

Қазақстан Республикасының Цифрлық даму,
инновациялар және аэроғарыш өнеркәсібі
министрлігіПриказ Министра цифрового
развития, инноваций и
аэрокосмической
промышленности Республики
Казахстан от 16 марта 2023 года №
94/НК. Зарегистрирован в
Министерстве юстиции
Республики Казахстан 17 марта
2023 года № 32090Министерство цифрового развития, инноваций и
аэрокосмической промышленности Республики
Казахстан

Об утверждении Инструкции по нивелированию

В соответствии с подпунктом 28) статьи 13 Закона Республики Казахстан
«О геодезии, картографии и пространственных данных», **ПРИКАЗЫВАЮ:**

1. Утвердить прилагаемую Инструкцию по нивелированию.
2. Комитету геодезии и картографии Министерства цифрового развития, инноваций и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан в установленном законодательством порядке обеспечить:
 - 1) государственную регистрацию настоящего приказа в Министерстве юстиции Республики Казахстан;
 - 2) размещение настоящего приказа на интернет-ресурсе Министерства цифрового развития, инноваций и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан.
3. Контроль за исполнением настоящего приказа возложить на курирующего вице-министра цифрового развития, инноваций и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан.
4. Настоящий приказ вводится в действие по истечении десяти календарных дней после дня его первого официального опубликования.

**Министр цифрового
развития, инноваций и аэрокосмической промышленности**

**Б.
Мусин**



QR-код содержит данные ЭЦП должностного лица РГП на ПХВ «ИЗПИ»



QR-код содержит ссылку на
данный документ в ЭКБ НПА РК

Республики Казахстан

Приложение к приказу
Министра цифрового развития,
инноваций и аэрокосмической
промышленности Республики
Казахстан от 16 марта
2023 года № 94/НК

Инструкция по нивелированию

Глава 1. Общие положения

1. Настоящая Инструкция по нивелированию (далее – Инструкция) разработана в соответствии с подпунктом 28) статьи 13 Закона Республики Казахстан «О геодезии, картографии и пространственных данных» (далее – Закон).

2. В Инструкции используются следующие понятия:

1) способ «наведения» – способ отсчета по рейке, когда нивелиром, приведенным в горизонтальное положение, сетка нитей визирной трубы наводится на ближайшие деления рейки;

2) Балтийская система высот – принятая в СССР система нормальных высот, отсчет которых ведётся от нуля Кронштадтского футштока;

3) рекогносцировка – технологический процесс, заключающийся в определении на месте степени готовности объекта геодезических или топографических работ к проведению этих работ;

4) уполномоченный орган в сфере геодезии, картографии и пространственных данных (далее – уполномоченный орган) – центральный исполнительный орган, осуществляющий руководство и межотраслевую координацию в сфере геодезии, картографии и пространственных данных;

5) геодинамический полигон – линий нивелирования I и II класса образующие замкнутый полигон;

6) вековой репер – пункт Государственной нивелирной сети, закладываемый в места пересечений линий нивелирования I класса, уровенные посты и основные пункты нивелирной сети геодинамических полигонов;

7) урвненный пост – место, оборудованное для наблюдений над уровнем моря;

8) способ «подвижной марки» – способ отсчета, где смещения створной точки определяют по неподвижной шкале путём введения визирной марки с отсчётным индексом в створ зрительной трубы оптического прибора;

9) Кронштадский футшток – футшток для измерения высоты уровня Балтийского моря, установленный на устое Синего моста через Обводный (Проводной) канал в Кронштадте;

10) нуль Кронштадского футштока – горизонтальная черта на медной пластине, равная среднему уровню Балтийского моря, вычисленному по результатам многолетних наблюдений;

11) субъект геодезической и картографической деятельности (далее – исполнитель работ) – центральные государственные органы и местные исполнительные органы Республики Казахстан в пределах их компетенции, установленной законодательством Республики Казахстан, физические и юридические лица;

12) нормальная система высот – ортометрический способ определения высоты относительно уровня моря;

13) двойной нивелирный ход – нивелирование, осуществляемое одним прибором в прямом и обратном направлениях;

14) государственная нивелирная сеть – нивелирная сеть, используемая в целях установления и (или) распространения государственной системы отсчета высот;

15) нивелирная сеть – совокупность геодезических пунктов, высоты которых определены в общей для них системе отсчета высот;

16) нивелирование – определение высот точек земной поверхности относительно избранной точки или над уровнем моря;

17) невязка – численное значение невыполнения математического соотношения между измеренными величинами, возникающее вследствие ошибок результатов измерений этих величин;

18) абрис – чертеж, составляемый исполнителем работ непосредственно на объекте;

19) Национальный фонд пространственных данных (далее – Фонд) – совокупность пространственных данных в цифровом и (или) аналоговом виде, подлежащих учету, длительному хранению в целях их дальнейшего использования субъектами геодезической и картографической деятельности, имеющая общегосударственное, межотраслевое значение, специальное и (или) отраслевое значение;

20) футшток – уровнемер в виде рейки (бруса) с делениями, установленный на водомерном посту для наблюдения и точного определения уровня воды в море, реке или озере;

21) фундаментальный репер – закладываемый на линиях нивелирования I и II классов каждые 60 километр, на узловых пунктах, вблизи морских, основных речных и озерных уровенных постов.

3. Государственная нивелирная сеть Республики Казахстан предназначена для распространения единой системы высот на территории всей страны и является высотной основой всех топографических съемок и инженерно-геодезических работ, выполняемых для удовлетворения потребностей экономики, науки и обороны страны.

4. Государственная нивелирная сеть Республики Казахстан разделяется на нивелирные сети I, II, III и IV классов.

5. На всей территории Республики Казахстан применяется Балтийская система, где вычисление высот производится в нормальной системе высот. За исходный уровень принят средний уровень Балтийского моря (нуль Кронштадтского футштока).

Глава 2. Нивелирование I, II, III и IV классов

6. Государственные нивелирные сети I и II классов являются главной высотной основой Республики Казахстан.

Государственные нивелирные сети I и II классов используются для решения следующих научных задач:

- 1) изучения фигуры Земли и ее внешнего гравитационного поля;
- 2) определения разностей высот и наклонов среднеуровенной поверхности морей на территории Республики Казахстан.

7. На всех линиях I класса каждые 25 лет, а в сейсмоактивных районах каждые 15 лет, выполняется повторное нивелирование и каждые 35 и 25 лет соответственно – выполняется повторное нивелирование II класса. Сейсмоактивные районы устанавливаются по картам сейсмического районирования Республики Казахстан.

Результаты повторного нивелирования I и II классов применяются:

- 1) для поддержания высотной сети на современном уровне;
- 2) для изучения современных вертикальных движений земной поверхности;
- 3) для прогнозирования влияния производства на окружающую среду, особенно при добыче нефти, газа и других полезных ископаемых;
- 4) для сейсмического районирования территории Республики Казахстан, выявления предвестников землетрясений.

В горных районах результаты повторного нивелирования используют для изучения строения земной коры, получения данных о скоростях и направленности движений отдельных блоков, выявления действующих разломов и разрывов в земной коре.

8. Линии нивелирования I и II классов прокладываются преимущественно вдоль шоссе или железных дорог, а при их отсутствии, особенно в труднодоступных районах страны, — по берегам рек, тропам и зимникам. Во всех случаях линии нивелирования I и II классов прокладываются по трассам с наиболее благоприятными для данного района грунтовыми условиями и с наименее сложным рельефом.

9. Особенности создания высотных сетей в городах и на геодинамических полигонах указаны в параграфах 1 и 2 настоящей Инструкции.

10. Нивелирование I класса выполняются с применением современных приборов и методов наблюдений, позволяющих исключать систематические ошибки нивелирования. Полученные из обработки допустимые значения случайных и систематических средних квадратических ошибок нивелирования I,

II, III и IV классов и невязки в полигонах I, II, III и IV класса, приведены в таблице 1 к настоящей Инструкции.

Таблица 1

Класс нивелирования	Предельная средняя квадратическая ошибка		Допустимые невязки в полигонах и по линиям f , мм
	случайная η , мм/км	систематическая σ , мм/км	
I	0,8	0,08	3 мм $\sqrt{L}^*$
II	2,0	0,20	5 мм $\sqrt{L}$
III	5,0	—	10 мм $\sqrt{L}$
IV	10,0**	—	20 мм $\sqrt{L}$

* L — периметр полигона или длина линии, км.

** Ошибку вычисляют по невязкам линий или полигонов.

11. Средние квадратические ошибки нивелирования вычисляются по формулам:

$$\eta^2 = \frac{1}{4n} \sum \frac{d^2}{r}; \quad \sigma^2 = \frac{1}{4\sum L} \sum \frac{s^2}{L},$$

где $d = h_{\text{пр}} - h_{\text{обр}}$; $h_{\text{пр}}$ и $h_{\text{обр}}$ — превышения по секциям, полученные соответственно в прямом и обратном ходах, мм; r — длина секции, км; n — число секций; s — накопление разностей $\sum d$ на участке (линии), мм; L — длина этого участка (линии), км.

Минимальная протяженность участка (линии) составляет 100 км. Периметры полигонов нивелирования в зависимости от районов работ и других условий указаны в таблице 2 к настоящей Инструкции.

Таблица 2

Класс нивелирования	Периметры нивелирных полигонов, км				
	Обжитые районы Республики Казахстан	Малообжитые районы Республики Казахстан	Локальные и площадные гео-динамические полигоны	Города	
				застроенная территория	незастроенная территория
I	1200	2000	40	—*	—*
II	400	1000	20	50	80
III**	60-150	100-300	—	25	40
IV**	20-60	25-80	—	8	12

* Периметры нивелирных полигонов I класса в городах устанавливаются в зависимости от очертаний городской территории.

** Периметры полигонов III и IV классов зависят от назначения нивелирных работ.

Периметры полигонов I класса, указанные в таблице 2 к настоящей Инструкции, в качестве среднего периметра группы смежных полигонов. Полигоны малого периметра, расположенные среди смежных полигонов I класса, образованные в результате формирования узла, полигоны, созданные для дополнительного изучения вертикальных деформаций при вычислении среднего периметра смежных полигонов I класса не участвуют.

Периметры полигонов II класса, указанные в таблице 2 к настоящей Инструкции, рассматриваются в качестве среднего периметра полигонов II класса, заполняющих полигон I класса. Полигоны малого периметра, расположенные среди смежных полигонов II класса, образованные в результате формирования узла, полигоны, созданные для дополнительного изучения вертикальных деформаций при вычислении среднего периметра смежных полигонов II класса не участвуют. Для полигонов II класса, находящихся вне полигона I класса, средний периметр определяется, как и для группы смежных полигонов I класса.

12. Вновь создаваемые узлы связи линий нивелирования I и II классов главной высотной основы формируются на территориях, не подверженных значительным вертикальным деформациям земной поверхности (свыше 4 мм /год), что обеспечивает минимальное влияние вертикальных деформаций на невязки превышений в полигонах.

Узлы связи (узловые реперы) существующих линий нивелирования I и II классов, расположенные в зонах техногенных вертикальных деформаций земной поверхности, переносятся из зон деформаций для формирования новых узлов связи.

13. Нивелирная сеть II класса создается внутри полигонов I класса как отдельными линиями, так и в виде системы линий с узловыми пунктами, образуя полигоны. Полученные из обработки значения случайных и систематических

средних квадратических ошибок нивелирования II класса, невязки полигонов и их периметры не допускается превышение значений, указанных в таблицах 1 и 2 к настоящей Инструкции.

