ИНСТРУКЦИЯ ПО ВЫЧИСЛЕНИЮ НИВЕЛИРОВОК

gost.e-ecolog.ru

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

ИНСТРУКЦИЯ ПО ВЫЧИСЛЕНИЮ НИВЕЛИРОВОК

Утверждена
начальником Главного управления
геодезии и картографии
при Совете Министров СССР
и начальником Военно-топографического
управления Генерального штаба

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

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»
Москва—1971

УДК 528.063(083.96)

Инструкция по вычислению нивелировок. М., изд-во «Недра», 1971, Стр. 112.

В Инструкции изложены требования к обработке материалов нивелирования и указания по предварительным вычислениям и уравниванию нивелировок, а также по проверке материалов полевых работ.

Инструкция предназначена для предприятий и организаций всех ведомств, занимающихся нивелированием I, II, III и IV классов.

С выходом настоящего издания Инструкция по вычислениям триангуляций и нивелировок, часть II (вычисление нивелировок), изд. 1945 г. отменяется.

Таблиц —13+23 прил., рисунков —21, библиография —20 названий.

2—7—1
76—71

ХАРЬКОВСКАЯ ТИПООФСЕТНАЯ ФАБРИКА «КОММУНИСТ»

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

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

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

§ 3. Невязки ходов и полигонов не должны превышать значений (в миллиметрах):

— для нивелирования II класса $\pm 5\sqrt{L}$,

— для нивелирования III класса $\pm 10\sqrt{L}$,

— для нивелирования IV класса $\pm 20\sqrt{L}$,

где L — длина хода или периметр полигона в километрах.

§ 4. Началом счета высот государственной нивелирной сети СССР служит нуль Кронштадтского футштока (Балтийская система).

В северных и восточных районах СССР, еще не связанных с государственной нивелирной сетью, высоты пунктов могут быть временно отнесены к уровню ближайшего моря или к условному уровню.

§ 5. Высоты пунктов государственной нивелирной сети СССР вычисляют в системе нормальных высот.

§ 6. Настоящая инструкция содержит основные правила вычислений нивелировок всех классов, а также порядок оформления и систематизации полевых и вычислительных материалов.

§ 7. Обработка нивелировок состоит из следующих основных этапов:

а) предварительных вычислений;

б) вычисления и введения в измеренные превышения поправок за переход к нормальным высотам * и вычисления нормальных высот;

в) уравнительных вычислений и оценки точности по результатам уравнивания;

г) систематизации и оформления материалов;

---

* В «Инструкции по нивелированию I, II, III и IV классов» (М., изд-во «Недра», 1966) эта величина называется поправкой за непараллельность уровенных поверхностей.

д) составления каталогов.

Примечание. По окончании вычислительных работ составляют технические отчеты по программе, предусмотренной соответствующей инструкцией.

§ 8. При вычислениях должно удерживаться количество значащих цифр соответственно указанному в табл. 1.

Таблица 1

Значащие цифры при вычислениях нивелировок

Класс нивелирования	Превышения по штативам в *мм*	Превышения между постоянными знаками в *мм*	Среднее превышение из прямого и обратного ходов в *мм*	Предварительные высоты в *мм*	Поправки за переход к нормальным высотам в *мм*	Свободные члены уравнений погрешностей и условных уравнений	Поправки из уравнивания в *мм*	Высоты пунктов в ведомости превышений в *мм*	Высоты пунктов в каталоге в *мм*
I	0,05	0,05	0,1	1	0,1	0,1	0,1	0,01	1
II	0,05	0,05	0,1	1	0,1	0,1	0,1	1	1
III	0,1	1	1	1	0,1	1	1	1	1
IV	1	1	1	1	—	—	1	1	1

§ 9. Правильность результатов вычислений должна обеспечиваться надлежащей организацией работ и контролем их выполнения.

Вычисления контролируют либо путем выполнения работы двумя вычислителями параллельно («в две руки»), либо применением таких способов и схем вычислений, которые дают возможность получить результаты вычислений двумя независимыми путями.

§ 10. Производству вычислений должен предшествовать сбор материалов и их тщательный анализ в отношении соблюдения допусков инструкций по нивелированию данного класса, действующих в настоящее время.

§ 11. Особое внимание необходимо обратить на правильность значений исходных данных (высот марок и реперов). Правильность исходных данных в вычислительных материалах должна быть заверена ответственным лицом, а также указан источник, откуда они выписаны.

§ 12. Запись вычислений следует вести на специальных бланках или вычислительной бумаге. Все записи при вычислениях должны быть ясными и четкими. Числа нужно писать с интервалами, отделяющими разряды. Конечные результаты вычислений нужно подчеркивать красными чернилами.

§ 13. Исправление вычислений, исполненных на вычислительной бумаге или на бланках, нужно делать аккуратно путем срезки ошибочной части вычислений.

Исправление величин, вычисленных в полевых журналах, а также исправление исходных данных нужно производить только путем зачеркивания (не затемняя написанного прежде) и надписывания нового результата сверху красными чернилами.

Каждый случай исправления исходных данных должен иметь соответствующие пояснения, засвидетельствованные подписью ответственного лица.

§ 14. На каждом вычислительном документе, а также на проверенных материалах должна быть подпись вычислителя и дата выполнения вычислений. Считка материалов вычислений фиксируется подписями обоих исполнителей: читал *Петров*
слушал *Иванов*

§ 15. Ошибки, обнаруженные в вычислениях, должны обязательно исправляться независимо от их величины и характера.

§ 16. По окончании вычислений все материалы должны быть тщательно систематизированы и оформлены.

II. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

§ 17. Задача предварительных вычислений нивелирования — нахождение величин превышений между нивелирными знаками и оценка качества нивелирования.

