейки (1, 2, 3, 4); перед $c^{(i)}_1$ и $c^{(i)}_2$ стоит знак плюс, если индекс щитка внизу, и знак минус — если индекс щитка вверху.

Дальнейший порядок обработки наблюдений, указанный в прил. 36, остается без изменений.

Образец записи в журнале и обработки нивелирования через препятствие способом «подвижной марки» дан ниже.

Образец записи наблюдений и вычислений при нивелировании через препятствие

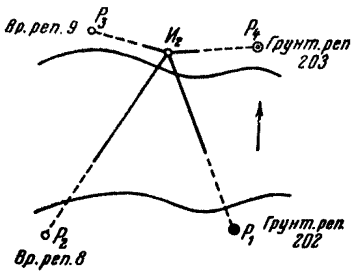
Наблюдатель *А. П. Фирсов*

Дата 6/VII 1972 г. Начало 10 ч 10 мин, конец 10 ч 32 мин

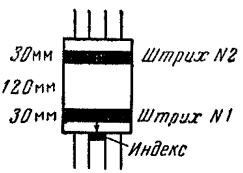
$t_{возд} = +20{,}1°$ $t_{возд} = +20{,}5°$

Нивелир Н1 № 11047
$i = -3{,}0''$

Прием I. Полуприем 1
Ширина препятствия 980 м
На дальних рейках P_1 и P_2 установлены щитки вида



Расположение реперов и реек, направление прямого хода



Результаты компарирования щитков

$c_1^{(1)} = 75{,}4$ мм $= 1508$ дел. барабана

$c_2^{(1)} = 224{,}9$ мм $= 4498$ дел. барабана

$c_1^{(2)} = 75{,}0$ мм $= 1500$ дел. барабана

$c_2^{(2)} = 225{,}2$ мм $= 4504$ дел. барабана

Отсчеты по ближним рейкам P_3 и P_4

$Б_{осн}^{(3)}$	40,246	$Б_{доп}^{(3)}$	99,495
$Б_{осн}^{(4)}$	45,835	$Б_{доп}^{(4)}$	105,085
$Б_{осн}^{(3)} - Б_{осн}^{(4)} = -5{,}589$		$Б_{доп}^{(3)} - Б_{доп}^{(4)} = -5{,}590$	

Во втором полуприеме из отсчетов по ближним рейкам P_1 и P_2 на другом берегу имеем

$$Б_{осн}^{(1)} - Б_{осн}^{(2)} = +6{,}355 \qquad Б_{доп}^{(1)} - Б_{доп}^{(2)} = +6{,}354$$

шириной более 400 м способом «подвижной марки»

Условия работы. Изображения сл. колеблющиеся. Облачность — *ясно*. Ветер — *слабый до умеренного*. Места установки штативов и реек P_2, P_3 — на кольях, P_1, P_4 — на головках грунтовых реперов

Отсчеты по дальним рейкам								
	Рейка P_1				Рейка P_2			
	основная шкала индекс вверху		дополнительная шкала индекс внизу		основная шкала индекс вверху		дополнительная шкала индекс внизу	
Штрихи	№ 1	№ 2	№ 1	№ 2	№ 1	№ 2	№ 1	№ 2
	30,54	33,65	86,80	83,86	24,19	27,21	80,39	77,44
	65	60	70	81	27	24	49	42
	48	55	78	82	18	15	42	54
	59	66	78	80	24	28	50	48
	55	54	82	84	14	20	50	40
	53	40	84	86	22	23	46	48
a	30,557	33,567	86,787	83,832	24,207	27,218	80,460	77,460
c	−1,508	−4,498	+1,508	+4,498	−1,500	−4,504	+1,500	+4,504
A	29,049	29,069	88,295	88,330	22,707	22,714	81,960	81,964

$A^{(1)}_{\text{осн}}$ 29,059 $A^{(1)}_{\text{доп}}$ 88,312 $A^{(2)}_{\text{осн}}$ 22,710 $A^{(2)}_{\text{доп}}$ 81,962

$Б^{(4)}_{\text{осн}}$ 45,835 $Б^{(4)}_{\text{доп}}$ 105,085 $Б^{(3)}_{\text{осн}}$ 40,246 $Б^{(3)}_{\text{доп}}$ 99,495

$h''_{\text{осн, гл}} = -16{,}776$ $h''_{\text{доп. гл}} = -16{,}773$

$h''_{\text{гл}} = -16{,}774$ $A^{(2)}_{\text{осн}} - Б^{(3)}_{\text{осн}} = -17{,}536$ $A^{(2)}_{\text{доп}} - Б^{(3)}_{\text{доп}} = -17{,}533$

$Б^{(3)}_{\text{осн}} - Б^{(4)}_{\text{осн}} = -5{,}589$ $Б^{(3)}_{\text{доп}} - Б^{(4)}_{\text{доп}} = -5{,}590$

$Б^{(1)}_{\text{осн}} - Б^{(2)}_{\text{осн}} = +6{,}355$ $Б^{(1)}_{\text{доп}} - Б^{(2)}_{\text{доп}} = +6{,}354$

$h''_{\text{осн, кон}} - 16{,}770$ $h''_{\text{доп, кон}} - 16{,}769$

$h''_{\text{кон}} = -16{,}770$

Среднее значение превышения через препятствие между постоянными реперами, полученное вторым наблюдателем из полуприема 1,

$$h''_1 = -16{,}772 \text{ дел. рейки} = -0{,}8386 \text{ м}$$

Сводка значений превышения через препятствие по линии II класса Красноярск—Абакан между грунт. реп. 202 и грунт. реп. 203, полученных из одновременного двухстороннего нивелирования способом «подвижной марки»