14. В линии государственного нивелирования включаются или привязываются пункты спутниковой геодезической сети.

15. В линии нивелирования I и II классов примыкаются к морям или проложены вдоль больших рек и озер, включаются основные и рабочие реперы, нули уровенных реек вековых и постоянных морских, основных речных и озерных уровенных постов. В случаях, когда посты расположены на расстоянии 1 км и выше от линий нивелирования I класса, привязка осуществляется нивелированием II класса. Сведения о местонахождении вековых и постоянных морских, основных речных и озерных постов при составлении технических проектов по нивелированию I, II, III и IV классов запрашиваются в территориальных управлениях Казгидромета.

Привязку реперов на проектируемых морских уровенных постах выполняют геодезические предприятия по заявкам Казгидромета.

16. Нивелирные сети III и IV классов прокладываются внутри полигонов высшего класса как отдельными линиями, так и в виде системы линий, при этом сети и линии опираются минимум на два репера высшего класса. Допуски невязок в полигонах III и IV классов, их периметры и полученные из обработки значения средних квадратических ошибок не превышают значений приведенных в таблицах 1 и 2 к настоящей Инструкции.

17. При создании высотного обоснования крупномасштабных топографических съемок нивелирные сети III и IV классов прокладывают с расчетом обеспечения требуемой точности съемочного обоснования.

18. Линии государственной нивелирной сети I, II, III и IV классов закрепляются на местности реперами не ближе чем через 5 км (по трассе).

В труднодоступных районах на отдельных участках, где выбор местоположения реперов затруднен, расстояние между ними может быть увеличено до 7 км (по трассе).

В горных районах линии нивелирования I и II классов закрепляются скальными и стенными реперами через 1-2 км, а грунтовыми – через 3-4 км. На

геодинамических полигонах вблизи разломов и границ основных блоков закладываются реперы через 0,5-1,5 км. На каждой стороне блока или разлома закладываются минимум два репера.

19. На линиях нивелирования I, II, III и IV классов закладываются реперы следующих типов: вековые, фундаментальные, грунтовые, скальные, стенные и временные.

Каждый репер имеет свой индивидуальный номер, не повторяющийся на данной линии, а по возможности и на ближайших линиях нивелирования.

20. Вековые реперы обеспечивают сохранность главной высотной основы на продолжительное время, позволяют изучать современные вертикальные движения земной коры и колебания уровней морей и океанов, сохраняют полную независимость изучаемых явлений от экзогенных и техногенных процессов.

Вековыми реперами закрепляются места пересечений линий нивелирования I класса, уровенные посты, ведущие наблюдения за вековой изменчивостью уровня моря и основные пункты нивелирной сети геодинамических полигонов.

Результаты выбора мест закладки вековых реперов при составлении технических проектов представляются в уполномоченный орган, где одновременно утверждаются местоположение векового репера, его тип и внешнее оформление.

21. Фундаментальные реперы обеспечивают сохранность высотной основы на значительные сроки и позволяют изучать современные движения земной поверхности. Фундаментальные реперы закладываются на линиях нивелирования I и II классов каждые 60 км, на узловых пунктах, вблизи морских, основных речных и озерных уровенных постов.

В сейсмоактивных районах фундаментальные реперы закладываются не ближе чем через 40 км. На расстоянии 50-150 м от фундаментального репера закладывается репер-спутник.

22. Грунтовые, скальные, стенные реперы обеспечивают сохранность и надежность высотной основы на длительные сроки и используются для закрепления нивелирных сетей I, II, III и IV классов.

23. Временные реперы обеспечивают сохранность высотной опоры в течение нескольких лет и служат высотной основой при топографических

съемках. Временные реперы включают в ходовые линии нивелирования II, III и IV классов.

24. Координаты вековых и фундаментальных реперов определяются геодезическими приборами с ошибкой не превышающей 1 м, рядовых реперов и марок — с ошибкой не превышающей 10 м, в том числе с использованием бытовых спутниковых приемников, обеспечивающих требуемую точность определения координат реперов.

Прямоугольные координаты приводятся в государственной системе отсчета, утверждаемые Правительством Республики Казахстан в соответствии с подпунктом 2 статьи 12 Закона.

На каждый репер составляются абрис и даются описание его местоположения. Так же, расположение реперов изображается на карте масштаба 1:100 000, прилагаемые к материалам нивелирования.

25. Для перехода к системе нормальных высот измеренные превышения между реперами нивелирования I и II классов и нивелирования III класса в горных районах, исправляются поправками, и вычисляются по формуле:

$$\delta_h = \frac{1}{\gamma_m}(\gamma_A - \gamma_B)H_m + \frac{h}{\gamma_m}(g - \gamma)_m,$$

где γ_m — приближенное значение нормальной силы тяжести, принимаемое постоянным для всей территории страны и равное $9,8 \text{ м/с}^2$; γ_A и γ_B — нормальные ускорения силы тяжести на отсчетном эллипсоиде, соответствующие реперам А и В; $(g - \gamma)_m$ — среднее из аномалий силы тяжести на реперах А и В; H_m — среднее из абсолютных высот реперов А и В; h — измеренное превышение между реперами А и В.

Параграф 1. Нивелирные сети I, II, III и IV классов в городах, населенных пунктах и на промышленных площадках

26. В городах, с территорией свыше 500 км^2 , создаются нивелирная сеть I класса. Схемы построений нивелирных сетей I класса в городах делится на два вида:

1) система полигонов;

2) система пересекающихся линий.

Вид сети и расположение линий зависят от очертаний городской территории. Дальнейшее сгущение сети выполняются нивелированием II, III и IV классов.

Повторное нивелирование высотных сетей I и II классов выполняется в городах каждые 15 лет.

27. В городах, с площадью 50-500 км², создается нивелирная сеть II класса. Линиями нивелирования II класса покрывается вся территория города, как застроенная, так и незастроенная. Максимально допустимое расстояния между узловыми реперами в сети II класса 15 км на застроенной и 20 км на незастроенных территориях. Длины линий нивелирования II класса между исходными реперами I класса допускаются до 25 км. Периметры нивелирных полигонов II класса в городах указаны в таблице 2 к настоящей Инструкции.

28. Реперы на линиях нивелирования I и II классов в городах, населенных пунктах и на промышленных площадках закладываются на расстоянии максимум 2 км на застроенной и 3 км на незастроенных территориях. Первостепенными выбираются стенные репера, закладываемые в прочные каменные или железобетонные здания и сооружения.

29. В городах площадью 10-50 км² создается сеть III класса, а в населенных пунктах площадью меньше 10 км² — только нивелирная сеть IV класса.

30. Допустимые длины линий нивелирования III класса не превышают 10 км между узловыми реперами на застроенной и 15 км на незастроенной территориях, между реперами высшего класса — соответственно 15 и 20 км. Линии нивелирования III класса, прокладываются параллельно друг-другу и связывают между собой ходами до 5 км на застроенной и 8 км на незастроенных территориях.

Допустимые длины нивелирных линий IV класса между реперами высших классов не превышают 2 км на застроенной территории и 4 км на незастроенной территории, а между узловыми реперами — соответственно 1 и 2 км. Периметры нивелирных полигонов III и IV классов указаны в таблице 2 к настоящей Инструкции.

31. Реперы на линиях III и IV классов закладываются на улицах и проездах, застроенных капитальными зданиями, до 300 м, в мало застроенной части города

или населенного пункта расстояния между реперами допускается увеличивать до 800 м, на незастроенной территории реперы закладываются каждые 500-2000 м.

32. Нивелирные сети городов, населенных пунктов, крупных промышленных и гидротехнических объектов привязываются к государственной нивелирной сети. Для этого в местную нивелирную сеть включают не меньше двух реперов, с известными высотами из государственного нивелирования.

33. Исходные реперы нивелирной сети города располагаются в устойчивых зданиях и сооружениях, построенных не меньше за 7 лет до закладки, сохранность их предполагается на многие годы. Исходные реперы нивелирной сети города располагаются в зонах, не подверженных техногенным вертикальным деформациям. В качестве исходных реперов возможно использование фундаментальных и грунтовых реперов государственного нивелирования.

34. При создании высотных сетей в крупных городах и районах уникальных сооружений, расположенных в зонах с сейсмичностью свыше 7 баллов, для целей сейсмического микрорайонирования территории нивелирование выполняется по программе, предусмотренной для государственного нивелирования II класса. В этом случае нормальную длину визирного луча, высоту луча визирования над подстилающей поверхностью, допуски на расхождения $d = h_{\text{пр}} - h_{\text{обр}}$ принимают такими же, как при государственном нивелировании I класса.

35. Сеть нивелирования II класса при сейсмическом микрорайонировании строят в виде полигона с периметром до 15 км на застроенной территории и до 20 км на незастроенной территории. Допустимые невязки в этих полигонах не превышают $3 \text{ мм } \sqrt{L}$, где L — периметр полигона, км. Сроки повторного нивелирования устанавливаются, исходя из обнаруженных скоростей вертикальных движений земной поверхности.

Параграф 2. Нивелирование I и II классов на геодинамических и техногенных полигонах

36. Геодинамические полигоны подразделяются:

1) на локальные, приуроченные к активным глубинным разломам и разрывам земной коры;

2) площадные, охватывающие районы возможных эпицентров разрушительных землетрясений, районы крупных населенных пунктов и районы эксплуатируемых и строящихся гидростанций;

3) региональные, связывающие крупные геологические структуры.

37. На локальных и площадных полигонах высотные сети создаются в виде пересекающихся линий нивелирования I и II классов. Периметры нивелирных полигонов I и II классов указаны в таблице 2 к Настоящей инструкции.

38. Высотные сети на локальных и площадных построениях привязываются к главной высотной основе Республики Казахстан для получения высот в единой системе. Нивелирная сеть в этом случае рассматривается как свободная с опорой на один репер государственной нивелирной сети.

Высотные сети региональных построений входят в сеть государственного нивелирования I и II классов.

39. При закреплении линий на геодинамических полигонах первостепенными выбираются скальные и стенные репера.

Все существующие репера и неработающие скважины, находящиеся на расстоянии 0,5 км от линии нивелирования I класса и на расстоянии до 1 км от линии II класса, включаются в ходовые линии или привязывают к ним.

К неработающей скважине приваривают марку служащая вековым репером. При отсутствии на полигоне таких скважин, закладывается вековой репер. На площадке на расстоянии 30-70 м от векового репера закладываются все типы грунтовых центров и реперов, применяемых на данном полигоне. Два раза в год (зимой и летом) нивелируются все репера на площадке и сопоставляются полученные превышения. Неустойчивые нивелирные знаки исключаются из дальнейшего нивелирования.

40. Нивелирование I и II классов на геодинамических и техногенных полигонах – часть комплекса научных геофизических исследований, служащая для получения количественных характеристик деформаций земной поверхности. В этой связи, измерения выполняются несколькими последовательными циклами. Интервал времени между повторными нивелированиями устанавливается, исходя из ожидаемых скоростей современных вертикальных движений земной коры.

41. При проектировании нивелирных сетей на техногенных полигонах расстояние между границей месторождения и реперами, считающимися неподвижными, принимается равным 8-кратной глубине нижнего эксплуатируемого горизонта, но во всех случаях не меньше 6 км. Проектируемые линии прокладываются в виде сетей или отдельных линий. Минимум от четырех пунктов (реперов) периметра нивелирного полигона, совпадающего с контуром месторождения, прокладываются ходы к реперам, считаются неподвижными. Линии полигона прокладываются с максимальным совпадением с ранее проложенными линиями нивелирования. Новые линии располагаются вдоль местных путевых магистралей или на местности, благоприятной для нивелирования.