§ 18. К предварительной обработке полевых материалов по нивелированию относятся следующие процессы:

— проверка материалов исследования нивелиров и реек;

— проверка и оформление полевых журналов;

— составление ведомости превышений и высот пунктов нивелирования;

— оценка качества нивелирования по разностям измеренных превышений и невязкам полигонов;

— составление и вычерчивание схемы нивелирных линий (сетей), корректура описаний местоположений знаков и вычерчивание типов центров.

1. ПРОВЕРКА МАТЕРИАЛОВ ИССЛЕДОВАНИЯ НИВЕЛИРОВ И РЕЕК

§ 19. Проверку вычислений материалов исследований нивелиров и реек производят в одну руку.

§ 20. При предварительной обработке нивелирования проверяют следующие материалы исследования нивелиров.

1. Для нивелиров НБ, НПГ, НА и Ni-004:

— определение средней квадратической ошибки совмещения концов пузырька уровня по рейке;

— определение цены деления цилиндрического уровня по рейке;

— определение цены деления отсчетного барабана;

— испытание работы элевационного винта;

— определение коэффициента дальномера.

Контрольная ведомость проверки

№ штативов	Разность отчетов по дальномерным нитям				Правая нивелировка					
					отсчеты по биссектору $\left(\frac{1}{2}\ дм\right)$					
	правая нивелировка		левая нивелировка		основная шкала				дополнитель	
					по рейке		по барабану		по рейке	
	з	п	з	п	з	п	з	п	з	п
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
					Ход от марки 2231					
					31. VIII 1963 г. Испол					
					Журналы № 2, 4					
1	411	408	416	406	3,4	35,2	38	99	62,6	94,5
2	380	377	380	374	31,5	31,0	29	78	90,7	90,3
3	249	250	249	250	27,5	29,6	4	71	86,7	88,9
4	801	803	801	802	23,9	25,4	31	26	83,1	84,6
5	1000	1000	1000	1000	28,5	20,7	4	10	87,7	79,9
6	1000	1000	1000	1002	28,5	26,5	95	45	87,8	85,7
7	1001	1000	1002	1002	29,6	32,7	26	47	88,8	91,9
8	1002	1002	1002	1002	31,6	30,9	29	14	90,8	90,1
9	998	1000	1000	1000	24,5	33,5	69	49	83,8	92,7
10	1000	1000	1000	1000	27,1	33,4	22	66	86,3	92,7
Σ (1 — 10)	7842	7840	7850	7838	256,1	298,9	347	505	848,3	891,3
11	1000	1000	1000	1000	28,8	25,4	54	22	88,0	84,6
12	1000	1000	1000	998	32,3	24,9	7	81	91,5	84,2
13	1001	1000	1000	1000	36,7	22,7	38	4	95,9	81,9
14	600	605	599	605	33,2	39,8	97	10	92,5	99,0
По секции	11443	11445 —2	11449	11441 +8	387,1	411,7 —24,6	543 —24,679	622 —79	1216,2	1241,0 —24,8

ср. $-24{,}669\left(\frac{1}{2}\ дм\right)$

$l = 1{,}1$ *км* $n = 14$ шт.

Измеренное превышение ..... $h'_{прав}$

Поправка за неверность длины ср. метра реек ..... δh

Исправленное превышение ..... $h_{прав}$

Вычислял техник

С журналом считали: читал техник

слушал ст. техник

Таблица 2

журналов нивелирования I класса

	Левая нивелировка									
	отсчеты по биссектору $\left(\frac{1}{2}\ дм\right)$									
ная шкала	основная шкала						дополнительная шкала			
по барабану	по рейке		по барабану		по рейке		по барабану			
з	п	з	п	з	п	з	п	з	п	
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	

до грунт. реп. 57
нитель Н. П. Петров
Рейки 1038, 1039

88	47	3,4	35,4	38	88	62,6	94,7	89	38
79	27	31,7	30,5	18	94	90,9	89,8	68	43
57	24	27,0	29,5	21	97	86,2	88,8	70	47
84	79	23,8	24,8	54	68	83,1	84,1	9	16
60	60	27,9	20,8	48	96	87,1	80,1	94	46
46	94	28,7	26,2	83	14	88,0	85,4	31	67
80	99	29,3	32,3	5	31	88,5	91,5	54	86
80	67	31,2	30,6	7	53	90,4	89,9	62	8
18	95	24,3	33,8	8	15	83,5	93,0	55	68
76	16	27,3	33,9	93	67	86,6	93,2	46	14
668	608	254,6	297,8	375	623	846,9	890,5	578	433
103	74	29,3	25,9	55	28	88,6	85,1	7	80
60	25	32,8	25,8	14	44	92,0	85,0	64	92
86	55	37,5	22,3	100	70	96,8	81,6	50	23
47	61	32,9	39,8	61	10	92,2	99,0	10	55
964	823	387,1	411,6	605	775	1216,5	1241,2	709	683
—24,659	+141		—24,5	—24,670	—170		—24,7	—24,674	+26

$$-24{,}672\left(\frac{1}{2}\ дм\right)$$

$= -1233{,}4$ *мм* $\qquad h'_{лев} = -1233{,}6$ *мм*

$= -0{,}1$ *мм* $\qquad \delta h = -0{,}1$ *мм*

$= -1233{,}5$ *мм* $\qquad h_{лев} = -1233{,}7$ *мм*

Петров Октябрь 1963 г.

Петров

Иванов

2. Для нивелиров НВ, НС-2 и HF:

— определение цены деления цилиндрического уровня по рейке;

—определение коэффициента дальномера.

Подробные объяснения по вычислению указанных исследований приведены в «Инструкции по нивелированию I, II, III и IV классов».

§ 21. При предварительной обработке нивелирования проверяют следующие материалы исследования реек.

1. Для инварных реек:

— контрольное определение длины интервалов шкал реек;

— исследование перпендикулярности плоскости пятки рейки к оси рейки и совпадения плоскости пятки с нулем основной шкалы;

— определение разности высот нулей реек.