$S = 980$ м

№ сдвоенного приема, дата нивелирования	Наблюдатель П. Г Глазов			Наблюдатель А. П. Фирсов			Среднее h	v в мм
	полуприем 1 h'_1	полуприем 2 h'_2	среднее h'	полуприем 1 h''_1	полуприем 2 h''_2	среднее h''		
I. 6/VII—72 г.	9 ч 55 мин — — 10 ч 20 мин	10 ч 55 мин — — 11 ч 16 мин		10 ч 10 мин — — 10 ч 32 мин	11 ч 00 мин — — 11 ч 30 мин			
	—0,6920	—0,8401	—0,7660	—0,8386	—0,6961	—0,7674	—0,7667	+1,1
II. 6/VII—72 г.	15 ч 58 мин — — 16 ч 15 мин	15 ч 15 мин — — 15 ч 35 мин		16 ч 05 мин — — 16 ч 25 мин	15 ч 10 мин — — 15 ч 30 мин			
	—0,6914	—0,8380	—0,7647	—0,8362	—0,6920	—0,7641	—0,7644	—1,2
III. 7/VII—72 г.	9 ч 20 мин — — 9 ч 40 мин	10 ч 10 мин — — 10 ч 28 мин		9 ч 30 мин — — 9 ч 50 мин	10 ч 18 мин — — 10 ч 35 мин			
	—0,6932	—0,8410	—0,7671	—0,8332	—0,6958	—0,7645	—0,7658	+0,2
						Среднее	—0,7656 м	

Средняя квадратическая ошибка определения превышения через препятствие

$$M = \pm \sqrt{\frac{[v^2]}{n(n-1)}} = \pm \sqrt{\frac{2{,}69}{6}} = \pm 0{,}7 \text{ мм}$$

Составил инженер *А. П. Фирсов*
Проверил нач. партии *П. Г. Глазов*

НИВЕЛИРОВАНИЕ ЧЕРЕЗ ПРЕПЯТСТВИЕ ШИРИНОЙ БОЛЕЕ 400 м СПОСОБОМ «НАВЕДЕНИЯ»

При наблюдении на дальнюю рейку способом «наведения» определяют наклон линии визирования по величине ухода пузырька уровня от середины при наведении биссектора на штрихи щитка с помощью элевационного винта.

На щитке должно быть четыре штриха (рис. 24, *в*). Расстояние между крайними штрихами рассчитывают по формуле

$$c_4 - c_1 = \frac{S \cdot \tau'' \cdot N}{\rho''},$$

где c_1, c_4 — расстояния от индекса до крайних штрихов щитка,
τ — цена деления цилиндрического уровня,
N — рабочая часть ампулы уровня в делениях,
S — ширина препятствия в миллиметрах.

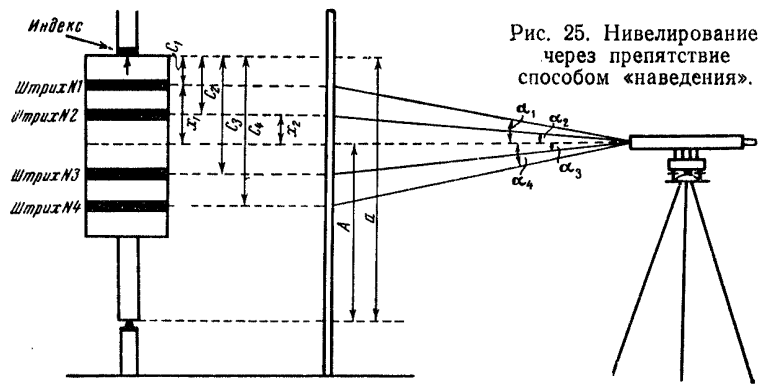


Рис. 25. Нивелирование через препятствие способом «наведения».

Порядок наблюдений на дальнюю рейку способом «наведения» следующий.

Щиток устанавливают на рейке таким образом, чтобы штрихи располагались симметрично проекции средней нити нивелира на рейке при положении пузырька уровня на середине и барабана на отсчете 50 (рис. 25).

По команде наблюдателя, передаваемой по радио, помощник, находящийся у дальней рейки, производит при помощи индекса щитка отсчеты $a^{(i)}_{\text{I осн}}$, $a^{(i)}_{\text{I доп}}$ по основной и дополнительной шкалам рейки с точностью 0,1 деления и сообщает отсчет наблюдателю; (i) означает номер рейки (1, 2, 3, 4); I — первоначальное положение щитка.

Затем наблюдатель производит отсчеты по концам пузырька уровня при наведении биссектора поочередно на штрихи щитка с помощью элевационного винта. Окончательное наведение биссектора на каждый штрих щитка выполняют только ввинчиванием элевационного винта. Отсчеты по концам пузырька производят после полного успокоения его. При нивелировании через препят-

ствие шириной до 600 м делают два ряда поочередных наведений на штрихи щитка, от 600 до 1000 м — три ряда и свыше 1000 м — четыре ряда наведений; последующий ряд наведений делают в порядке, обратном предыдущему ряду (т. е. при обратном движении пузырька уровня). Из отсчетов по концам пузырька уровня при наведениях биссектора на одни и те же штрихи щитка выводят средние.

Поворачивают щиток на 180° (II положение), производят при помощи индекса щитка отсчеты $a^{(i)}_{\text{IIосн}}$ и $a^{(i)}_{\text{IIдоп}}$ по основной и дополнительной шкалам рейки и в том же порядке выполняют ряды наведений биссектора на штрихи щитка с отсчетами по концам пузырька уровня. Из отсчетов при наведениях на одни и те же штрихи получают средние.

Углы α_1, α_2, α_3, α_4 наклона линии визирования при наведениях на 1-й, 2-й, 3-й, 4-й штрихи щитка, в зависимости от оцифровки шкалы контактного уровня, вычисляют в полуделениях шкалы по формулам:

1) нуль делений расположен на середине шкалы уровня

$$\alpha = (\text{объектив})_{\text{ср}} - (\text{окуляр})_{\text{ср}},$$

2) нуль делений расположен на краю шкалы уровня

$$\alpha = (\text{окуляр})_{\text{ср}} - (\text{объектив})_{\text{ср}},$$

где $(\text{окуляр})_{\text{ср}}$ — средний отсчет по окулярному концу уровня,
$(\text{объектив})_{\text{ср}}$ — средний отсчет по объективному концу уровня.