Параграф 3. Составление проекта

42. Технические проекты на нивелирные работы разрабатываются руководствуясь требованиями настоящей Инструкции, действующих нормативных документов по проектированию и утверждаются исполнителями работ до начала работ.

Перед составлением проекта собираются и анализируются все материалы ранее выполненных нивелирных работ. Сведения об этих работах осуществляются Фондом и соответствующими организациями, производившими нивелирные работы.

При анализе материалов ранее выполненных нивелирных работ учитываются на величины вертикальных деформаций земной поверхности в зонах узлов связи нивелирной сети (планируемого места связи проектируемых и существующих линий нивелирования).

При обнаружении значительных деформаций земной поверхности в районе расположения узлового пункта (репера), влияющих на величину замыкания полигона с учетом новых измерений, в техническом проекте предусматриваются работы по формированию нового узлового пункта и его связь с существующими линиями нивелирования.

43. Обследование и рекогносцировка производятся до составления проекта на восстановление и закладку реперов и нивелирование I и II классов, что

обеспечивает получение достоверных сведений об объемах проектируемых работ и повышает качество проектов.

44. В техническом проекте устанавливаются объем работ, их сметная стоимость, технология выполнения нивелирования и материально-техническая обеспеченность.

В проекте указываются:

- 1) краткая характеристика физико-географических и климатических условий района работ;
- 2) назначение проектируемых работ;
- 3) исходные реперы;
- 4) сведения о ранее исполненных нивелирных работах и способах их связи с проектируемыми работами;
- 5) данные о скоростях вертикальных движений вдоль линий повторного нивелирования, сходящихся в планируемом узле связи, или карты (фрагменты карт) вертикальных движений на территорию узла связи, созданные по данным последнего повторного нивелирования;
- 6) обоснование формирования нового узла связи;
- 7) данные о гравиметрических работах для нивелирования I и II классов во всех районах страны, для нивелирования III класса – в горных районах;
- 8) сведения о ранее заложенных реперах и обоснование выбора типов запроектированных реперов;
- 9) число проектируемых реперов по типам;
- 10) линия повторного нивелирования I и II классов – обоснование изменений и дополнений, внесенные проектом в положение и закрепление существующей линии;
- 11) технология выполнения работ по закладке реперов и проведению нивелирования;
- 12) приборы и способы нивелирования;
- 13) особые случаи нивелирования (например, передача высот на уровенные посты, через водные препятствия);

14) порядок обработки результатов нивелирования;

15) технология инструментального определения координат реперов.

45. Проектирование линий нивелирования всех классов выполняются на картах масштабов 1:100 000–1:200 000. В необходимых случаях проект уточняется в деталях по картам крупного масштаба. При проектировании линий нивелирования II, III и IV классов на карту наносятся существующие репера, пункты спутниковой геодезической сети, пункты триангуляции и полигонометрии всех классов, расположенные от проектируемых линий на расстоянии до 3 км. Рекомендуется совмещать линии нивелирования с пунктами спутниковой геодезической сети и с ходами полигонометрии, прокладываемыми с целью развития и сгущения геодезических сетей.

При проектировании линий нивелирования III и IV классов для обеспечения топографических съемок в масштабе 1:10 000 и крупнее в нивелирную сеть включаются все пункты спутниковой геодезической сети I класса (СГС-1), триангуляции и полигонометрии 1, 2, 3 и 4 классов и учитываются требования нормативных документов уполномоченного органа по выполнению геодезических работ при топографических съемках в масштабах 1:10 000 и крупнее.

При проектировании линий нивелирования III и IV классов, прокладываемых для определения высот пунктов СГС-1 и триангуляции, на карту наносятся существующие и проектируемые пункты.

Независимо от границ съемочного участка линии нивелирования III класса проектируются – в пределах полигона II класса, а линии нивелирования IV класса – в пределах полигона III класса. В технических проектах на нивелирование II, III и IV классов предусматривается закладка временных реперов, предназначенных для использования при топографической съемке.

46. Проектируемые линии нивелирования I или II классов начинаются или заканчиваются на узловых реперах, определяемые при формировании узловых пунктов нивелирной сети. В качестве узловых реперов используются вековые или фундаментальные реперы, обеспечивающие долговременную сохранность узлового репера сети.

Трасса проектируемой линии, пересекающая узловые пункты нивелирной сети I и II классов, включает в ход узловой репер.

47. Проекты связи новой линии с существующими линиями разрабатываются с учетом того, что начало и конец проектируемой линии связываются с существующими линиями нивелирования высокого или того же класса.

Узлы связи новых линий нивелирования I и II классов с существующими линиями нивелирования высокого или того же класса сформировываются в зонах с минимальными значениями вертикальных деформаций земной поверхности, определяемые по результатам повторного нивелирования существующих линий нивелирования.

Проектируемая линия связывается с существующими, пересекаемыми ею, линиями нивелирования всех классов.

Связь проектируемых и существующих линий нивелирования I и II классов осуществляются путем включения в линию одного репера и выполнения контрольного нивелирования по примыкающей к нему секции существующей линии. Контрольное нивелирование, выполняются по секции, примыкающей к фундаментальному реперу. Для связи линий проводится контрольное нивелирование между смежными реперами. Выполнение контрольного нивелирования при связи линий одного класса выполняется по соответствующей методике. При связи линий нивелирования различных классов, например I класса со II классом, контрольное нивелирование по примыкающей секции выполняется II классом.

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

Привязка линий нивелирования III и IV классов к фундаментальным реперам запрещается.

Все реперы (кроме временных) ранее исполненного нивелирования, расположенные на проектируемой линии нивелирования I и II классов, включаются в нее. Реперы, находящиеся вблизи новой линии, привязываются отдельными ходами между двумя постоянными реперами.

Связь проектируемой линии I класса с существующими линиями III и IV классов предусматриваются только в тех случаях, когда реперы III и IV классов расположены не далее 500 м от линии нивелирования I класса, от линии II класса – до 3 км.

48. На каждый образуемый узел связи линий нивелирования составляется особая схема в крупном масштабе показывающая направления всех связываемых линий и существующие репера, подлежащие включению в проектируемую линию или в контрольное нивелирование.

49. Нивелирование через водные препятствия проектируется в наиболее узких местах, используя острова и мели.

При ширине водного препятствия на линии нивелирования I, II и III классов 150 м и выше, на обоих берегах предусматривается закладка реперов (по одному на каждом берегу). Каждый репер по возможности намечают в незатопляемой зоне. Допустимое превышение между ними максимум 0,5 м.

50. В проекте линий повторного нивелирования I и II классов предусматриваются:

1) при разреженном закреплении реперами ранее проложенных линий нивелирования дополнительную закладку реперов современных типов;

2) привязка к новым реперам реперов ранее проложенной линии, при изменении положения линии нивелирования. Привязка выполняется отдельными ходами между двумя постоянными реперами нивелирования соответствующего класса либо нивелирования II класса по ранее проложенной линии между двумя новыми реперами. В первом случае привязываются реперы, расположенные друг от друга на расстоянии 20-50 км, во втором – включаются все сохранившиеся реперы ранее проложенного нивелирования;

3) включение основных реперов и обязательную привязку рабочих реперов и нулей рек морских и речных уровенных постов, в том числе не привязанные при первоначальном нивелировании.

51. При проектировании высотной основы морских уровенных и основных речных постов необходимо уровенный пост оборудовать минимально тремя реперами: двумя основными, один из них фундаментальный и рабочим.

Основные реперы служат для проверки положения рабочего репера и для закрепления нуля поста. В качестве основных используются реперы, находящиеся не далее 3 км от поста. Рабочий репер, предназначенный для систематического контрольного нивелирования измерительных устройств, располагаются в непосредственной близости от этих устройств и вне зоны затопления высокими водами.

В целях повышения достоверности помещаемых в каталоге значений уровней морей и крупных озер изучается схема передачи высот на уровненом посту, делаются соответствующие зарисовки и контрольное определение нуля уровненого поста.

52. При проектировании типов реперов и глубины их закладки используется схема промерзания и протаивания грунтов для определения глубины закладки реперов.

Параграф 4. Рекогносцировка и обследование линий нивелирования

53. Рекогносцировка и обследование проводятся на линиях нивелирования I и II классов, а на линиях III и IV классов такие работы совмещают с закладкой реперов.

54. При рекогносцировке изыскиваются оптимальные варианты линий и узлов связи, намечаются типы реперов и места для закладки, собираются необходимые сведения для организации и выполнения последующих работ.

55. В целях выбора наиболее обоснованных вариантов линий и наилучших мест для закладки реперов к рекогносцировке линий государственного нивелирования I класса привлекаются геологические организации, а в особо сложных условиях – геологи или геоморфологи–географы.

56. Перед выездом на полевые работы рекогносцировщик собирает о существующих в районе работ линиях нивелирования следующие сведения:

- 1) названия и класс линий;
- 2) наименование организации, выполнявшей нивелирование;
- 3) год исполнения;

- 4) схемы линий;
- 5) описание местоположения и абрисы реперов, и их типы (чертежи);
- 6) выписки из каталогов и отчетов;
- 7) карты наиболее крупного масштаба с нанесенными реперами или выкопировки с них.

57. Рекогносцировка начинается с обследования состояния исходного репера и продолжается по направлению намеченной линии. Рекогносцировщик в поле наносит на крупномасштабную карту или на аэрофотоснимки места для закладки новых реперов, опознает местоположение существующих, составляет описание, абрисы и обозначает на местности места для закладки новых реперов.

58. При рекогносцировке нивелирных линий, пересекающих водные препятствия, выбираются участки:

- 1) обеспечены хорошие подходы к берегам;
- 2) ширина водного препятствия не превышает 150 м. Число переходов через водные препятствия шириной свыше 400 м сводятся к минимуму.

59. Обследованию реперов включаемые в ходовую линию или привязываемые к ней и включаемые в контрольное нивелирование в узлах связи проводится повторное нивелирование.

60. На повторно нивелируемых линиях, кроме реперов обследуются прежняя трасса с целью выявления изменений, произошедших на местности за период между нивелированием, и при необходимости намечаются на отдельных участках новая трасса. Прежняя трасса изменению не подлежит.

61. При полевом обследовании реперов рекогносцировщик оценивает:

- 1) состояние репера, его сохранность и соответствие данного типа репера современным требованиям, нарушение наружного оформления, прочность цементации марок;
 - 2) для стенного репера, состояние сооружения, место заложённости, характер и этажность постройки, наличие и размеры трещин в стенах, видимые нарушения фундамента;
 - 3) влияние инженерно-геологических факторов на устойчивость репера.
- При осмотре местности и по результатам опроса местных жителей выявляются

факторы неблагоприятные для устойчивости репера, изучается место, где заложен репер, определяется тип, механический состав и подверженность грунта деформациям, устанавливается глубина грунтовых вод, изменения их уровня за время между повторными нивелированиями и особенности рельефа.

62. Репер считается неустойчивым, при обнаружении видимых повреждений, наличии карстовые явления, оползни и других процессов, влияющие на изменение его положения.