2. Для деревянных реек:

— определение средней длины метра обеих реек;

— определение ошибок дециметровых делений;

— определение разности высот нулей реек.

Подробные объяснения по обработке указанных исследований приведены в «Инструкции по нивелированию I, II, III и IV классов».

§ 22. При вычислении средней длины метра пары реек для введения соответствующих поправок в измеренные превышения надлежит использовать:

а) для инварных реек — данные, полученные на компараторе (полевое компарирование при помощи контрольной линейки считают контрольным);

б) для деревянных реек — данные весеннего и осеннего компарирования при помощи контрольной линейки. Если компарирование деревянных реек в течение сезона производилось несколько раз, то используют все результаты.

2. ПРОВЕРКА И ОФОРМЛЕНИЕ ПОЛЕВЫХ ЖУРНАЛОВ

А. Проверка и оформление журналов нивелирования I и II классов

§ 23. Проверку журналов нивелирования I и II классов (прил. 1 и 2) производят в одну руку в контрольной ведомости. Полученные результаты считывают с вычислениями в журналах, произведенными полевыми работниками.

§ 24. Контрольную ведомость проверки журналов нивелирования I класса (табл. 2) составляют следующим образом:

1. В графу 1 записывают номера штативов.

2. Проверяют правую нивелировку:

— в графы 2 и 3 выписывают из журналов разность отсчетов по дальномерным нитям;

— в графы 6—13 выписывают из журналов отсчеты по биссекторам;

— суммируют числа граф 2—3 и 6—13 и записывают их после каждых 10 штативов нарастающим итогом, т. е. для штативов 1—10, 10—20 и т. д. по всей секции; указанные суммы сравнивают с соответствующими суммами в журнале;

— по полученным в конце секции суммам граф 6—13 вычисляют превышения по основной и дополнительной шкалам;

— из превышений по основной и дополнительной шкалам выводят среднее превышение по секции по правой нивелировке в полудециметрах, затем переводят его из полудециметров в миллиметры и записывают с точностью до 0,1 *мм* ($h'_{\text{прав}}$);

— вычисляют поправку за неверность длины среднего метра реек (δh) и вводят ее в превышение;

— записывают исправленное превышение ($h_{\text{прав}}$).

3. Аналогично производят проверку левой нивелировки (графы 4—5, 14—21).

§ 25. Проверку журналов нивелирования II класса производят так же, как и I класса (табл. 3).

§ 26. При проверке журналов должен выполняться контроль наблюдений на станции.

В нивелировании I класса:

— разность превышений, полученных по наблюдениям по основной и дополнительной шкалам реек для каждого хода (правого и левого), не должна превышать 0,5 *мм* (10 делений отсчетного барабана);

— расхождения между превышениями задней пары костылей данной станции и превышениями передней пары костылей предыдущей станции не должны быть более 0,7 *мм* (14 делений отсчетного барабана);

— неравенство расстояний от нивелира до реек не должно превышать на отдельных станциях 0,5 *м*, а их накопление на секцию не должно быть более 1 *м*;

— высота визирного луча не должна быть менее 0,8 *м*.

В нивелировании II класса:

— разность превышений, полученных по наблюдениям по основной и дополнительной шкалам реек, не должна превышать 0,7 *мм* (15 делений отсчетного барабана);

— неравенство расстояний от нивелира до реек не должно превышать на отдельных станциях 1 *м*, а их накопление на секцию не должно быть более 2 *м*;

— высота визирного луча не должна быть менее 0,5 *м*.

§ 27. Вычисляют поправку в превышении за неверность длины среднего метра реек.

Для этого сначала, используя данные компарирования по паспортам реек, вычисляют в две руки среднюю длину метра пары реек и поправочный коэффициент к длине среднего метра реек.

Таблица 3

Контрольная ведомость проверки журналов нивелирования II класса

№ штативов	Разность отсчетов по дальномерным нитям		Отсчеты по биссектору $\left(\frac{1}{2}\ дм\right)$							
			основная шкала				дополнительная шкала			
			по рейке		по барабану		по рейке		по барабану	
	з	п	з	п	з	п	з	п	з	п
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ход от марки 6187 до грунт. реп. 2003 Исполнитель В. С. Петров. Журналы № 23, 24 2. VIII, 1963 г. Рейки 1042, 1043										
1	140	140	19,8	29,1	58	58	79,0	88,4	102	8
2	825	835	28,5	28,0	40	95	87,7	87,3	88	47
3	620	620	23,6	51,9	27	28	82,8	111,1	86	77
4	620	620	10,6	46,2	66	8	69,9	105,4	16	57
5	820	825	29,7	29,2	24	40	88,9	88,4	75	93
6	830	830	30,2	23,6	20	93	89,4	82,9	71	42
7	580	580	47,7	21,2	26	35	106,9	80,5	75	0
8	250	248	21,4	58,1	33	25	80,6	117,3	83	78
9	160	140	21,8	54,8	34	60	81,0	114,1	80	13
10	140	130	16,5	55,1	57	85	75,8	114,4	8	39
Σ(1—10)	4985	4968	249,8	397,2	385	527	842,0	989,8	684	454
11	160	140	14,0	56,4	43	13	73,2	115,6	91	62
По секции	5145	5108	263,8	453,6	428	540	915,2	1105,4	775	516
$l = 0{,}5$ км		+37		—189,8		—112		—190,2		+259
$n = 11$ шт.				—189,912				—180,941		+29

Ср.— 189,926 $\left(\frac{1}{2}\ дм\right)$

Измеренное превышение $h' =$ —9496,3 *мм*
Поправка за неверность длины ср. метра реек $\delta h =$ —0,1 *мм*
Исправленное превышение $h =$ —9496,4 *мм*
Вычислял техник *Петров* Декабрь 1963 г.
С журналом считали: читал техник *Петров*
слушал ст. техник *Иванов*

Например, при определении на компараторе МИИГАиК 10. III. 1963 г. получены данные, приведенные в табл. 4.