Полные отсчеты по основным и дополнительным шкалам дальних реек при двух положениях щитков вычисляют по формулам:

$$A^{(i)}_{\text{Iосн}} = a^{(i)}_{\text{Iосн}} \mp [x^{\text{I}}_1 + c_1]^{(i)};\ A^{(i)}_{\text{Iдоп}} = a^{(i)}_{\text{Iдоп}} \mp [x^{\text{I}}_2 + c_2]^{(i)};$$

$$A^{(i)}_{\text{IIосн}} = a^{(i)}_{\text{IIосн}} \pm [x^{\text{II}}_1 + c_1]^{(i)};\ A^{(i)}_{\text{IIдоп}} = a^{(i)}_{\text{IIдоп}} \pm [x^{\text{II}}_2 + c_2]^{(i)},$$

где (i) — номер рейки (1, 2, 3, 4); знак минус стоит перед скобками, если индекс щитка вверху, знак плюс — если индекс щитка внизу (см. рис. 24); I означает первоначальное положение щитка, II — положение щитка после поворота на 180°;

$$x_1 = \frac{c_4 - c_1}{\alpha_1 - \alpha_4} \cdot \alpha_1;\ x_2 = \frac{c_3 - c_2}{\alpha_2 - \alpha_3} \cdot \alpha_2,$$

(α_1, α_2, α_3, α_4 в полуделениях уровня подставляют в формулы со своим знаком; величины x^{I}_1, x^{II}_1, x^{I}_2, x^{II}_2 получаются по формулам всегда положительными).

Средние отсчеты по основным и дополнительным шкалам дальних реек получают по формулам:

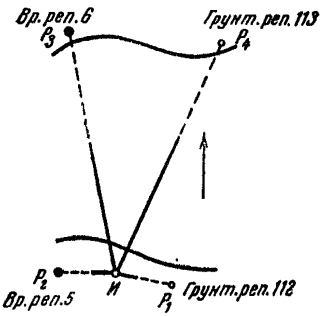
$$A^{(i)}_{\text{осн}} = \frac{A^{(i)}_{\text{Iосн}} + A^{(i)}_{\text{IIосн}}}{2};\ A^{(i)}_{\text{доп}} = \frac{A^{(i)}_{\text{Iдоп}} + A^{(i)}_{\text{IIдоп}}}{2}.$$

Дальнейший порядок обработки наблюдений, указанный в прил. 36, остается без изменений.

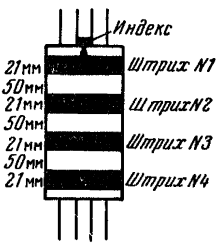
Образец записи в журнале и обработки нивелирования через препятствие способом «наведения» дан ниже.

Образец записи наблюдений и вычислений при нивелировании через препятствие шириной более 400 м способом «наведения»

Наблюдатель *Н. К. Николаев*
Дата 8/VIII-1972 г. Начало 9 ч 15 мин, конец 9 ч 50 мин
$t_{возд} = +16{,}8°$ $t_{возд} = +17{,}4°$
Нивелир Н1 № 11036 Прием II. Полуприем 2
$i = +1{,}6''$, $\tau = 10{,}00''$ на 2 мм. Ширина препятствия 700 м
На дальних рейках P_3 и P_4 установлены щитки вида



Расположение реперов и реек, направление прямого хода



Результаты компарирования щитков:

$c_1^3 = 50{,}85$ мм $= 1017$ дел. барабана

$c_2^3 = 121{,}70$ мм $= 2434$ дел. барабана

$c_3^3 = 192{,}86$ мм $= 3857$ дел. барабана

$c_4^3 = 263{,}90$ мм $= 5278$ дел. барабана

$c_1^4 = 50{,}46$ мм $= 1009$ дел. барабана

$c_2^4 = 120{,}40$ мм $= 2408$ дел. барабана

$c_3^4 = 190{,}51$ мм $= 3810$ дел. барабана

$c_4^4 = 260{,}95$ мм $= 5219$ дел. барабана

Отсчеты по ближним рейкам P_1 и P_2

$Б_{осн}^{(1)}$	24,206	$Б_{доп}^{(1)}$	83,457
$Б_{осн}^{(2)}$	21,175	$Б_{доп}^{(2)}$	80,423
$Б_{осн}^{(1)} - Б_{осн}^{(2)}$	+3,031	$Б_{доп}^{(1)} - Б_{доп}^{2}$	+3,034

В первом полуприеме из отсчетов по ближним рейкам P_1 и P_2 на другом берегу получили:

$$Б_{осн}^{(3)} - Б_{осн}^{(4)} = -9{,}862, \quad Б_{доп}^{(3)} - Б_{доп}^{(4)} = -9{,}861$$

Условия работы. Изобр. сл. колеблющиеся
Облачность — *сплошная*. Ветер — *слабый*
Места установки штативов и реек P_2, P_3 — на кольях,
реек P_1, P_4 — на головках грунт. реп.
Нуль делений расположен на середине шкалы уровня (α = «объектив» — «окуляр»)