Неблагоприятными местами для закладки грунтовых реперов считаются:

- 1) в районах многолетнемерзлых грунтов – участки с глубоким протаиванием грунта;
- 2) участки подвижных песков – вершины барханов и участки такыров, подверженные сильному увлажнению;
- 3) в лёссах (осадочных горных породах) – впадины, связанные с искусственным или естественным увлажнением почвы;
- 4) на торфяниках или переувлажненных грунтах – при нахождении марки на уровне земной поверхности или при изменении водного режима между циклами повторного нивелирования.

Скальные реперы считаются неустойчивыми, в случае закладки их в обломки скал, в разрушающиеся и трещиноватые породы.

К неустойчивым стенным реперам относятся репера, заложенные:

- 1) в разрушающихся или подвергшихся сильным деформациям зданиях и сооружениях, при выявлении нарушения положения самого знака (качается или разбита его головка, заложен в новом месте);
- 2) в устоях мостов постоянных водотоков, в водоотводных трубах;
- 3) в стенках защитных сооружений, работающих водоемных зданиях, в случае выявления значительного увлажнения грунта вокруг здания, зданиях и сооружениях, находящихся среди или вблизи железнодорожных путей, некапитальных сооружениях, каменных цоколях деревянных домов и каменных оградах.

63. Нивелирование I класса производится в прямом и обратном направлениях по двум парам костылей (кольев), образующих две отдельные линии: правую, соответствующую ходу по правым костылям, и левую – по левым костылям. Наблюдения на станциях выполняются способом «совмещения».

64. Нивелирование I класса выполняется нивелирами с плоскопараллельной пластинкой, контактным уровнем или компенсатором.

При нивелировании I класса используются нивелиры прошедшие сертификацию на соответствие требованиям настоящей Инструкции и штриховые инварные рейки.

Для реек при нивелировании I класса предъявляются следующие требования:

1) применяются штриховые инварные рейки, на инварной полосе нанесены две шкалы, смещённые одна относительно другой.

2) расстояния между осями штрихов – 5 мм.

3) ошибки метровых интервалов и всей шкалы допускается до 0,10 мм. В горных районах работают инварными рейками с термодатчиками. В этом случае ошибки метровых интервалов и всей шкалы допускается до 0,05 мм.

4) рейки снабжаются круглыми уровнями с ценой деления 10 - 12'2 мм.

5) натяжение инварных полос - 20 ± 1 кг.

6) у реек определяются термические коэффициенты.

7) в случае привязки к стенным маркам применяются подвесная рейка с такими же шкалами, как и на основных рейках. При подвешивании рейки к стенной марке нуль на подвесной рейке совмещается с центром отверстия для штифта.

65. При нивелировании в прямом направлении (прямой ход) применяется следующий порядок наблюдений на станции по правой линии:

1) 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.

2) 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.

По левой линии на нечетной и четной станциях отсчеты выполняются в том же порядке, что и по правой.

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

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

67. Число станций в секции при нивелировании в прямом и обратном направлениях составляет четное и одинаковое количество.

68. При перемене направления нивелирования рейки меняются местами.

69. По каждой секции нивелирование в прямом и обратном направлениях выполняются в разные половины дня.

70. Нивелирование выполняется участками в 20–50 км по схеме «восьмерка», одну половину секций участка сначала проходят в прямом направлении, а другую – в обратном. При расхождении измеренных превышений по секциям из нивелирования в прямом и обратном направлениях получаются с преобладанием одного знака, то длину участков можно уменьшить.

71. Максимальная длина луча визирования 50 м.

72. Допустимая минимальная высота луча визирования над подстилающей поверхностью до 0,8 м. При длине луча визирования до 25 м, разрешается выполнять наблюдения при высоте луча до 0,5 м.

73. Наблюдения выполняются в утренние и послеполуденные периоды и начинают их по истечению получаса после восхода солнца и заканчивают примерно за 30 минут до его захода.

Не разрешается выполнять нивелирование:

- 1) при колебаниях изображений, затрудняющих точное наведение биссектора на штрих рейки, и «плавающих» изображениях;
- 2) сильном и порывистом ветре;
- 3) сильных и скачкообразных колебаниях температуры воздуха и аномально быстрых односторонних ее изменениях (из производственного опыта установлено, что колебания температуры в течение благоприятного для нивелирования I класса периода времени не превосходят 5°C).

74. Нивелир устанавливается в тени на штативе за 45 минут до начала наблюдений для принятия им температуры окружающей среды.

Во время наблюдений на станции нивелир тщательно защищается от солнечных лучей зонтом с белой подкладкой, а при переноске с одной станции на другую – просторным чехлом из плотной белой материи.

На каждой нечетной станции термометром–працом измеряют температуру воздуха на высоте нивелира. При работе инварными рейками с термодатчиками реечники, по команде записывающего, определяют на каждой станции температуру инварной полосы каждой рейки. Измерения выполняют в момент отсчитывания по основной шкале задней и передней реек, установленных на левых костылях.

75. Расстояние от места установки нивелира до реек измеряется тонким стальным тросом или стальной лентой (рулеткой). Использовать для этой цели дальномер нивелира запрещается.

Неравенство расстояний от нивелира до реек на станции допускается максимум 0,5 м. Максимально допустимое накопление этих неравенств по секции составляет 1 м.

76. Штатив нивелира устанавливается на станциях без перекосов и напряжений. Запрещается сильно вдавливать ножки штатива в грунт, особенно в плотный. Две ножки штатива располагаются вдоль линии нивелирования, а третья – попеременно то справа, то слева от направления хода на переднюю рейку. Ножки штатива устанавливаются на станции в одинаковых грунтовых условиях (например, при нивелировании по полотну железной дороги – на бровке полотна или на шпалах).

77. Правый и левый костыли забиваются в достаточно плотный грунт и не ближе 0,5 м друг от друга. При нивелировании по полотну железной дороги не разрешается забивать костыли в балласт. В случаях когда грунт на бровке или между путями рыхлый или засыпан щебенкой и шлаком, целесообразно забивать специальные костыли в шпалы.

Рейка устанавливается на костыле в отвесное положение по уровню и удерживается подпорками.

78. Нивелирование выполняется с использованием четырех-пяти пар костылей, к ним заранее закрепляются одна-две последующие станции и оставляют закрепленной предыдущую. При применении костылей (колья) в обратном ходу, забитые в грунт при проложении прямого хода, то перед наблюдениями обратного хода забиваются глубже. При этом превышения, полученные на станции обратного хода, отличаются от превышений, полученных в прямом ходе, не меньше на 20 мм.

79. При перерывах в работе наблюдения, заканчиваются на постоянном репере. Наблюдения заканчиваются на трех парах костылей (две станции), забитых в дно ям глубиной 0,3 м. Нивелирование на обеих станциях выполняется по обычной программе, костыли покрываются травой и засыпаются землей. После перерыва сначала повторяются нивелирование на последней станции, а в случае необходимости – и на предпоследней. Из сравнения результатов нивелирования, выполненного до и после перерыва, устанавливаются, какая пара костылей сохранила свое первоначальное положение по высоте, и от нее продолжается нивелирование дальше.

Значения превышений на станции различаемые на 0,7 мм и меньше (14 делений отсчетного барабана), а между передней и задней парами костылей – на 1,0 мм и меньше (20 делений отсчетного барабана) полученные до и после перерыва, то костыли считают сохранившими свое первоначальное положение. В подсчет превышений по секции включают наблюдения, выполненные в лучших условиях (по усмотрению исполнителя). В случае больших расхождений нивелирование по секции переделываются, начиная с постоянного репера.

80. Последовательность наблюдений на станции при работе нивелиром с уровнем следующая:

1) направляется труба в сторону первой замечанной рейки на данной станции, и тщательно приводятся пузырьки установочных уровней (уровня) на середину.

2) наводится труба нивелира на основную шкалу рейки, находящейся на правом костыле;

3) ставятся барабан на отсчет 50, вращением элевационного винта приблизительно совмещаются изображения концов пузырька цилиндрического уровня и делают дальномерные отсчеты по трем нитям.

4) вращением элевационного винта точно совмещаются с изображением концов пузырька уровня; вращением отсчетного барабана точно наводятся биссектором на ближайший штрих основной шкалы рейки и отсчитываются по рейке и отсчетному барабану (до целых делений его шкалы).

5) наводятся труба на основную шкалу второй рейки, стоящей на правом костыле, и выполняются все действия, указанные в пунктах 64 и 65 настоящей инструкции.

6) наводятся труба на дополнительную шкалу второй рейки; смещают уровень вращением элевационного винта на четверть оборота; снова точно совмещают вращением элевационного винта изображения концов пузырька уровня.

7) наводятся труба нивелира на дополнительную шкалу первой рейки, стоящей на правом костыле.

8) переставляются рейки на левые костыли и выполняются наблюдения в той же последовательности, как указано в подпунктах 2-6 настоящей инструкции.

81. Отсчет по рейке начинается не ранее чем за 30 секунд после окончательной установки рейки на костыле и полного успокоения пузырька цилиндрического уровня нивелира. В случае расхождения значений превышений по секциям, полученных из нивелирования по правой и левой линиям, оказываются с одним знаком, то отсчеты по рейке выполняют не ранее чем за 40 секунд после окончательной установки уровня и рейки, изменяют порядок наблюдений на станции, начиная наблюдения на одной паре станций с правых костылей, а на другой паре – с левых.

Результаты наблюдений на станции записываются в журнал установленной формы или вводятся в запоминающее устройство регистратора. При привязке к реперам в журнале отмечаются, в каком состоянии находится внешнее оформление репера, и указываются виды работ, выполненные по его восстановлению. Кроме того, при привязке снимаются оттиски с номеров марок.

82. При работе нивелиром с компенсатором отсчеты по рейке и отсчетному барабану (микрометру) делаются сразу же после наведения трубы на первую замечанную рейку, и приведения пузырька круглого уровня на середину. Перед отсчетом необходимо убедиться, что компенсатор находится в рабочем состоянии (когда в поле зрения трубы есть риски, показывающие рабочее положение компенсатора, изображения вертикальной и средней горизонтальной нитей находятся между рисками).

83. Контроль наблюдений на станции заключается в следующем:

1) сравниваются значения превышений из наблюдений по основным и дополнительным шкалам реек; расхождения не превышает свыше 0,5 мм (10 делений отсчетного барабана). При расхождении хотя бы одно наблюдения больше допустимого, то все наблюдения на станции переделываются, предварительно изменив высоту нивелира на 3 см и меньше;

2) сравниваются средние значения превышения заднего правого костыля над задним левым по результатам нивелирования на данной и предыдущей станциях (где эти костыли были передними), расхождения составляет максимум 0,7 мм (14 делений отсчетного барабана). При расхождении наблюдения больше допустимого, то сначала повторяются наблюдения на предыдущей станции, а после на данной, в этом случае первоначальные результаты наблюдений в обработку не принимают.

84. Контроль нивелирования по секции между смежными реперами и по участку между фундаментальными реперами состоит в следующем:

1) после выполнения нивелирования по секции в одном направлении сравниваются между собой два превышения, получившиеся по правой и левой линиям. Расхождение между ними составляет 2 мм $\sqrt{L}$ и меньше, когда среднее число станций на 1 км хода меньше 15 (первый случай), и 3 мм $\sqrt{L}$, когда среднее число станций на 1 км хода больше 15, при нивелировании в труднопроходимых районах (второй случай), где L —длина секции, км.

При расхождении наблюдения больше допустимого, то нивелирование по секции в этом направлении повторяется.