Таблица 4

Выписка из паспорта реек

№ реек	Длина интервалов между осями штрихов в *мм*			
	10—30	30—50	70—90	90—110
5616	1000,05	1000,04	1000,03	1000,04
5617	1000,06	1000,06	1000,04	1000,06

Средняя длина метра рейки 5616 будет равна

$$\frac{1000{,}05 + 1000{,}04 + 1000{,}03 + 1000{,}04}{4} = 1000{,}04 \text{ мм}.$$

Средняя длина метра рейки 5617 будет равна

$$\frac{1000{,}06 + 1000{,}06 + 1000{,}04 + 1000{,}06}{4} = 1000{,}06 \text{ мм}.$$

Средняя длина метра пары реек равна

$$\frac{1000{,}04 + 1000{,}06}{2} = 1000{,}05 \text{ мм}.$$

Поправочный коэффициент к средней длине реек этого комплекта равен +0,05 *мм*.

Поправка в среднее превышение между знаками нивелирования получается как произведение поправочного коэффициента на среднее превышение между этими знаками.

Например:

1. Поправочный коэффициент равен +0,05 *мм*; измеренное превышение (h') между двумя марками равно +1962,6 *мм*.

Поправка в превышение

$$\delta h = (+0{,}05) \cdot (+1{,}96) = +0{,}1 \text{ мм}$$

(для получения поправки превышение округляется до 0,01 *м*).

Исправленное превышение

$$h = h' + \delta h = +1962{,}6 \text{ мм} + 0{,}1 \text{ мм} = +1962{,}7 \text{ мм}.$$

2. Поправочный коэффициент равен — 0,06 *мм*; измеренное превышение $h' = -1985{,}6$ *мм*.

Поправка в превышение

$$\delta h = (-0{,}06) \cdot (-1{,}99) = +0{,}1 \text{ мм}.$$

Исправленное превышение

$$h = h' + \delta h = -1985{,}6 + 0{,}1 \text{ мм} = -1985{,}5 \text{ мм}.$$

Полученные поправки в превышения за неверность длины среднего метра реек выписывают в журнал и в контрольную ведомость под измеренными превышениями правой и левой нивелировок. Затем вычисляют исправленные значения превышений.

§ 28. После завершения проверки секции составляют итоговый листок, на который заносят следующие данные:

— название линии и секции;

— фамилию исполнителя и дату выполнения работ;

— измеренные превышения в полудециметрах по основной и дополнительной шкалам для правой и левой нивелировок;

— среднее превышение в миллиметрах по правой и левой нивелировкам отдельно;

— поправки в средние превышения за неверность длины среднего метра пары реек в миллиметрах;

— исправленные превышения по правой и левой нивелировкам;

— длину секции в километрах и соответствующее число штативов;

— фамилии и подписи составителя и проверившего и дату составления листка.

Записи в итоговом листке сверяют с соответствующими подсчетами по секции в журнале.

Итоговый листок вклеивают в журнал после записи наблюдений соответствующей секции.

Образец итогового листа приведен в прил. 2.

§ 29. Одновременно с контролем вычислений проверяют полноту сведений, заносимых в журнал.

Если записи по ходу переносят в другой журнал, то в конце первого журнала должно быть указано, в каком журнале и на какой странице продолжение хода, а во втором журнале указывают, где находится начало хода.

Б. Проверка и оформление журналов нивелирования III и IV классов

§ 30. Проверку журналов нивелирования III и IV классов (прил. 3—6) производят в одну руку.

Проверяют все подсчеты и постраничные суммы. По окончании проверки секции в журнале делается запись: «при камеральной обработке проверил, фамилия, подпись, дата».

§ 31. Если нивелирование III класса исполнено по способу совмещения, то проверку журналов выполняют так же, как для II класса.

§ 32. Если при нивелировании III класса применяли двусторонние рейки с сантиметровыми делениями на обеих сторонах, то контроль журналов заключается в следующем (прил. 3).

На каждой странице журнала проверяют и отмечают:

а) сумму разностей отсчетов по дальномерным нитям по задней и передней рейкам

$$(20) = \Sigma\,(9) \text{ и } (21) = \Sigma\,(10);$$

б) сумму контрольных превышений

$$(22) = \Sigma\,(11) + \Sigma\,(12);$$

разделив ее пополам, получают (27) — контрольное превышение на странице;

в) сумму отсчетов по задней рейке по черной и красной сторонам

$$(23) = \Sigma\,(1) + \Sigma\,(8);$$

г) сумму отсчетов по передней рейке по черной и красной сторонам

$$(24) = \Sigma\,(4) + \Sigma\,(7);$$

д) сумму превышений

$$(25) = \Sigma\,(14) + \Sigma\,(15);$$

е) сумму средних превышений

$$(26) = \Sigma\,(19).$$

При этом должны выполняться следующие контроли:

$$(28) = (23) - (24) = (25);$$

$$(29) = \frac{1}{2}\,(25) = (26)$$

при четном числе штативов; если на странице нечетное число штативов, то к сумме (25) предварительно прибавляют пяточную разность с тем знаком, какой она имела на последнем штативе;

— суммы (27) и (26) сравнивают для грубого контроля;

— если не сходится точно первый или второй контроли, нужно проверить вычисления превышений на штативах.

При проверке подсчета по секции суммируют результаты каждой страницы

$$\Sigma\,(20),\ \Sigma\,(21),\ \Sigma\,(27),\ \Sigma\,(23),\ \Sigma\,(24),\ \Sigma\,(25),\ \Sigma\,(26).$$

Выполняют те же контроли, что и при постраничных подсчетах

$$(30) = \Sigma\,(23) - \Sigma\,(24) = \Sigma\,(25);$$

$$(31) = \frac{1}{2}\,\Sigma\,(25) = \Sigma\,(26).$$

Для получения длины секции вычисляют

$$l_{км} = \frac{[\Sigma\,(20) + \Sigma\,(21)] \cdot K}{1\,000\,000},$$

где K — коэффициент дальномера.