положение щитка (I, II), отсчеты по рейке	№№ наведений	Отсчеты по дальней рейке P_3: отсчеты по уровню при наведении на штрихи № 1 (окуляр-объектив)	№ 2 (окуляр-объектив)	№ 3 (окуляр-объектив)	№ 4 (окуляр-объектив)
индекс вверху	1	5,8—20,9	11,0—15,7	16,2—10,5	21,4—5,3
	2	5,7—20,9	10,9—15,8	16,2—10,4	21,3—5,3
	3	5,9—20,7	11,1—16,0	16,1—10,5	21,2—5,5
$a^{(3)}_{\text{I осн}} = 22{,}50$	ср.	5,8—20,8	11,0—15,8	16,2—10,5	21,3—5,4
$a^{(3)}_{\text{I доп}} = 81{,}75$		$\alpha_1 = +15{,}0$	$\alpha_2 = +4{,}8$	$\alpha_3 = -5{,}7$	$\alpha_4 = -15{,}9$
		$x^{\text{I}}_1 = \frac{5278-1017}{15{,}0-(-15{,}9)}\,15{,}0 = 2068$		$x^{\text{I}}_2 = \frac{3857-2434}{4{,}8-(-5{,}7)}\,4{,}8 = 650$	
		$(x^{\text{I}}_1 + c_1)^{(3)} = 2068 + 1017 = 3085$		$(x^{\text{I}}_2 + c_2)^{(3)} = 650 + 2434 = 3084$	
		$A^{(3)}_{\text{I осн}} = 22{,}50 - 3{,}085 = 19{,}415$		$A^{(3)}_{\text{I доп}} = 81{,}75 - 3{,}084 = 78{,}666$	
		1	2	3	4
индекс внизу	1	20,3—6,3	15,0—11,4	10,0—16,7	4,8—21,8
	2	20,2—6,4	15,3—11,5	10,0—16,8	4,6—21,7
	3	20,2—6,4	15,0—11,4	9,8—17,0	4,7—21,9
$a^{(3)}_{\text{II осн}} = 16{,}52$	ср.	20,2—6,4	15,1—11,4	9,9—16,8	4,7—21,8
$a^{(3)}_{\text{II доп}} = 75{,}77$		$\alpha_1 = -13{,}8$	$\alpha_2 = -3{,}7$	$\alpha_3 = +6{,}9$	$\alpha_4 = +17{,}1$
		$x^{\text{II}}_1 = \frac{5278-1017}{-13{,}8-17{,}1}(-13{,}8) = 1903$		$x^{\text{II}}_2 = \frac{3857-2434}{-3{,}7-6{,}9}(-3{,}7) = 497$	
		$(x^{\text{II}}_1 + c_1)^{(3)} = 1903 + 1017 = 2920$		$(x^{\text{II}}_2 + c_2)^{(3)} = 497 + 2434 = 2931$	
		$A^{(3)}_{\text{II осн}} = 16{,}52 + 2{,}920 = 19{,}440$		$A^{(3)}_{\text{II доп}} = 75{,}77 + 2{,}931 = 78{,}701$	
		$A^{(3)}_{\text{осн}} = \frac{19{,}415 + 19{,}440}{2} = 19{,}428$		$A^{(3)}_{\text{доп}} = \frac{78{,}666 + 78{,}701}{2} = 78{,}684$	
		$Б^{(2)}_{\text{осн}}$	$21{,}175$	$Б^{(2)}_{\text{доп}}$	$80{,}423$
		$Б^{(2)}_{\text{осн}} - A^{(3)}_{\text{осн}}$	$+1{,}747$	$Б^{(2)}_{\text{доп}} - A^{(3)}_{\text{доп}}$	$+1{,}739$
		$Б^{(1)}_{\text{осн}} - Б^{(2)}_{\text{осн}}$	$+3{,}031$	$Б^{(1)}_{\text{доп}} - Б^{(2)}_{\text{доп}}$	$+3{,}034$
		$Б^{(3)}_{\text{осн}} - Б^{(4)}_{\text{осн}}$	$-9{,}862$	$Б^{(3)}_{\text{доп}} - Б^{(4)}_{\text{доп}}$	$-9{,}861$
		$h'_{\text{осн, кон}} = -5{,}084$		$h'_{\text{доп, кон}} = -5{,}088$	
		$h'_{\text{кон}} = -5{,}086$			

положение щитка (I, II), отсчеты по рейке	№№ наведений	Отсчеты по дальней рейке P_4: отсчеты по уровню при наведении на штрихи № 1 (окуляр-объектив)	№ 2 (окуляр-объектив)	№ 3 (окуляр-объектив)	№ 4 (окуляр-объектив)
индекс вверху	1	7,1—19,6	11,5—15,1	16,6—10,0	21,1—5,6
	2	7,0—19,6	11,4—15,2	16,8—9,9	21,2—5,5
	3	7,1—19,7	11,6—15,1	16,6—9,9	21,0—5,6
$a^{(4)}_{\text{I осн}} = 32{,}18$	ср.	7,1—19,6	11,5—15,1	16,7—9,9	21,1—5,6
$a^{(4)}_{\text{I доп}} = 91{,}43$		$\alpha_1 = +12{,}5$	$\alpha_2 = +3{,}6$	$\alpha_3 = -6{,}8$	$\alpha_4 = -15{,}5$
		$x^{\text{I}}_1 = \frac{5219-1009}{12{,}5-(-15{,}5)}\,12{,}5 = 1879$		$x^{\text{I}}_2 = \frac{3810-2408}{3{,}6-(-6{,}8)} \cdot 3{,}6 = 485$	
		$(x^{\text{I}}_1 + c_1)^{(4)} = 1879 + 1009 = 2888$		$(x^{\text{I}}_2 + c_2)^{(4)} = 485 + 2408 = 2893$	
		$A^{(4)}_{\text{I осн}} = 32{,}18 - 2{,}888 = 29{,}292$		$A^{(4)}_{\text{I доп}} = 91{,}43 - 2{,}893 = 88{,}537$	
		1	2	3	4
индекс внизу	1	21,3—5,4	17,0—9,7	11,8—14,9	7,4—19,2
	2	21,4—5,1	17,0—9,6	11,9—14,7	7,3—19,2
	3	21,5—5,2	17,1—9,6	12,0—14,6	7,3—19,3
$a^{(4)}_{\text{II осн}} = 25{,}87$	ср.	21,4—5,2	17,0—9,6	11,9—14,7	7,3—19,2
$a^{(4)}_{\text{II доп}} = 85{,}12$		$\alpha_1 = -16{,}2$	$\alpha_2 = -7{,}4$	$\alpha_3 = +2{,}8$	$\alpha_4 = +11{,}9$
		$x^{\text{II}}_1 = \frac{5219-1009}{-16{,}2-11{,}9}(-16{,}2) = 2427$		$x^{\text{II}}_2 = \frac{3810-2408}{-7{,}4-2{,}8}(-7{,}4) = 1017$	
		$(x^{\text{II}}_1 + c_1)^{(4)} = 2427 + 1009 = 3436$		$(x^{\text{II}}_2 + c_2)^{(4)} = 1017 + 2408 = 3425$	
		$A^{(4)}_{\text{II осн}} = 25{,}87 + 3{,}436 = 29{,}306$		$A^{(4)}_{\text{II доп}} = 85{,}12 + 3{,}425 = 88{,}545$	
		$A^{(4)}_{\text{осн}} = \frac{29{,}292 + 29{,}306}{2} = 29{,}299$		$A^{(4)}_{\text{доп}} = \frac{88{,}537 + 88{,}545}{2} = 88{,}541$	
		$Б^{(1)}_{\text{осн}}$	$24{,}206$	$Б^{(1)}_{\text{доп}}$	$83{,}457$
		$h'_{\text{осн, гл}} = -5{,}093$		$h'_{\text{гл}} = -5{,}088$	$h'_{\text{доп, гл}} = -5{,}084$

Среднее значение превышения через препятствие между постоянными реперами, полученное первым наблюдателем из полуприема 2,

$$h'_2 = -5{,}087 \text{ дел. рейки} = -0{,}2544 \text{ м}$$

Сводка значений превышения через препятствие по линии II класса Абакан — Тайшет между грунт. реп. 112, грунт. реп. 113, полученных из одновременного двустороннего нивелирования способом «наведения»