В обработку принимается все значения превышения тогда, когда первоначальные не различаются между собой свыше на 5 мм $\sqrt{L}$ для первого случая и 6 мм $\sqrt{L}$ — для второго случая, а повторные с первоначальными не различаются соответственно свыше на 3 мм $\sqrt{L}$ и 4 мм $\sqrt{L}$. В противном случае в обработку принимают значения превышения из повторного нивелирования.

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

При получении расхождения больше допустимого, нивелирование по секции повторяется в одном из направлений. Выбор направления делается с учетом сходимости результатов по правой и левой линиям. Явно неудовлетворительное значение превышения исключаются. Оставшиеся два значения принимаются в обработку, если они не расходятся между собой больше указанных допусков и получены из нивелирования в противоположных направлениях.

В обработку включается все три значения превышения тогда, когда первоначальные не расходятся между собой свыше 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 свыше на 4 мм $\sqrt{L}$.

При обработке сначала усредняется значения превышений из ходов одного направления и ходов прямого и обратного направлений.

При неудовлетворении результатов первоначального и повторного нивелирования перечисленным требованиям, то первоначальные исключаются и выполняются еще одно повторное нивелирование в противоположном направлении;

85. после выполнения нивелирования по участку между фундаментальными реперами сравниваются между собой значения превышений по правой и левой

линиям и значения превышения из нивелирования в прямом и обратном направлениях. Допуски расхождения между соответствующими значениями превышения по участку указаны в таблице 1 к настоящей инструкции.

86. По мере завершения нивелирования по секциям и участкам составляется ведомость превышений.

87. Поправки в превышения по секциям за среднюю длину метра комплекта реек вводятся по результатам эталонирования реек на компараторе МК–1, используя формулу:

$$\Delta h = (L_{\text{ср.}} - 1000,0)h,$$

где $L_{\text{ср.}}$ – средняя длина метра комплекта реек в мм; h – превышение в метрах.

Кроме того, в превышения по секциям вводятся поправки за различие температуры реек при эталонировании на компараторе и нивелировании. Поправки в значения превышений, полученных из нивелирования в прямом и обратном направлениях, вычисляются отдельно по формуле:

$$\delta_h = \alpha (t_h - t_3) h,$$

где α — средний коэффициент линейного расширения реек, принимаемый (если не выполнено специальное определение этого коэффициента) равным $2 \cdot 10^{-6}$; t_3 – температура реек при эталонировании;

t_h – среднее значение температуры воздуха при нивелировании;

h – превышение по секции, м.

При работе рейками с термодатчиками поправки определяют по формуле:

$$\delta_h = h\alpha (t'_h - t_3) - \Sigma\Pi \alpha \Delta t,$$

где t'_h – средняя температура инварной полосы задней рейки;

$\Sigma\Pi$ – сумма отсчетов по основной шкале передней рейки, м;

$$\Delta t = t''_h - t'_h,$$

где t''_h – среднее значение температуры инварной полосы передней рейки.

Параграф 6. Порядок нивелирования II класса

88. Нивелирование II класса производится в прямом и обратном направлениях по костылям или кольям. Наблюдения на станции выполняются способом «совмещения».

89. Нивелирование II класса выполняется нивелирами с плоскопараллельной пластинкой, контактном уровнем или компенсатором.

При нивелировании II класса применяются нивелиры Н-05, NI-002, NI-004, NI-007 или равноценные им по точности приборы и штриховые инварные рейки.

90. Ошибки метровых интервалов шкал и всей шкалы инварной рейки при нивелировании II класса допускается до 0,20 мм, при нивелировании в горных районах – до 0,10 мм.

Для привязки к стенным маркам применяется подвесная рейка с такими же шкалами, как и на основных рейках. При подвешивании рейки к стенной марке нуль на подвесной рейке совмещается с центром отверстия для штифта,.

91. При нивелировании в прямом направлении (прямой ход) применяется следующий порядок наблюдений на станции:

1) 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.

2) 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.

92. В прямом и обратном направлениях нивелирование выполняются, по одной и той же трассе и по переходным точкам одного и того же типа, число станций в секции делается четным и одинаковым.

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

93. При перемене направления нивелирования рейки меняют местами.

94. По каждой секции нивелирование в прямом и обратном направлениях выполняются, как правило, в разные половины дня.

95. Нивелирование выполняется участками в 25-30 км по схеме «восьмерка». В отдельных случаях длина участка увеличивается или уменьшается.

96. Нормальная длина луча визирования – 65 м. При увеличении зрительной трубы минимум на 44^X и условия для наблюдений благоприятны, разрешается увеличить длину луча до 75 м.

При работе нивелиром NI-007 максимальная длина луча визирования — 50 м.

97. Допустимая минимальная высота луча визирования над подстилающей поверхностью составляет 0,5 м. В отдельных случаях при длине луча визирования до 30 м разрешается выполнять наблюдения при высоте луча визирования свыше 0,3 м.

98. Наблюдения выполняются в утренние и послеполуденные периоды, причем начинают их по истечению получаса после восхода солнца и заканчивают за 30 минут до захода.

Не разрешается выполнять наблюдения:

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

2) сильном и порывистом ветре;

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

99. Нивелир устанавливается в тени на штатив за 45 минут до начала наблюдений для принятия им температуры воздуха.

Во время наблюдений на станции нивелир тщательно защищается от солнечных лучей зонтом с белой подкладкой, а при переноске с одной станции на другую – просторным чехлом из плотной белой материи.

На каждой нечетной станции термометром–пращом измеряется температура воздуха на высоте нивелира.

100. Расстояния от места установки нивелира до реек измеряют тонким стальным тросом или стальной лентой (рулеткой). Использовать для этого дальномер нивелира запрещается.

Допустимое максимальное значение неравенства расстояний от нивелира до реек на станции составляет 1 м. Максимальное значение накоплений этих неравенств по секции разрешается 2 м.

101. Костыли забивают в плотный грунт. При нивелировании по полотну железной дороги не разрешается забивать костыли в балласт. Если грунт на бровке или между путями рыхлый или засыпан щебнем и шлаком, то допускается забивать специальные костыли в шпалы.

При нивелировании по каменистому или очень плотному, и мерзлому грунту, используются костыли длиной 15–20 см и толщиной до 3 см, по мягкому и влажному грунту — деревянные кольца с гвоздями в торцах или костыли длиной 40–70 см. При нивелировании в обратном направлении кольца подбивают.

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

102. При перерывах в работе наблюдения, заканчивают на постоянном репере. Разрешается заканчивать наблюдения на трех костылях (две станции), забитых в дно ям глубиной до 0,3 м. Нивелирование на обеих станциях выполняют по обычной программе, 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. В случае получения до и после перерыва значения превышения на станции различаются максимум на 1 мм (20 делений барабана). В подсчет превышений по секции включают наблюдения, выполненные в лучших условиях (по усмотрению исполнителя). При большем различии нивелирование по секции выполняют заново, начиная от постоянного репера.

103. Последовательность наблюдений на станции нивелирами с уровнем следующая:

1) направляется труба в сторону первой замечанной рейки на данной станции, и тщательно приводятся пузырьки установочных уровней (уровня) на середину.

2) наводится труба нивелира на основную шкалу рейки, находящейся на правом костыле; Барабан нивелира ставят на отсчет 50. Вращением элевационного винта приближенно совмещают изображения концов пузырька уровня, осуществляют дальномерные отсчеты по верхней и нижней нитям;

1) вращением элевационного винта точно совмещается изображения концов пузырька уровня, вращением барабана точно наводятся биссектор на ближайший штрих основной шкалы; делают отсчеты по рейке и барабану (до целых делений его шкалы);

2) наводятся труба на основную шкалу второй рейки;

3) наводятся труба наводящим винтом на дополнительную шкалу второй рейки;

4) смещается уровень поворотом элевационного винта на четверть оборота; снова точно совмещается вращением элевационного винта изображения концов пузырька уровня;

5) наводятся труба на дополнительную шкалу первой рейки. Отсчет по рейке начинается после полного успокоения пузырька цилиндрического уровня и не ранее полминуты после установки рейки на костыле;

6) результаты наблюдений на станции записываются в журнал или вводятся в запоминающее устройство регистратора. При привязке к реперам в журнале отмечается, в каком состоянии находится внешнее оформление репера, и указываются виды работ, выполненные по его восстановлению. Кроме того, при привязке снимаются оттиски с номеров марок или фотография марки.

104. При работе нивелиром с компенсатором отсчеты по рейке и отсчетному барабану (микрометру) осуществляется после наведения трубы на первую замечанную рейку, и приведения пузырька установочного уровня на середину. Перед отсчетом необходимо убедиться, что компенсатор находится в рабочем состоянии.

105. На каждой станции подсчитываются значения превышения по наблюдениям основных и дополнительных шкал реек. Максимально допустимое значение расхождения между превышениями и разность высот нулей реек, вычисленная и полученная из исследований составляет 0,7 мм (14 делений барабана). При получении допустимого расхождения, все наблюдения на станции выполняются заново, предварительно изменив положение нивелира по высоте минимум на 3 см.

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

1) после выполнения нивелирования по секциям в прямом и обратном направлениях сравнивают между собой два значения превышения. Максимально допустимое расхождение между этими значениями составляет 5 мм $\sqrt{L}$, если среднее число станций на 1 км хода меньше 15 (первый случай) и 6 мм $\sqrt{L}$, когда среднее число станций на 1 км хода больше 15, при нивелировании в труднопроходимом районе (второй случай).

При получении расхождения больше допустимого, нивелирование по секции повторяют в одном из направлений.

Явно неудовлетворительное значение превышения исключается. Оставшиеся два значения принимают в обработку, если они не расходятся между собой больше указанных допусков и получены из нивелирования в противоположных направлениях.

В обработку включаются все три значения превышения тогда, когда первоначальные не расходятся между собой свыше 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 свыше на 6 мм $\sqrt{L}$.

При окончательной обработке сначала усредняются значения превышений из ходов одного направления и ходов прямого и обратного направлений.

При неудовлетворении первоначальных и повторных значений превышений перечисленным требованиям, то первоначальные исключаются и выполняются еще одно повторное нивелирование в противоположном направлении.

2) после выполнения нивелирования по участку между фундаментальными реперами сравниваются значения превышений, получившиеся из нивелирования в

прямом и обратном направлениях. Нормальное расхождение между этими значениями не превышает 5 мм $\sqrt{L}$ для первого случая и 6 мм $\sqrt{L}$ – для второго.

107. Поправки в превышения по секциям за среднюю длину метра комплекта реек вводятся по результатам эталонирования реек на компараторе МК–1.

Поправки в превышения по секциям за различие температуры реек при эталонировании и нивелировании вводят в соответствии с пунктом 87 настоящей Инструкции.

Параграф 7. Связь линий нивелирования I и II классов

108. Связь прокладываемых линий нивелирования I и II классов с существующими выполняется в соответствии со схемой, указанной в проекте и уточненной при рекогносцировке. При этом особое внимание уделяется опознаванию, оценке стабильности реперов на местности и тщательной проверке их номеров.

109. При связи линий I и II классов контрольное нивелирование по секции существующей линии выполняется в прямом и обратном направлениях.

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

6 мм $\sqrt{L}$ — для связи линий I класса;

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

В случае больших расхождений устанавливаются причины этих изменений, используя для анализа данные повторного нивелирования и карты современных вертикальных движений земной поверхности. Если причиной больших расхождений являются сезонные движения реперов, то выполняется контрольное нивелирование по следующей секции.

111. Когда в узле связи заложен новый фундаментальный репер, то к нему привязываются ближайшие реперы всех существующих линий.