§ 33. Если при нивелировании III класса применяли двусторонние рейки с сантиметровыми делениями на черной стороне и 11/10 *см* на красной стороне, то контроль журналов заключается в следующем (прил. 4).

На каждой странице журнала проверяют и отмечают:

а) сумму разностей отсчетов по дальномерным нитям по задней и передней рейкам

$$(18) = \Sigma\,(9) \text{ и } (19) = \Sigma\,(10);$$

б) сумму контрольных превышений

$$(20) = \Sigma\,(11) + \Sigma\,(12);$$

разделив ее пополам, получают (25) — контрольное превышение на странице;

в) сумму отсчетов по задней рейке по черной и красной сторонам

$$(21) = \Sigma\,(1) + \Sigma\,(8) + \frac{1}{10}\,\Sigma\,(8);$$

г) сумму отсчетов на передней рейке по черной и красной сторонам

$$(22) = \Sigma\,(4) + \Sigma\,(7) + \frac{1}{10} \cdot \Sigma\,(7);$$

д) сумму превышений

$$(23) = \Sigma\,(14) + \Sigma\,(15);$$

е) сумму средних превышений

$$(24) = \Sigma\,(17).$$

При этом должны выполняться следующие контроли:

$$(26) = (21) - (22) = (23);$$

$$(27) = \frac{1}{2}(23) = (24)$$

при четном числе штативов;

— если на странице нечетное число штативов, то к сумме (23) предварительно прибавляют пяточную разность с тем знаком, какой она имела на последнем штативе;

— суммы (25) и (24) сравнивают для грубого контроля;

— если не сходятся до 1 *мм* первый или второй контроли, нужно проверить вычисления превышений на штативах.

При проверке подсчета по секции суммируют результаты каждой страницы

$$\Sigma\,(18),\ \Sigma\,(19),\ \Sigma\,(25),\ \Sigma\,(21),\ \Sigma\,(22),\ \Sigma\,(23),\ \Sigma\,(24).$$

Выполняют те же контроли, что и при постраничных подсчетах

$$(28) = \Sigma\,(21) - \Sigma\,(22) = \Sigma\,(23);\quad (29) = \frac{1}{2}\Sigma\,(23) = \Sigma\,(24).$$

Для получения длины секции вычисляют

$$l_{км} = \frac{[\Sigma\,(18) + \Sigma\,(19)]\,K}{1\,000\,000},$$

где K — коэффициент дальномера.

§ 34. При проверке журналов нивелирования III класса должен выполняться контроль наблюдений на станции:

— при наблюдении по способу совмещения разность превышений, определенных по основной и дополнительной шкалам реек, не должна превышать 1,5 *мм* (30 делений отсчетного барабана);

— при наблюдении по средней нити разность превышений, определенных по черным и красным сторонам реек, а также расхождение отсчета по средней нити по черной стороне передней (задней) рейки с полусуммой отсчетов по дальномерным нитям, не должны превышать 3 *мм*;

— неравенство расстояний от нивелира до реек не должно превышать 2 *м*, а их накопление на секцию не должно быть более 5 *м*;

— высота визирного луча не должна быть менее 0,3 *м*.

§ 35. Поправку в превышение за неверность длины среднего метра реек (за компарирование) вычисляют в две руки.

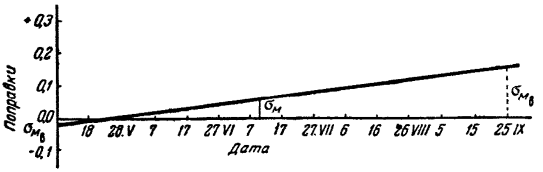
Для вычисления этой поправки берут из результатов определения средней длины метра обеих реек поправочные коэффициенты одного метра пары реек, полученные при исследовании реек перед началом работ и по их окончании. Интерполированием вычисляют поправочный коэффициент на день производства нивелирования и, умножая на этот коэффициент превышение, получают искомую поправку.

Например: поправочный коэффициент одного метра пары реек из определений перед началом работ (8 мая) равен — 0,02 *мм*, из определений по окончании полевых работ (25 сентября) равен +0,16 *мм*. Превышение, определенное 10 июля, равно +32,733 *м*.

Между весенним и осенним определением величины поправочного коэффициента прошло 140 дней, а между весенним определением (8 мая) и моментом определения превышения (10 июля) прошло 63 дня. Поэтому поправочный коэффициент среднего метра реек на 10 июля будет равен

$$\sigma_м = -0{,}02 + \frac{(+0{,}16) - (0{,}02)}{140} \cdot 63 = +0{,}06 \text{ мм}.$$

График интерполирования поправки за среднюю длину метра реек на дату нивелирования



Испр. *Н. Н. Петров*
Рейки № 1513 и 1514
Поправка $\sigma_{м_в}$ 8. V —0,02 *мм*
$\sigma_{м_0}$ 25. IX +0,16 *мм*
Получено $\sigma_м$ 10. VII+0,06 *мм*

Рис. 1

Таким образом, поправка в превышение будет равна

$$\delta h = (+0{,}06) \cdot (+32{,}7) = +2{,}0 \text{ мм}.$$

Исправленное превышение

$$h = +32{,}733 + 0{,}002 = +32{,}735 \text{ м}.$$

Интерполирование поправки за среднюю длину метра на дату нивелирования удобно производить по графику, построенному следующим образом (рис. 1).

На миллиметровой бумаге по горизонтальной оси откладывают время с момента весеннего компарирования реек до осеннего компарирования, по вертикальной оси — поправочные коэффициенты из весеннего и осеннего компарирования.

Отложив на каждой дате компарирования соответствующие им поправочные коэффициенты, соединяют полученные точки между собой прямой.