$S = 700$ м

№ сдвоенного приема, дата нивелирования	Наблюдатель Н. К. Николаев			Наблюдатель В. И Кривошеин			Среднее h	v в мм
	полуприем 1 h'_1	полуприем 2 h'_2	среднее h'	полуприем 1 h''_1	полуприем 2 h''_2	среднее h''		
I, 7/VIII-72 г.	14 ч 45 мин — 15 ч 20 мин —0,1860	15 ч 40 мин — 16 ч 15 мин —0,2562	—0,2211	14 ч 50 мин — 15 ч 25 мин —0,2536	15 ч 43 мин — 16 ч 20 мин —0,1916	—0,2226	—0,2218	+1,1
II, 8/VIII-72 г.	8 ч 20 мин — 8 ч 57 мин —0,1852	9 ч 15 мин — 9 ч 50 мин —0,2544	—0,2198	8 ч 30 мин — 9 ч 00 мин —0,2501	9 ч 18 мин — 9 ч 50 мин —0,1911	—0,2206	—0,2202	—0,5
III, 8/VIII-72 г.	15 ч 50 мин — 16 ч 20 мин —0,1800	14 ч 50 мин — 15 ч 30 мин —0,2606	—0,2203	15 ч 52 мин — 16 ч 22 мин —0,2524	14 ч 52 мин — 15 ч 30 мин —0,1878	—0,2201	—0,2202	—0,5
						Среднее . . .	—0,2207 м	

Средняя квадратическая ошибка определения превышения через препятствие

$$M = \pm \sqrt{\frac{[v^2]}{n\,(n-1)}} = \pm \sqrt{\frac{1{,}71}{6}} = \pm\, 0{,}5 \text{ мм}$$

Составил инженер *Н. К. Николаев*
Проверил нач. партии *В. И. Кривошеин*

ПРИЛОЖЕНИЕ 39

УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ



Линия нивелирования I класса
Линия нивелирования II класса
Линия нивелирования III класса
Линия нивелирования IV класса



Фундаментальный репер (фунд. реп.)



Грунтовый репер (грунт. реп.)



Скальный репер (ск. реп.)



Стенной репер (в стене или в отвесной скале) (стен. реп.)



Марка (стенная)



Временный репер (вр. реп.)



Пункт триангуляции или государственной полигонометрии



Пункт полигонометрии 1 и 2 разрядов

Нуль барометра метеостанции

Водомерный пост

ПРИЛОЖЕНИЕ 40

ИЗГОТОВЛЕНИЕ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РЕПЕРОВ

Материалы для изготовления бетона

Материалами для изготовления бетона служат цемент, песок, гравий (или щебень) и вода.

Наилучшим цементом для изготовления бетонных реперов следует считать портланд-цемент, обеспечивающий сравнительно быстрое твердение и высокую прочность бетона.

Шлакопортланд-цементы и пуццолановые портланд-цементы твердеют медленнее и обладают меньшей морозостойкостью, однако они химически более стойки по сравнению с портланд-цементом. Очень медленно твердеющим цементом и обеспечивающим невысокую прочность бетона является роман-цемент, который не рекомендуется для изготовления бетонных реперов. К числу быстротвердеющих цементов относятся БТЦ (быстротвердеющий портланд-цемент) и глиноземистый цемент; последний через сутки затвердевает на 80—90% своей 28-дневной прочности и обладает хорошей химической стойкостью.

Химически стойким цементом является также сульфатостойкий портланд-цемент, выдерживающий действие морской воды и сульфатных грунтовых вод.

Прочность цементов характеризуется их марками (100, 200, 300, 400 и более), указывающими на предел сопротивления сжатию в кгс/см^2 образцов 28-дневного возраста.

Песок для изготовления бетона рекомендуется крупный или средний с диаметром зерен не менее 1 мм; применение мелкого песка снижает прочность бетона.

Щебень и гравий желательно применять крупные (4—6 см), однако размером не свыше $^1/_4$ сечения бетонного блока. Щебень, вследствие угловатой формы частиц, обеспечивает бóльшую прочность бетона, чем гравий.

Важнейшее условие обеспечения высокого качества бетона — чистота заполнителей. Количество глинистых, илистых и землистых примесей в песке не должно превышать по весу 3—5%, а в щебне и гравии — 1—2%.

Для изготовления бетона следует применять пресную чистую воду. Болотную, сильно минерализованную или загрязненную воду употреблять нельзя. Применение морской воды допускается как исключение лишь в случае значительных затруднений с доставкой пресной воды.

Состав бетона

Состав бетонной смеси по объему (цемент, песок, щебень) для изготовления железобетонных и бетонных элементов реперов, подлежащих перевозке с баз к местам закладки, следует принимать в соотношении 1 : 2 : 4; такое же соотношение должно быть при изготовлении бетонных и железобетонных пилонов в котлованах. Для бетонных якорей, изготавливаемых в котлованах, может быть принят состав бетонной смеси 1 : 3 : 5.

Для изготовления транспортируемых элементов следует по возможности использовать цемент марки 400—500, но не ниже 300; при изготовлении бетонных реперов в котлованах можно применять цемент более низкой марки, но желательно не ниже 200.

Воды в бетонной смеси должно быть не больше, чем необходимо для придания смеси пластичности, достаточной для заполнения формы без пустот. Избыточная вода в бетонной смеси понижает прочность бетона и повышает его водопроницаемость. Водоцементное отношение (весовое соотношение воды и цемента) не должно быть больше 0,8.

Изготовление бетонных и железобетонных элементов реперов

Помимо чистоты заполнителей, большое значение для качества бетона имеет тщательное перемешивание как сухой бетонной смеси, так и бетонного раствора. Заполнять формы бетоном следует не позже чем через 30 мин после его изготовления.

Для повышения прочности пилонов, особенно подлежащих транспортировке, производят их армирование. В качестве арматуры используют горячекатаную арматурную сталь («катанку») следующего сечения:

для рядовых грунтовых реперов

продольные стержни (в зависимости от высоты пилона) . . . . . 10—12 мм
поперечные хомутики . . . . . 5— 6 мм

для фундаментальных реперов

продольные стержни . . . . . 13—15 мм
поперечные хомутики . . . . . 6— 8 мм

Арматурные каркасы сваривают или скрепляют вязальной проволокой Ø 1 мм. Ширина каркасов должна быть такой, чтобы толщина слоя бетона снаружи каркаса была равна 2 см.