Параграф 8. Особые случаи нивелирования I и II классов

112. Нивелирование через водные препятствия шириной свыше 150 м предусматривается в наиболее узких местах с однообразными в топографическом отношении берегами. При возможности используются острова и отмели. Допустимая минимальная высота луча визирования над водой - 3 м. Для этого используется повышения местности или сооружается деревянные штативы. Не допускается прохождения луча над зарослями, островами и отмелями.

Метод передачи высот устанавливается по результатам рекогносцировки.

113. У нивелира, предназначенного для нивелирования через водные препятствия, до начала полевых работ исследуется ход фокусирующей линзы. Неправильность хода фокусирующей линзы не допускается превышать $\pm 0,5$ мм.

Угол I сводят к минимуму ($2-3''$) и определяется ежедневно до и после нивелирования через препятствие. Не допускается исправление угла I в день нивелирования через препятствие.

114. Нивелирование через препятствия шириной до 150 м выполняют двумя способами:

1) при возможности установления нивелира и рейки таким образом, чтобы оба луча визирования проходили в одинаковых условиях над поверхностью воды (рисунок 1 к настоящей Инструкции), то нивелирование выполняется обычным способом, соблюдая равенство расстояний от нивелира до задней и передней реек.

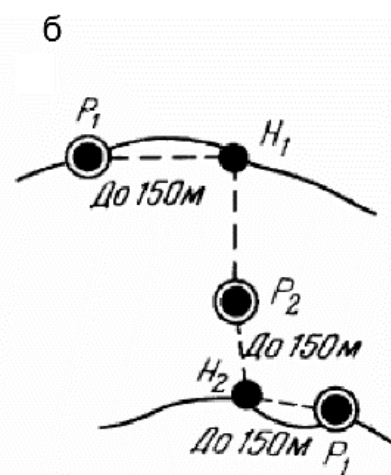
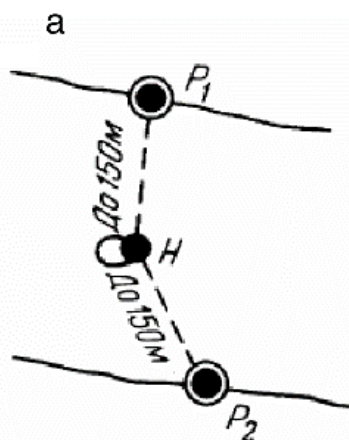
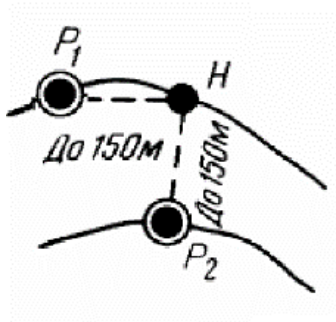


Рисунок 1. Схема нивелирования через препятствие

Рисунок 2. Схема нивелирования через препятствие при наличии острова (а)
или мели (б)

Нивелирование через препятствие этим способом отличается от обычного нивелирования на станции тем, что вместо одного наведения и отсчета по каждой шкале рейки при помощи барабана делают три, 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.

Этот способ применяется и при нивелировании через препятствия шириной до 300 м, когда в середине реки имеется остров, позволяющий установить нивелир в середине препятствия так, чтобы расстояния до реек были одинаковые — до 150 м (рисунок 2 к настоящей Инструкции).

2) при отсутствии возможности установить прибор и рейки, как указано на рисунке 1 к настоящей Инструкции, то нивелирование через препятствия шириной до 150 м выполняется с обоих берегов (рисунок 2 к настоящей Инструкции) по методике первого способа, при этом один луч будет проходить над водой, а второй — над берегом.

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

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

Нивелирование I класса (нечетная станция):

- 1) отсчет по задней правой рейке;
- 2) отсчет по передней правой рейке;
- 3) перестановка реек на левые переходные точки;
- 4) отсчет по передней левой рейке;
- 5) отсчет по задней левой рейке;
- 6) изменение положения нивелира по высоте;

- 7) отсчет по задней левой рейке;
- 8) отсчет по передней левой рейке;
- 9) перестановка реек на правые переходные точки;
- 10) отсчет по передней правой рейке;
- 11) отсчет по задней правой рейке.

На четных станциях наблюдения начинают с передней рейки.

Нивелирование II класса:

- 1) отсчет по задней рейке;
- 2) отсчет по передней рейке;
- 3) изменение положения нивелира по высоте;
- 4) отсчет по передней рейке;
- 5) отсчет по задней рейке.

В обратном ходе нивелирование через препятствия выполняется по этой же программе, но в другую половину дня.

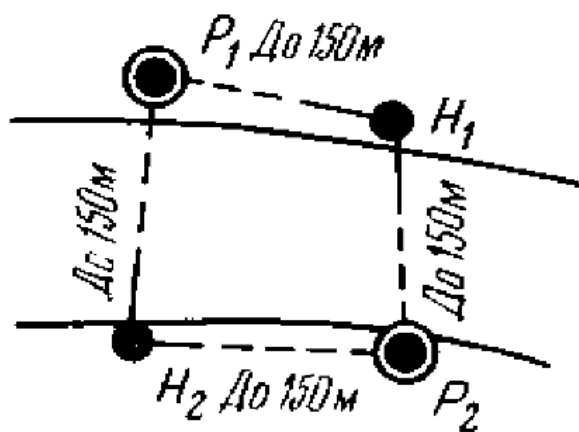


Рисунок 3. Передача высоты через водное препятствие шириной 150 м вторым способом

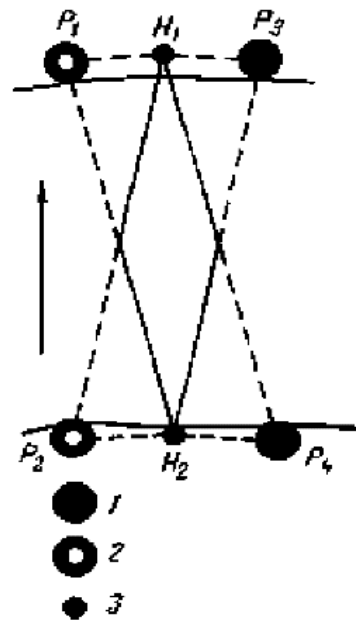


Рисунок 4. Передача высоты через водное препятствие шириной свыше 150 м:

1 – постоянный репер; 2 – временный репер; 3 – нивелир

115. Нивелирование через препятствия шириной свыше 150 м производят одновременно с двух берегов по двум створам (рисунок 3 к настоящей Инструкции) с использованием двух нивелиров и двух комплектов реек. Превышение между реперами на обоих берегах определяют сразу для прямого и обратного ходов. Работу выполняют под руководством руководителя полевого подразделения, главного инженера или начальника экспедиции.

116. На обоих берегах препятствия шириной свыше 150 м 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. Для постановки реек в торцы кольев забивают гвозди со сферическими шляпками.

117. Нивелирование через препятствия шириной 150-400 м выполняется способом «совмещения» с применением специальных щитков. Число сдвоенных приемов при нивелировании I класса — два (второй прием выполняют в другую половину дня), при нивелировании II класса — один.

118. Нивелирование через препятствия шириной свыше 400 м выполняется со щитками способом «подвижной марки» и способом «наведения».

При нивелировании I класса через препятствия шириной от 400 до 1000 м проводятся четыре сдвоенных приема (два — способом «подвижной марки» и два — способом «наведения»), а при нивелировании II класса — три сдвоенных приема одним из способов. Наблюдения выполняются в два дня.

При нивелировании I класса через препятствия шириной свыше 1000 м проводятся шесть сдвоенных приемов (три — способом «подвижной марки» и три — способом «наведения»), а при нивелировании II класса — четыре приема одним из способов. Наблюдения выполняются три дня.

Максимально допустимое значение среднеквадратической ошибки, вычисленной по сходимости результатов из сдвоенных приемов составляет 3 мм $\sqrt{s}$ для нивелирования I класса и 5 мм $\sqrt{s}$ — для нивелирования II класса. При необходимости число приемов увеличивается.

Параграф 9. Особенности нивелирования I и II классов в районах многолетнемерзлых грунтов

119. Рекогносцировка линий нивелирования I и II классов в районах многолетнемерзлых грунтов и закладку реперов выполняется раздельно за год до нивелирования.

Места для закладки реперов выбирается с учетом глубины протаивания грунтов. При рекогносцировке определяется наиболее выгодные периоды для выполнения работ на каждом участке линии, способствуя тем самым уменьшению влияния систематических ошибок.

120. Для проложения линий нивелирования I и II классов в районах многолетнемерзлых грунтов, кроме грунтовых дорог, используют берега рек и тропы. При отсутствии таких трасс на местности, линии нивелирования прокладывается по направлениям с наиболее благоприятными грунтовыми условиями и с наименее пересеченным рельефом. Во всех случаях при проектировании и последующей рекогносцировке изыскивается варианты с наименьшим числом водных препятствий.

121. Линии нивелирования I и II классов закрепляют реперами. При наличии скал вблизи трассы, выходящих на поверхность или залегающих на глубине до 1 м, то скальные реперы закладывают каждые 1-2 км.

122. При нивелировании применяется 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 болтами прикрепляют текстолитовые (деревянные) удлинители длиной 25-30 см или на металлические концы ножек надевают пластмассовые наконечники. Для нивелирования по снегу к ножкам штатива крепятся деревянные удлинители длиной 30-40 см, концы делаются утолщенными и тупыми.

123. Для постановки реек при нивелировании рекомендуется применять:

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

2) по мягкому и влажному грунту – костыли цилиндрической формы со сферической головкой (длина костыля 50-70 см, толщина 2-3 см) или деревянные колья толщиной 5-10 см с вбитыми в торцы гвоздями. При нивелировании в обратном направлении сохранившиеся колья забивают глубже;

3) по глубокому снегу — деревянные башмаки в форме равностороннего треугольника с усеченными углами, со стальной полусферической головкой по центру и шипами по углам. Длина усеченной стороны 30-35 см, длина стороны усеченного угла 3-5 см. Толщина башмаков, в зависимости от материала (фанера, береза), от 20 до 60 мм.

Запрещается устанавливать рейки на местные предметы (выступы камней).

124. На отдельных станциях при нивелировании II класса допускается неравенство расстояний от нивелира до реек до 2 м. На двух-трех ближайших станциях такое неравенство компенсируется. Не допускается общее накопление неравенств расстояний по секции выше 3 м.

125. При нивелировании по снегу в местах установки штатива и реек наст разрушают, а снег тщательно трамбуют. Запрещается выполнять нивелирование в периоды разрыхления наста и интенсивного таяния снега.

Параграф 10. Гравиметрические работы по линиям нивелирования.

126. Перед началом нивелирования I и II классов и III класса в горных районах устанавливается точность существующей гравиметрической съемки для вычисления поправок за переход к системе нормальных высот, и выполняются измерения силы тяжести на местности.

127. Ускорения силы тяжести измеряются на всех реперах; точках перегиба рельефа, где наклон линии изменяется свыше на 2° ; в точках поворота линии свыше на 30° , и в дополнительных точках при уклонах линии нивелирования I класса свыше 0,02 и II класса свыше 0,04. Частота гравиметрических пунктов зависит от уклона линии и отвечает требованиям, приведенным в таблице 3 к

настоящей Инструкции. Средняя квадратическая ошибка измерений силы тяжести на этих пунктах не превышает $0,5 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$ относительно ближайших гравиметрических пунктов I, II и III классов.