В нашем примере поправочный коэффициент метра пары реек из исследования реек 8 мая равен —0,02 *мм* и из исследования

реек 25 сентября равен +0,16 *мм*. Превышение, определенное 10 июля, равно +32,733 *м*.

Поправочный коэффициент на день выполнения нивелирования находят следующим образом: из точки на горизонтальной оси, соответствующей дате нивелирования (10 июля), восстанавливают перпендикуляр к горизонтальной оси до пересечения с прямой графика. Из точки пересечения проводят прямую линию, параллельную горизонтальной оси, до пересечения с вертикальной осью и берут на ней величину поправочного коэффициента на день выполнения нивелирования (+0,06 *мм*).

Умножая превышение, округленное до 0,1 *м*, на этот коэффициент, получают поправку за среднюю длину метра реек в превышение.

В нашем примере

$$\delta h = (+0{,}06) \cdot (+32{,}7) = +2{,}0 \text{ мм}.$$

§ 36. После завершения проверки секции составляют итоговый листок, на который заносят следующие данные:

— название линии (хода) и секции;

— фамилию исполнителя и дату выполнения работы;

— среднее из превышений в миллиметрах, определенных по черной и красной сторонам реек (или по основной и дополнительной шкале);

— поправку в превышение за неверность длины среднего метра реек;

— исправленное значение среднего превышения;

— длину секции в километрах и соответствующее число штативов;

— фамилии и подписи составителя и проверившего и дату составления листка.

Итоговый листок вклеивают в журнал после записи наблюдений соответствующей секции.

Образец итогового листка приведен в прил. 2.

§ 37. Если при нивелировании IV класса применяли двусторонние рейки с сантиметровыми делениями на обеих сторонах, то проверка журналов заключается в следующем (прил. 5).

На каждой странице журнала проверяют и отмечают:

а) сумму дальномерных расстояний до задней и передней реек

$$(21) = \Sigma(7) + \Sigma(8);$$

б) сумму отсчетов по средней нити задней рейки по черной и красной сторонам

$$(15) = \Sigma(2) + \Sigma(6);$$

в) сумму отсчетов по средней нити передней рейки по черной и красной сторонам

$$(16) = \Sigma(4) + \Sigma(5);$$

г) сумму превышений по черной и красной сторонам

$$(17) = \Sigma(11) + \Sigma(12);$$

д) сумму средних превышений

$$(18) = \Sigma(13).$$

При этом должен выполняться контроль:

$$(19) = (15) - (16) = (17);$$

$$(20) = \frac{1}{2}(17) = 18$$

при четном числе штативов.

Если на странице число штативов нечетное, то к сумме (17) предварительно прибавляют пяточную разность с тем знаком, какой она имела на последнем штативе.

Последнее равенство должно сходиться с точностью 1—2 *мм*; при более грубых расхождениях проверяют вывод средних превышений на штативах.

При проверке подсчета по секции суммируют результаты каждой страницы

$$\Sigma(21),\ \Sigma(15),\ \Sigma(16),\ \Sigma(17) \text{ и } \Sigma(18).$$

Выполняют тот же контроль, что и при постраничных подсчетах

$$(22) = \Sigma(15) - \Sigma(16) = \Sigma(17);$$

$$(23) = \frac{1}{2}\Sigma(17) = \Sigma(18).$$

Для получения длины секции вычисляют

$$l_{км} = \frac{\Sigma(21)\,2K}{1\,000\,000},$$

где K — коэффициент дальномера.

§ 38. Если при нивелировании IV класса применяли двусторонние рейки с сантиметровыми делениями на черной стороне и 11/10 *см* на красной стороне, то проверка журналов заключается в следующем (прил. 6).

На каждой странице журнала проверяют и отмечают:

а) сумму дальномерных расстояний до задней и передней реек

$$(19) = \Sigma(7) + \Sigma(8);$$

б) сумму отсчетов по средней нити задней рейки по черной и красной сторонам

$$(13) = \Sigma(2) + \Sigma(6) + \frac{1}{10}\Sigma(6);$$

в) сумму отсчетов по средней нити передней рейки по черной и красной сторонам

$$(14) = \Sigma(4) + \Sigma(5) + \frac{1}{10}\Sigma(5);$$

г) сумму превышений по черной и красной сторонам

$$(15) = \Sigma(9) + \Sigma(10);$$

д) сумму средних превышений

$$(16) = \Sigma(11).$$

При этом должен выполняться следующий контроль:

$$(17) = (13) - (14) = (15);$$

$$(18) = \frac{1}{2}(15) = (16)$$

при четном числе штативов;

если на странице число штативов нечетное, то к сумме (15) предварительно прибавляют пяточную разность с тем знаком, какой она имела на последнем штативе.

Последнее равенство должно сходиться с точностью 1—2 *мм*; при более грубых расхождениях проверяют вывод средних превышений на штативах.

При проверке подсчета по секции суммируют результаты каждой страницы

$$\Sigma(19),\ \Sigma(13),\ \Sigma(14),\ \Sigma(15) \text{ и } \Sigma(16).$$

Выполняют тот же контроль, что и при постраничных подсчетах

$$(20) = \Sigma(13) - \Sigma(14) = \Sigma(15);$$

$$(21) = \frac{1}{2}\Sigma(15) = \Sigma(16).$$

Для получения длины секции вычисляют

$$l_{км} = \frac{\Sigma(19) \cdot 2K}{1\,000\,000},$$

где K — коэффициент дальномера.

§ 39. При проверке журналов нивелирования IV класса должен выполняться контроль наблюдений на станции:

— разность превышений, определенных по черным и красным сторонам реек, не должна превышать 5 *мм*;

— неравенство расстояний от нивелира до реек не должно превышать 5 *м*, а их накопление на секцию не должно превышать 10 *м*;

— высота визирного луча не должна быть менее 0,2 *м*.

§ 40. Поправку в превышение за неверность длины среднего метра реек в нивелировании IV класса вычисляют как указано в § 35.