Железобетонные пилоны для рядовых реперов (см. рис. 1, 3) изготавливают в многоячейковых (6—8) разборных опалубках, смонтированных в горизонтальном положении на одном щите. Поперечное внутреннее сечение опалубки 16 × 16 см. Вначале на дно опалубки укладывают и утрамбовывают слой бетона толщиной 2 см, на который кладут арматурные каркасы. Затем все свободное пространство опалубок заполняют бетонным раствором, который тщательно штыкуют, утрамбовывают и выравнивают заподлицо с краями опалубок.

Для заделки марок в пилоны в торцовой части каждой опалубки делают отверстие диаметром 60 мм, в которое до заполнения опалубки бетоном вставляют марку.

Для изготовления бетонных якорей с выемкой для нижней части пилона в бетонный раствор, заполняющий опалубку, вставляют на глубину 20 см окантованный на четыре грани отрезок бревна сечением 20 × 20 см. В начале твердения бетона этот отрезок вынимают.

Пилоны и якори выдерживают в тени при температуре не менее +15° в течение 10 дней; при этом их укрывают смоченной мешковиной. При небольших положительных температурах (4—8°) процесс твердения бетона сильно замедляется, а при 0° прекращается.

Для ускорения твердения бетона в состав его вводят хлористый кальций (3% для неармированного и 2% для армированного бетона) или хлористый натрий (соответственно 2 и 1,5% от веса цемента).

Вынимать бетонные элементы реперов из опалубок (или снимать опалубки при изготовлении пилонов в котлованах) следует не раньше чем через 3—5 дней после их изготовления. После снятия опалубок раковины и углубления на боковых стенках пилонов затирают цементным раствором 1 : 3 (одна часть цемента и три части песка).

В труднодоступных районах при отсутствии щебня и гравия разрешается для изготовления якорей в грунте естественной плот-

ности использовать вместо бетонного цементный раствор в соотношении 1 : 5.

При закладке марок и оснований реперов в скальную породу используют цементный раствор в соотношении 1 : 3.

ПРИЛОЖЕНИЕ 41

ЗАДЕЛКА ЯКОРЕЙ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ РЕПЕРОВ В ГРУНТ ЕСТЕСТВЕННОЙ ПЛОТНОСТИ

Закладка фундаментальных реперов с заделкой якорей в грунт естественной плотности повышает сопротивляемость знаков действию сил выпучивания и позволяет обходиться без опалубки.

Выкапывают котлован глубиной, соответствующей глубине расположения верхней грани якоря. В дне котлована делают четырехгранную выемку (с отвесными стенками) по размерам верхней грани и высоте якоря. При этом две смежные стенки выемки должны быть продолжением отвесных стенок котлована. Далее все боковые стенки выемки расширяют книзу до необходимых размеров. Выемку заполняют бетонным раствором. Затем монтируют арматуру и устанавливают опалубку для изготовления верхней части репера.

ПРИЛОЖЕНИЕ 42

ЗАЩИТА РЕПЕРОВ ОТ КОРРОЗИИ

Металлические трубы реперов покрывают битумом марки III (температура размягчения 50°).

Очищенную от ржавчины, окалины и грязи трубу покрывают слоем грунтовки (одна часть битума и три части бензина, по объему). На грунтовку наносят слой разогретого до текучести битума толщиной 2 мм. После застывания первого слоя наносят второй слой, обеспечивая общую толщину покрытия в 4 мм, и сразу же обертывают трубу крафт-бумагой.

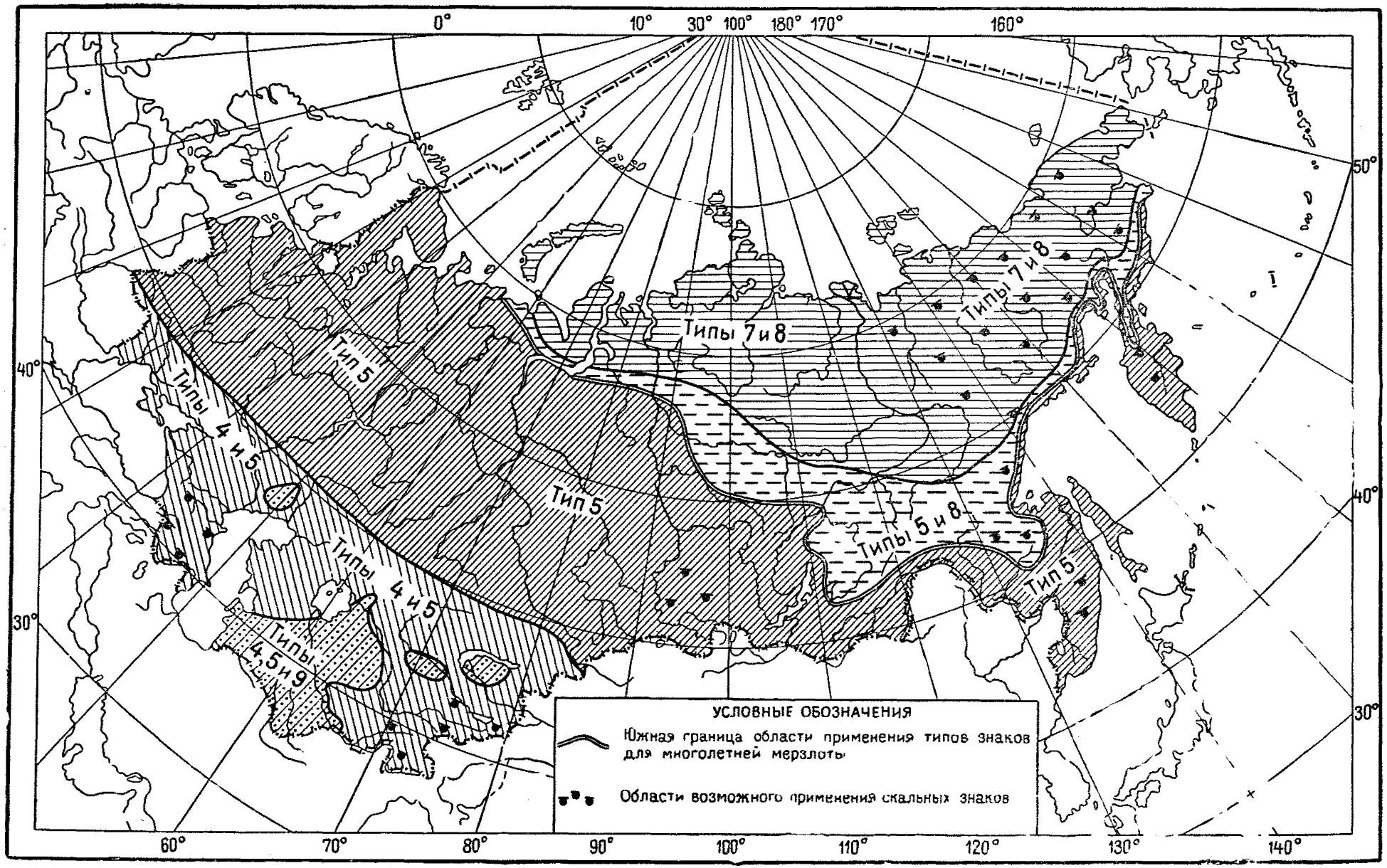
В условиях агрессивных грунтовых вод закладывают грунтовые реперы, изготовленные из плотного бетона с использованием специальных сортов цемента (пуццолановый, шлакопортланд-цемент, сульфатостойкий, глиноземистый и др.). Повышение плотности бетона достигается увеличением количества цемента при составлении смеси (не менее 300—330 кг на 1 м³ бетона), уменьшением количества воды (водоцементное отношение не более 0,5—0,6) и тщательным штыкованием и утрамбовкой бетонной смеси в опалубках.