Таблица 3

Класс нивелирования	Расстояния (в км) между гравиметрическими пунктами в зависимости от уклона местности				
	свыше 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

128. При составлении проекта точки местности, намечаются выполнением гравиметрических измерений. При нивелировании привязываются промежуточные гравиметрические пункты закрепляются временными реперами или совмещаются с характерными местными предметами (километровые столбы, устои мостов и другие). При выполнении гравиметрических измерений по ранее проложенным линиям нивелирования, высоты гравиметрических пунктов определяются с ошибкой не превышающей до 1 м. Плановые координаты гравиметрических пунктов определяются с ошибкой не превышающей до 200 м.

Параграф 11. Порядок нивелирования III класса

129. Способ нивелирования III класса зависит от применяемых нивелиров. Предпочтение отдают нивелирам с самоустанавливающейся линией визирования (с компенсатором).

130. Нивелиры и рейки исследуются и поверяются с целью установления их пригодности для нивелирования III класса.

131. Нивелирование III класса производится в прямом и обратном направлениях способом «среднего штриха» или способом «наведения».

132. Порядок наблюдений на станции следующий:

- 1) отсчет по черной стороне (основной шкале) задней рейки;
- 2) отсчет по черной стороне (основной шкале) передней рейки;
- 3) отсчет по красной стороне (дополнительной шкале) передней рейки;
- 4) отсчет по красной стороне (дополнительной шкале) задней рейки.

133. Нивелирование выполняются участками в 20-30 км. Переход от нивелирования в прямом направлении к нивелированию в обратном делается только на постоянных знаках. При этом рейки меняют местами.

134. Нормальная длина луча визирования — 75 м. При отсутствии колебаний изображения реек и увеличении трубы до 35 крат, длину луча разрешается увеличивать до 100 м.

135. Расстояния от нивелира до реек измеряется тонким тросом, просмоленной бечевой или дальномером. Максимально допустимое значение неравенства расстояний на станции составляет 2 м, а максимальное значение их накоплений по секции составляет 5 м.

136. Допустимая минимальная высота, луча визирования над подстилающей поверхностью составляет 0,3 м.

137. Нивелирование выполняется при хорошей видимости, отчетливых и спокойных изображениях реек. В солнечные дни не нивелируется в периоды, близкие к восходу и заходу солнца.

138. При работе на станции нивелир защищается от солнечных лучей зонтом.

139. Рейки устанавливаются по уровню на костыли или башмаки. В местах установки башмаков предварительно снимают дерн. Для удобства рекомендуется пользоваться тремя костылями или башмаками.

На участках с рыхлым или заболоченным грунтом рейки устанавливается на забитые деревянные колья с вбитыми в их торцы гвоздями с полусферическими головками. Длина и диаметр кольев обеспечивает их устойчивость.

140. На заболоченных участках применяются нивелиры с компенсатором, под ножки штатива необходимо забивать деревянные колья.

141. При перерывах нивелирование, заканчивается на постоянном или временном реперах. Разрешается заканчивать нивелирование на трех костылях (кольях), забитых в дно ям глубиной 0,3 м, между ними размещают две нивелирные станции. Нивелирование на обеих станциях выполняется по обычной программе, после чего костыли покрывают травой и засыпают землей.

После перерыва выполняется 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 продолжается нивелирование дальше. Костыли считаются сохранившими свое первоначальное положение, при получении значения превышения до и после перерыва на станции максимум на 3 мм. В обработку принимаются наблюдения, выполненные как до, так и после перерыва. При больших расхождениях нивелирование по секции выполняют заново от постоянного репера.

142. Наблюдения на станции способом «среднего штриха» выполняют в следующем порядке:

- 1) приводят нивелир в рабочее положение при помощи установочного уровня;
- 2) 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 среднему и дальномерным штрихам. При работе нивелиром с компенсатором наблюдения выполняют сразу после наведения на рейку;
- 3) наводят трубу на черную сторону передней рейки;
- 4) наводят трубу на красную сторону передней рейки и выполняют действия, необходимые для взятия отсчета по среднему штриху сетки трубы;
- 5) наводят трубу на красную сторону задней рейки и выполняют действия для получения отсчета по среднему штриху сетки трубы. При работе нивелиром с компенсатором отсчеты по рейке начинаются сразу же после приведения приборов рабочее положение с помощью установочного уровня. Результаты наблюдений на станциях записываются в журнал или вводят в оперативную память запоминающего устройства регистратора.

При наличии у нивелира с компенсатором существенной систематической погрешности компенсации рекомендуется следующий порядок измерений:

нечетная станция – $\bar{\zeta}$ ППЗ, четная станция – $\bar{\Gamma}$ ЗЗП,

где –З и П – отсчеты по среднему штриху задней и передней реек,

$\bar{\zeta}$ и $\bar{\Gamma}$ – то же после приведения пузырька установочного уровня на середину.

В случае применения односторонних реек контрольное превышение на станции определяется при втором горизонте нивелира (разность горизонтов допускается 3 см).

143. При осуществлении привязки к стенной марке при помощи подвесной рейки, допускается применение других способов. Вместо подвесной рейки используется обыкновенная проверенная металлическая линейка с миллиметровыми делениями или на стене отмечается проекции средней и дальномерных нитей нивелира, а расстояние по вертикали от центра отверстия марки до проекции нитей измеряется проверенной стальной рулеткой или линейкой. Прежде чем вычислить превышение на станции, отсчеты в делениях линейки или рулетки переводят в систему делений на рейке. Проверка линейки и рулетки проводятся по делениям на рейке.

Наблюдения на станции, выполняемые этими способами, осуществляются дважды. Перед повторными наблюдениями высота нивелира изменяется на 3 см.

144. В журнале нивелирования зарисовывается постановка рейки на каждом репере, записывается тип, номер репера и высота места постановки относительно поверхности земли, снимается оттиски с номеров марок и реперов, приводятся сведения о состоянии внешнего оформления репера и делается отметка о его восстановлении.

145. На каждой станции выполняются контроль наблюдений. При наблюдении способом «совмещения» сравниваются значения превышения, полученные по основной и дополнительной шкалам. Расхождения между превышениями и разность высот реек, вычисленная и полученная из исследований, не допускаются свыше 1,5 мм (30 делений барабана).

При нивелировании способом «средней нити» необходимо соблюдать следующие допуски:

1) отсчет по средней нити по черной стороне каждой рейки предусматривает расхождение свыше 3 мм с соответствующей полусуммой отсчетов по дальномерным нитям;

2) расхождение между значениями превышения, полученными по черным и красным сторонам реек, не допускается свыше 3 мм с учетом разности высот пары реек.

При расхождениях, превышающих указанные допуски, наблюдения на станции повторяют, предварительно изменив положение нивелира по высоте минимум на 3 см.

146. После выполнения нивелирования по секции сравниваются между собой значения превышения, полученные из прямого и обратного ходов; расхождение между этими значениями не допускается превышать $10 \text{ мм } \sqrt{L}$.

При получении расхождения больше допустимого, нивелирование по секции повторяют в одном из направлений.

Неудовлетворительное значение превышения исключается. Оставшиеся два значения принимаются в обработку, при условии что, они не расходятся между собой свыше $10 \text{ мм } \sqrt{L}$ и получены из нивелирования в противоположных направлениях.

В обработку включаются три значения превышения тогда, когда первоначальные не расходятся между собой свыше $15 \text{ мм } \sqrt{L}$, а повторное не отличается от каждого из первоначальных свыше $10 \text{ мм } \sqrt{L}$. При обработке сначала усредняют значения превышений из ходов одного направления и ходов прямого и обратного направлений.

При получении первоначального и повторного значения превышения, не удовлетворяющего перечисленные требования, первоначальные значения исключаются и выполняются еще одно повторное нивелирование в противоположном направлении.

В том случае, когда разности значений превышений из прямого и обратного ходов по нескольким секциям накапливаются с одним знаком, то необходимо проанализировать методику нивелирования и качество юстировки нивелира и реек. Общее накопление разностей превышений на линии не допускается превышать свыше $10 \text{ мм } \sqrt{L}$.

Максимально допустимое значение невязки в полигонах и по линиям составляет $10 \text{ мм } \sqrt{L}$.

147. По мере завершения нивелирования по секциям регулярно заполняется ведомость превышений установленной формы.

Параграф 12. Порядок нивелирования IV класса

148. Нивелирование IV класса выполняют в одном направлении способом «среднего штриха».

149. Нивелирование IV класса производится нивелирами с уровнем или компенсатором.

150. При нивелировании IV класса применяется трехметровые рейки (цельные или складные). Для привязки к стенным маркам используется подвесная рейка с такими же делениями, как и на основных рейках.

151. Перед началом полевых работ нивелиры исследуются и поверяются.

152. В период полевых работ нивелиры поверяются, как и перед началом работ.

153. При нивелировании IV класса отсчеты по черным и красным сторонам реек делаются по среднему штриху, а для определения расстояний от нивелира до реек используются отсчеты по верхнему дальномерному и среднему штрихам по черным сторонам реек.

154. Порядок наблюдений на станции следующий:

- 1) отсчеты по черной стороне задней рейки;
- 2) отсчеты по черной стороне передней рейки;
- 3) отсчет по красной стороне передней рейки;
- 4) отсчет по красной стороне задней рейки.

155. Нормальная длина луча визирования – 100 м. При выполнении работ нивелиром с увеличенной трубой свыше 30 крат, и в случае отсутствия колебаний изображений разрешается увеличивать длину луча до 150 м. Расстояние от нивелира до реек измеряется дальномером. Неравенство расстояний от нивелира до реек на станции допускается до 5 м, а их накопление по секции – до 10 м.

Допустимая минимальная высота луча визирования над подстилающей поверхностью составляет 0,2 м.

156. Во время наблюдений на станции нивелир защищают от солнечных лучей зонтом.

157. Рейки устанавливаются отвесно по уровню на костыли, башмаки, а на участках с рыхлым и заболоченным грунтом – на колья.

5) На заболоченных участках рекомендуется применять нивелиры с компенсатором.

158. При перерывах в работе наблюдения заканчивают и продолжают, расхождения между значениями превышений до и после перерыва допускают до 5 мм.

159. Наблюдения на станции выполняются в следующей последовательности:

1) устанавливается нивелир в рабочее положение с помощью установочного или цилиндрического уровня;

2) наводится труба на черную сторону задней рейки, приводится пузырек уровня подъемным или элевационным винтом точно на середину и осуществляется отсчеты по дальномерному и среднему штрихам сетки зрительной трубы.

3) наводится труба на черную сторону передней рейки.

4) наводится труба на красную сторону передней рейки и делается отсчет по среднему штриху сетки.

5) наводится труба на красную сторону задней рейки и делается отсчет по среднему штриху сетки.

При работе нивелиром с компенсатором отсчеты по рейке начинаются сразу же после приведения нивелира в рабочее положение и наведения трубы на рейку. Перед отсчетом необходимо убедиться, что компенсатор находится в рабочем состоянии.

Результаты наблюдений на станциях записываются в журнал или вводятся в запоминающее устройство регистратора.

160. Расхождение значений превышения на станции, определенных по черным и красным сторонам реек, допускается до 5 мм с учетом разности высот нулей пары реек. При большем расхождении наблюдения на станции повторяют, предварительно изменив положение нивелира по высоте минимум на 3 см.

По окончании нивелирования по линии между исходными реперами подсчитывают невязку не превышающую $20 \text{ мм } \sqrt{L}$. В таких же пределах допускается невязки в замкнутых полигонах, образованных линиями нивелирования IV класса. По мере завершения нивелирования заполняется ведомость превышений.