В конце каждой секции в журнал вклеивают итоговый листок, оформленный по образцу, приведенному в прил. 6.

3. СОСТАВЛЕНИЕ ВЕДОМОСТЕЙ ПРЕВЫШЕНИЙ И ВЫСОТ ПУНКТОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ

§ 41. Ведомости превышений и высот пунктов нивелирования всех классов составляют в две руки. По окончании вычислений результаты обеих рук считывают.

§ 42. Нивелирные знаки, определенные висячими ходами от пунктов основного хода, помещают в отдельной ведомости.

§ 43. Ведомость превышений и высот пунктов нивелирования I класса имеет форму, приведенную в прил. 10.

При составлении ведомости превышений один вычислитель выбирает данные из контрольной ведомости проверки журналов, второй — из итоговых листков.

§ 44. Если в обработку были приняты превышения, определенные три раза — в прямом и обратном направлениях и повторенные еще в одном направлении и удовлетворяющие допускам, то превышения записывают в графу своего направления одно под другим, не меняя их знака: для прямых ходов — в графы 8—9, для обратных — в графы 12—13.

§ 45. Контрольные марки фундаментальных реперов включают в ведомость превышений основного хода и записывают под знаками, к которым они привязаны.

Высоты контрольных марок отмечают звездочкой *.

§ 46. По заполнении ведомости превышений на каждую линию по участкам между фундаментальными реперами, для каждого наблюдателя и всей линии производят суммирование чисел, записанных в графах 4 и 23.

§ 47. Ведомость превышений и высот пунктов нивелирования II класса имеет форму, приведенную в прил. 11.

При ее составлении один вычислитель выбирает данные из контрольной ведомости проверки журналов, второй — из итоговых листков.

§ 48. По заполнении ведомости превышений на каждую линию по участкам между фундаментальными реперами и по всей линии производят суммирование чисел, записанных в графах 4, 7—10, 12—15.

§ 49. Возникающие в пересечении нивелирных линий построения, обусловленные необходимостью связи нивелировок одного или разных классов, а также необходимостью проверки неизменности положения по высоте заложенных ранее знаков, называются узлами связи.

§ 50. На каждый узел связи нивелирования I и II классов составляют схему и ведомость по форме, приведенной в прил. 12, а также сравнивают значения превышений повторенных секций (участков) и вычисляют невязки образовавшихся в узлах связи полигонов.

§ 51. При повторении секции расхождения между ранее и вновь определенными превышениями не должны превышать (в миллиметрах) при связи нивелирования:

I класса . . . . . $\pm 6\sqrt{L}$,
II класса . . . . . $\pm 9\sqrt{L}$,
I и II классов . . . . . $\pm 9\sqrt{L}$,

где L — длина секции в километрах.

§ 52. При обработке узлов связи должны использоваться превышения нового нивелирования перекрытых секций (участков), если класс нового нивелирования равен или выше класса старого нивелирования.

§ 53. Ведомость превышений и высот пунктов нивелирования III класса имеет форму, приведенную в прил. 14.

При составлении ведомости превышений, если нивелирование выполняли по способу совмещения, один вычислитель выбирает данные из контрольной ведомости проверки журналов, второй — из итоговых листков; если нивелирование выполняли по средней нити, то один вычислитель выбирает данные из итоговых листков, второй — из журналов (результаты посекционных подсчетов).

§ 54. Ведомость превышений и высот пунктов нивелирования IV класса имеет форму, приведенную в прил. 13.

При составлении ведомости превышений один вычислитель выбирает данные из итоговых листков, второй — из журналов (результаты посекционных подсчетов).

§ 55. В ведомость превышений и высот пунктов нивелирования III и IV классов, кроме постоянных знаков, включают и надежно закрепленные временные реперы. В этом случае подсчет превышений следует делать также и по секциям между временными реперами.

§ 56. Вычисление высот пунктов нивелирования всех классов выполняют после уравнительных вычислений (глава IV).

Если вычисленные высоты предварительные, то об этом делают запись на наружной наклейке переплета и на титульном листе.

4. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА НИВЕЛИРОВАНИЯ ПО РАЗНОСТЯМ ИЗМЕРЕННЫХ ПРЕВЫШЕНИЙ И НЕВЯЗКАМ ПОЛИГОНОВ

§ 57. Качество двойного нивелирования характеризуется величинами разностей измеренных превышений в прямом и обратном направлениях и вычисленными по ним средними квадратическими ошибками — случайной η и систематической σ — на 1 *км* хода.

Если ходы нивелирования одного или двух смежных классов образуют замкнутые полигоны, то подсчитывают их невязки.

§ 58. По измеренным в нивелировании I класса превышениям определяют следующие разности:

— из правого и левого нивелирования прямого хода

$$d_1 = (h_{\text{прав}} - h_{\text{лев}})_{\text{прям}};$$

— из правого и левого нивелирования обратного хода

$$d_2 = (h_{\text{прав}} - h_{\text{лев}})_{\text{обр}};$$

— из прямого и обратного ходов правого нивелирования

$$d_3 = (h_{\text{прям}} - h_{\text{обр}})_{\text{прав}};$$

— из прямого и обратного ходов левого нивелирования

$$d_4 = (h_{\text{прям}} - h_{\text{обр}})_{\text{лев}};$$

— из средних результатов прямых и обратных ходов отдельно для правого и левого нивелирования

$$d_5 = \frac{1}{2}(h_{\text{прям}} + h_{\text{обр}})_{\text{прав}} - \frac{1}{2}(h_{\text{прям}} + h_{\text{обр}})_{\text{лев}};$$

— из средних результатов прямого и обратного ходов

$$d_6 = \frac{1}{2}(h_{\text{прав}} + h_{\text{лев}})_{\text{прям}} - \frac{1}{2}(h_{\text{прав}} + h_{\text{лев}})_{\text{обр}}.$$

Величины разностей d_1, d_2 и d_6 не должны превосходить 3 *мм* $\sqrt{L}$, когда среднее число штативов на один километр хода меньше 15, и 4 *мм* $\sqrt{L}$, когда среднее число штативов на один километр хода больше 15, где L — длина секции (хода) в километрах.