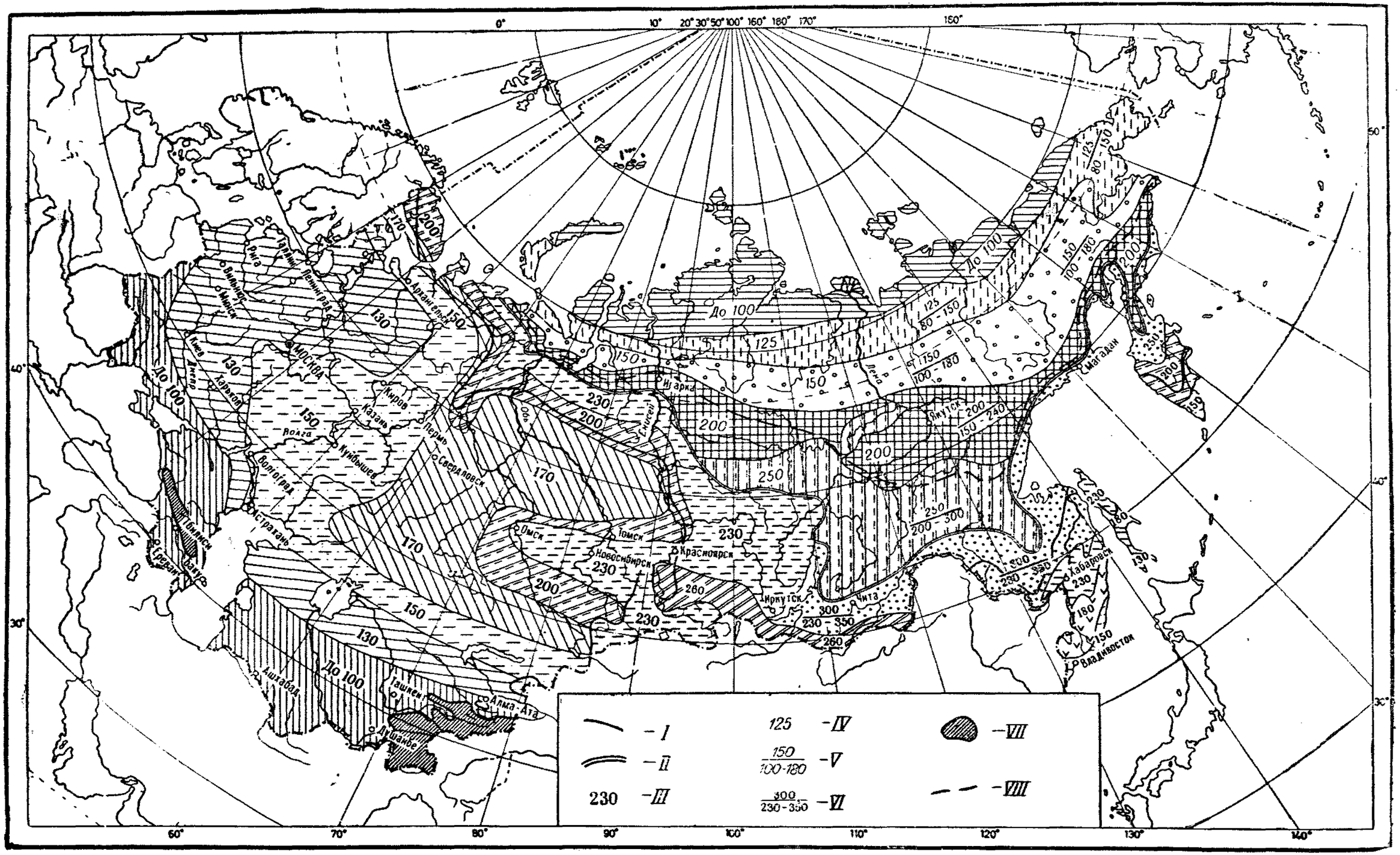
В условиях особо агрессивных грунтовых вод реперы, изготовленные из плотного бетона, покрывают слоем битума толщиной 4 мм.

Битумное покрытие труб и бетонных пилонов следует производить на базах экспедиций или партий.