Параграф 13. Особые случаи нивелирования III и IV классов

161. Выбор места, времени, приборов и методики для нивелирования III и IV классов через водное препятствие производятся с учетом требований указанных в пунктах 113-115, 117-119 настоящей Инструкции.

162. Нивелирование через препятствия шириной до 200 м выполняется по обычной методике, двумя приемами, с соблюдением равенства расстояний до передней и задней реек. Между приемами изменяется высота нивелира на 3-5 см. Расхождение значений превышения из приемов допускается 4 мм при нивелировании III класса и 7 мм – IV класса.

163. Нивелирование через препятствия шириной 200-400 м выполняется нивелирами с плоскопараллельной пластинкой с применением щитков способом «совмещения», но число наведений на штрихи щитка уменьшают до трех, а число сдвоенных приемов – до одного.

Нивелирование через препятствия приборами без плоскопараллельной пластинки выполняется с применением щитков с белыми штрихами способом «подвижной марки», одним сдвоенным приемом. При этом на изображение средней нити трубы движением щитка подводят изображения белых штрихов по четыре раза. Ширина (в мм) белых штрихов щитка составляет $0,06S$, где S – ширина препятствия, м.

При любом способе нивелирования через препятствия превышения между постоянными реперами, полученные наблюдателем в полуприеме по главному, через контрольный створы, средние значения превышения, полученные каждым наблюдателем в сдвоенном приеме, не допускается различия свыше на $24 \text{ мм } \sqrt{S}$, где S — ширина препятствия, км.

164. Нивелирование через препятствия шириной выше 400 м по линиям III и IV классов выполняют в редких случаях, методами и приборами, предусмотренными для нивелирования II класса.

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

1) нивелирование выполняется по наиболее короткому пути в возможно кратчайший срок;

2) на обоих берегах водоема заблаговременно закладывается по одному постоянному реперу;

3) перед началом нивелирования трасса очищается от снега;

4) в местах для постановки реек пробиваются во льду отверстия вмораживаются 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 вмораживается колья длиной 10–15 см и диаметром 8–10 см;

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

166. Нивелирование по льду выполняют дважды как в прямом, так и в обратном направлениях. При наличии двух бригад нивелирование производят навстречу друг другу. Максимально допустимое значение расхождения между средними значениями из двух прямых и двух обратных ходов составляет 10 мм $\sqrt{L}$ при нивелировании III класса и 20 мм $\sqrt{L}$ - для IV класса.

167. Нивелирование по льду выполняют в периоды наименьших суточных колебаний льда. При выборе времени суток для производства работ руководствуются данными наблюдений за суточными колебаниями воды и льда, полученными на речных водомерных постах.

168. При нивелировании через водоемы, где наблюдаются резкие изменения уровня льда, через каждые 10 минут с одного берега нивелиром наблюдают за колебаниями поверхности льда. При наблюдениях используют рейку, прикрепленную к вмороженному в лед столбу, отстоящая от берега на расстоянии 50 м. По полученным данным вводят поправки в измеренное превышение.

169. Во время наблюдений не допускают скопления на льду людей и транспорта. Нивелирование в одном направлении обязательно заканчивают в один день без перерывов в работе.

170. Нивелирование IV класса через водные препятствия 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, где одновременно забиваются по одному колу так, чтобы срезы кольев оказались на уровне воды. 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 производится дважды. Расхождение между двумя значениями превышения допускается до $20 \text{ мм} \sqrt{L}$, где L — расстояние между реперами, км.

Параграф 14. Полевые журналы

171. Журналы нивелирования являются документами строгого учета. Страницы журнала в обязательном порядке пронумеровываются, прошнуровываются и скрепляются штампом.

172. Подчистка и исправление записей отсчетов в журнале запрещается. Ошибочные записи в вычислениях аккуратно зачеркиваются (не затемняя прежде написанного отсчета) и сверху записываются правильные.

173. В журнале нивелирования аккуратно зарисовывается постанова рейки на каждом репере и записывается высота места ее постановки относительно поверхности земли.

174. В журнале обязательно заполняется титульный лист, зарисовывается схема ходов и дается описание местоположения занивелированных реперов. На оборотной стороне титульного листа записываются технические данные нивелира и реек, расположение надписей на рейках, знаки (плюс и минус) к отсчетам по подвесной рейке.

175. На начальной странице записи хода указывается название или номер начального и конечного репера. Записываются сведения о состоянии внешнего оформления репера и делается отметка о его восстановлении. На каждой странице журнала указываются время начала и конца наблюдений, условия погоды.

Нумерация станций на каждой секции начинается с первого номера. В конце журнала указываются число заполненных и незаполненных страниц.

176. Допускается использование электронных журналов (регистраторов, накопителей информации), программное обеспечение позволяющее реализовать технологию нивелирования в соответствии с требованиями настоящей Инструкции.

Параграф 15. Полевые вычисления

177. При полевых вычислениях выполняются:

- 1) обработка материалов исследований и поверок нивелира и реек;
- 2) вычисления в полевых журналах;
- 3) составление полевых ведомостей превышений;
- 4) вычисления невязок по линиям и полигонам.

178. Перед полевыми работами подготавливаются и проверяются следующие данные:

- 1) уравнение контрольной линейки;
 - 2) материалы лабораторных исследований нивелира и реек;
 - 3) уравнения длин контрольной линейки и материалы исследований
- выдаются в копии, заверенной отделом технического контроля или метрологической службой.

179. Полевую ведомость превышений составляют в две руки. На каждой ведомости подписываются составившим и считавшим работников.

180. В средние превышения по секциям вводят поправку за среднюю длину метра комплекта реек, а при нивелировании I и II классов – поправку за различие температур инварных реек при эталонировании на компараторе и во время нивелирования.

Параграф 16. Перечень материалов, подлежащих сдаче

181. По окончании полевых работ исполнитель предъявляет следующие материалы:

- 1) оформленные и проверенные полевые журналы;
- 2) пояснительную 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 инварных реек и контрольной линейки, заверенную лабораторией, выполнявшей эталонирование;
- 5) полевую ведомость превышений;
- 6) схему нивелирования;
- 7) откорректированные описания, координаты и абрисы реперов или топографические карты масштаба 1:25 000 и крупнее с нанесенными реперами;
- 8) копии актов инспектирующих лиц и приемки работ.

Схема нивелирования вычерчивается тушью на картах масштабов 1:100 000–1:200 000 или на чертежной бумаге.

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

На схеме показывается связь новых линий с линиями, проложенными ранее. Схема составляется по установленным условным знакам. К материалам прикладываются опись всех сдаваемых документов с указанием числа листов.

На всех материалах указываются даты исполнения и подписи исполнителя и помощника.

Параграф 17. Определение угла I

182. Угол I, проекция на отвесную плоскость угла между осью уровня и визирной осью трубы, не превышает 10".

Поверка производится двойным нивелированием вперед с концов линии длиной 50 м (таблица 4).

Для этого на концах линии забивается по одному костылю или деревянному колу с гвоздем. Рядом с одним из костылей устанавливается нивелир, а на другом — рейка. Нивелир устанавливается так, чтобы окулярный конец трубы отстоял от рейки на 2-3 см, при этом зрительная труба направляется на дальнюю рейку. Необходимо привести нивелир в рабочее положение, установить отсчетный барабан микрометра на отсчет 50 (при определении угла I у нивелира типа Н-05), наводится нивелир на дальнюю рейку, элевационным винтом совмещается изображения концов цилиндрического уровня и отсчитывается по основной и дополнительной (черной стороне) шкалам рейки Д1. Отсчеты по дальней рейке делаются по средней нити нивелира. Для отсчетов по ближней рейке целесообразно использовать пластинку-движок из тонкого прозрачного целлулоида с горизонтальной чертой. Наблюдатель смотрит через объектив на рейку, а помощник по его команде устанавливает движок так, чтобы горизонтальный штрих был виден точно в середине отверстия. При таком положении движка помощник отсчитывает по основной и дополнительной шкалам ближней рейки А1. Отсчеты А и Д производят в делениях рейки с погрешностью порядка 0,5 мм.

При исследовании нивелиров Н-3 и Н-10 измеряют высоту прибора при помощи рейки между головкой костыля и центром окуляра с погрешностью 1 мм.

После этого переносят нивелир ко второму костылю и выполняют измерения, аналогичные измерениям на первой точке. Получают отсчеты Д2 и А2. Перечисленные действия составляют два полуприема. Значение угла I вычисляют по следующим формулам:

$$X = (A1+A2)/2 - (D1+D2)/2; I = X\rho''/L,$$

где $D1, D2$ и $A1, A2$ — соответственно отсчеты по дальней и ближней рейкам, полученные на первой и второй точках; L — расстояние между костылями (в мм), измеренное дальномером нивелира; $\rho'' = 206\,265$.

При исследовании нивелиров (типа Н-05) делают 4 полуприема, типа Н-3 и Н-10 — 2 полуприема. Не снимая нивелир, выполняют все вычисления и находят среднее значение угла I . Допустимое расхождение между значениями угла I , полученные в полуприемах составляет $3''$ у высокоточных и $5''$ у всех остальных типов нивелиров. Если среднее значение угла I больше $10''$, то исправляют положение цилиндрического уровня. Для этого элевационным винтом наводятся биссектор на дальнюю рейку так, чтобы получился отсчет, равный

$$D'_{\text{осн.}} = D_{\text{осн.}} + X_{\text{ср.}}$$

Изображения концов цилиндрического уровня расходятся. Вертикальными исправительными винтами цилиндрического уровня точно совмещают изображения концов пузырька уровня, следя за тем, чтобы отсчет по рейке оставался равным $D'_{\text{осн.}}$. Поверку и исправления выполняют до тех пор, пока величина угла I не станет меньше $10''$. В случае, если исправительными винтами цилиндрического уровня не удастся сделать угол I меньше $10''$, юстировку следует осуществлять в мастерской.

Таблица 4

Определение угла I у нивелира

Н-05 № 14807 $t = +18^\circ\text{C}$, $L = 50,0$ м

Номер полуприема	Номер костыля	Высота нивелира А	Отсчеты по дальней рейке Д	X	I
1	1	2860	3487	+5,0	+10,3''
	2	2978	2341		
		2919	2914		
2	1	8785	9411	+5,0	+10,3
	2	8901	8265		
		8843	8838		
3	2	2800	3429	+4,0	+8,6
	1	2933	2296		
		2866,5	2862,5		

4	2	8726	9354		
	1	8859	8220	+5,5	+11,3
		8792,5	8787	+4,9	+10,1

Исправление угла I у отдельных типов нивелиров (например, Н-05) выполняется вращением защитного стекла, находящегося перед объективом зрительной трубы. Защитное стекло у таких нивелиров выполнено в виде оптического клина с небольшим углом преломления. Чтобы уменьшить величину угла I, открепляется стопорный винт и вращается защитное стекло до тех пор, пока отсчет по рейке не станет равным, при этом следят, чтобы изображения концов пузырька уровня не расходились.

У нивелиров с компенсатором поверка осуществляется теми же способами, что и у нивелиров с уровнем. При исправлениях перемещается сетка нитей или поворачивается защитное стекло, находящееся перед объективом. В описании нивелира указывается, каким способом исправляется угол I. У нивелиров NI-002 угол I в полевых условиях исправить нельзя, поэтому эти нивелиры юстируют в мастерской.