СХЕМА ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ТИПОВ РЕПЕРОВ

ПРИЛОЖЕНИЕ 43




0°
10°
20°
30°
50°
100°
160°
180°
170°
150°
50°
30°
60°
70°
80°
90°
100°
110°
120°
130°
140°
Архангельск
Рига
Вильнюс
Минск
Киев
Харьков
Ленинград
МОСКВА
Горький
Казань
Пермь
Волга
Куйбышев
Свердловск
Волгоград
Астрахань
Тбилиси
Ереван
Баку
Ашхабад
Ташкент
Алма-Ата
Душанбе
Омск
Томск
Новосибирск
Красноярск
Иркутск
Чита
Игарка
Якутск
Лена
Магадан
Хабаровск
Владивосток
Енисей
До 100
125
150
170
180
200
230
240
250
260
300
80 - 150
100 - 180
150 - 240
200 - 300
230 - 350
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII

Схематическая карта глубин промерзания и протаивания грунтов на территории СССР для установления глубины закладки центров и реперов

Условные обозначения:

I — южная граница области распространения многолетнемерзлых пород

II — южная граница области с преобладанием многолетнемерзлых пород

III — глубина промерзания грунтов (в см), принимаемая для расчета глубины закладки знаков

IV — глубина протаивания грунтов (в см), принимаемая для расчета глубины закладки знаков

V — глубина протаивания в горных районах (в см), в числителе — грунтов средней дисперсности, в знаменателе — мелко- и крупнодисперсных грунтов, способных подвергаться морозному пучению

VI — глубина промерзания в горных районах (в см) — показатели те же

VII — высокогорные области с преимущественно скальными или каменистыми переохлажденными породами

VIII — южная граница области применения способа закладки знаков при помощи протаивания скважин в мерзлом грунте

ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОЛНОЙ ГЛУБИНЫ ПРОТАИВАНИЯ ГРУНТА ПО ГЛУБИНЕ ПРОТАИВАНИЯ НА МОМЕНТ РЕКОГНОСЦИРОВКИ

Полная глубина протаивания вычисляется по формуле

$$H = \frac{h}{n},$$

где H — полная мощность деятельного слоя,
h — глубина протаивания на момент рекогносцировки,
n — показатель протаивания.

Приближенные значения показателя протаивания приводятся в таблице.

Время шурфования	Показатель протаивания	
	южная часть зоны	северная часть зоны
1 июня	0,50	0,00
15 июня	0,65	0,30
1 июля	0,75	0,60
15 июля	0,80	0,75
1 августа	0,85	0,85
15 августа	0,90	0,90
1 сентября	0,95	0,95
15 сентября	0,98	1,00

Такой способ определения полной глубины протаивания дает наиболее надежные результаты после 1 июля, наименее надежные — весной.

Пример: на 15 августа глубина протаивания для пункта, находящегося в южной зоне, была 1,45 м.

Полная глубина протаивания будет $H = \frac{1{,}45}{0{,}90} = 1{,}61$ м.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения 3
2. Составление проекта 7
3. Рекогносцировка и обследование линий нивелирования 10
   Рекогносцировка линий I и II классов 10
   Обследование ранее проложенных линий нивелирования 13
4. Нивелирные знаки 15
   Реперы 15
   Фундаментальные реперы 24
5. Нивелирование I класса 28
   Инструменты 28
   Лабораторные исследования и поверки нивелира (полные) 29
   Исследования и поверки реек 30
   Нивелирование I класса 31
6. Нивелирование II класса 36
   Инструменты, их поверки и исследования 36
   Нивелирование II класса 37
7. Особенности нивелирования I и II классов в районах Севера и Северо-Востока СССР 41
8. Связь линий нивелирования I и II классов 43
9. Особые случаи нивелирования I и II классов 44
10. Нивелирование III класса 47
    Инструменты, их поверки и исследования 47
    Нивелирование III класса 48
11. Нивелирование IV класса 51
    Инструменты, их поверки и исследования 51
    Нивелирование IV класса 52
12. Особые случаи нивелирования III и IV классов 53
13. Полевые журналы 55
14. Полевые вычисления 56
15. Перечень материалов, подлежащих сдаче 56

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Список обследованных и восстановленных нивелирных знаков 58
2. Акт о сдаче геодезического пункта (нивелирного знака) местному органу власти (землепользователю) на наблюдение за сохранностью . . 59
3. Осмотр и поверки нивелиров 61
4. Исследование зрительной трубы 66
5. Исследование цилиндрического уровня 68
6. Исследование работы механизма, наклоняющего плоскопараллельную пластинку, и определение цены деления отсчетного барабана 80

7. Определение коэффициента дальномера и асимметрии нитей 84
8. Исследование на экзаменаторе работы элевационного винта 86
9. Исследование правильности хода фокусирующей линзы 88
10. Проложение контрольного хода 91
11. Определение прогиба рейки 91
12. Поверка правильности нанесения дециметровых делений шкал рейки . . 92
13. Поверка перпендикулярности плоскости пятки рейки к оси рейки и совпадения плоскости пятки с нулем основной шкалы 93
14. Определение разности высот нулей шкал инварных реек 95
15. Контрольное определение длины метровых интервалов шкал рейки . . 96
16. Поверка правильности установки круглого уровня на рейке 97
17. Определение цены деления круглого уровня при помощи теодолита . . 97
18. Определение коэффициента дальномера 98
19. Поверки нивелира НВ 99
20. Поверки нивелира НГ 100
21. Поверки и юстировки нивелиров с компенсатором 101
22. Определение средней длины одного метра шашечной рейки 102
23. Определение ошибок дециметровых делений рейки 104
24. Определение разности высот нулей шашечных реек 106
25. Образец записи в журнале нивелирования I класса 107
26. Указания по уходу за инструментами 110
27. Ведомость превышений и высот пунктов нивелирования I класса . . . 111
28. Образец записи в журнале нивелирования II класса 114
29. Ведомость превышений и высот пунктов нивелирования II класса . . 118
30. Образец записи в журнале нивелирования III класса с рейками, имеющими сантиметровые деления на черной и красной сторонах 122
31. Образец записи в журнале нивелирования IV класса с рейками, имеющими сантиметровые деления на черной и красной сторонах . . 124
32. Ведомость превышений и высот пунктов нивелирования III класса . . 126
33. Ведомость превышений и высот пунктов нивелирования IV класса . . 128
34. Определение длины интервалов щитка 129
35. Журнал нивелирования I и II классов через препятствия шириной до 150 м 130
36. Нивелирование через препятствие шириной 150—400 м способом «совмещения» 134
37. Нивелирование через препятствие шириной более 400 м способом «подвижной марки» 141
38. Нивелирование через препятствие шириной более 400 м способом «наведения» 145
39. Условные знаки 151
40. Изготовление бетонных и железобетонных реперов 151
41. Заделка якорей фундаментальных реперов в грунт естественной плотности 154
42. Защита реперов от коррозии 154
43. Схема областей применения типов реперов 155
44. Схематическая карта глубин промерзания и протаивания грунтов на территории СССР для установления глубины закладки центров и реперов . . . . . 156—157
45. Вычисление полной глубины протаивания грунта по глубине протаивания на момент рекогносцировки 158

gost.e-ecolog.ru