При образовании разностей d_i превышениям, измеренным в ходе обратного направления, приписывают знаки превышений, измеренных в прямом ходе.

Разности d_i подсчитывают по каждой секции, по каждому участку между фундаментальными и узловыми знаками, по результатам нивелирования каждого исполнителя и по всей линии.

Для контроля правильности вычислений всех Σd_i следует пользоваться формулами

$$\Sigma d_5 = \frac{1}{2}(\Sigma d_1 - \Sigma d_2),$$

$$\Sigma d_6 = \frac{1}{2}(\Sigma d_3 + \Sigma d_4).$$

Из-за округлений при вычислении d_i результаты контроля могут не согласовываться в пределах 3 *мм*.

§ 59. По величинам d_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$) анализируют действие случайных и систематических ошибок.

При сопоставлении действительных величин Σd с теми значениями, которые обусловлены действием только случайных ошибок, используют формулы:

— для d_1, d_2, d_3, d_4 $\qquad m_1 = \pm 1{,}2 \text{мм}\sqrt{L}$,

— для d_5, d_6 $\qquad m_2 = \pm 0{,}84 \text{ мм}\sqrt{L}$,

где L — длина в километрах участка, на котором выполнено суммирование величины d_i.

§ 60. С целью получения представления о характере и величине систематических ошибок для каждой линии нивелирования I класса строят графики накоплений величин d_i.

Для построения графика на миллиметровой бумаге проводят две взаимно перпендикулярные линии, которые принимают за оси координат; по оси абсцисс откладывают расстояния между постоянными знаками r, по оси ординат — величины

$$\Delta_1 = d_{i_1}; \quad \Delta_2 = d_{i_1} + d_{i_2} \ldots; \quad \Delta_n = d_{i_1} + d_{i_2} + \ldots + d_{i_n}.$$

Соединяя полученные точки линиями, получают график накоплений величин d_i.

Для каждой линии нивелирования I класса строят два графика: на одном показывают накопления разностей d_1, d_2 и d_5, на другом — d_3, d_4 и d_6.

Пример построения такого графика и вычисления величин η и σ для линии нивелирования I класса приведен в прил. 15.

§ 61. По измеренным в нивелировании II класса превышениям в прямом и обратном ходах вычисляют разности d, которые не должны превышать $5\,мм\sqrt{L}$, когда среднее число штативов на один километр хода меньше 15, и $6\,мм\sqrt{L}$, когда среднее число штативов на один километр хода более 15.

§ 62. Аналогично нивелированию I класса величины d суммируют по участкам отдельных наблюдателей, между фундаментальными реперами и по целым линиям.

Возможное накопление случайных ошибок в разностях d нивелирования II класса подсчитывают по формуле $m = \pm 1{,}7\,мм\sqrt{L}$.

Построение графика накопления величин d производят так же, как в нивелировании I класса (см. § 60).

§ 63. По измеренным в нивелировании III класса превышениям в прямом и обратном ходах также вычисляют разности d, которые не должны превышать $10\,мм\sqrt{L}$.

§ 64. Среднюю квадратическую случайную ошибку η среднего превышения на 1 *км* для нивелирного хода I класса вычисляют по формулам

$$\eta^2 = \frac{1}{4n}\left[\frac{d_5^2}{r}\right]$$

и

$$\eta^2 = \frac{1}{4n}\left[\frac{d_6^2}{r}\right],$$

а для нивелирного хода II класса —

$$\eta^2 = \frac{1}{8n}\left[\frac{d^2}{r}\right].$$

В этих формулах n — число секций в ходе, r — длина секции, d — разность превышений двух нивелировок в секции.

Среднюю квадратическую систематическую ошибку σ среднего превышения на 1 *км* нивелирного хода I и II классов вычисляют по формуле

$$\sigma^2 = \frac{1}{4[L]}\left[\frac{S^2}{L}\right].$$

Величины S берут с графика как разности ординат прямой, проведенной на графике симметрично относительно кривой однородного накопления разностей на соответствующем участке.

Для нивелирования I класса вычисление величины σ следует выполнять по разностям d_5 и d_6.

§ 65. Среднюю квадратическую случайную ошибку η среднего превышения на 1 *км* нивелирного хода III класса вычисляют по формуле

$$\eta^2 = \frac{1}{4n}\left[\frac{d^2}{r}\right],$$

где n — число секций в данном ходе, r — длина секции, d — разность превышений двух нивелировок в секции.

Так как длины нивелирных линий III класса, как правило, сравнительно невелики (менее 100 *км*), то действие систематических ошибок в них проявляется слабо. Поэтому среднюю квадратическую ошибку σ среднего превышения на 1 *км* в отдельных ходах нивелирования III класса не вычисляют. Ее следует вычислять только для группы нивелирных ходов; при этом как для η, так и для σ должны применяться формулы § 64.

§ 66. Для нивелирования I, II и III классов после всех изложенных выше вычислений по оценке качества составляют сводную таблицу качества нивелирования, в которую для каждой линии выписывают число секций и их общую протяженность, распределение количества секций и соответствующих им длин ходов по точности исполнения:

— для I класса (по разностям d_0)

до 1 *мм* $\sqrt{L}$,
от 1 *мм* $\sqrt{L}$ до 2 *мм* $\sqrt{L}$,
от 2 *мм* $\sqrt{L}$ до 3 *мм* $\sqrt{L}$,
от 3 *мм* $\sqrt{L}$ до 4 *мм* $\sqrt{L}$,
свыше 4 *мм* $\sqrt{L}$;

— для II класса

до 3 *мм* $\sqrt{L}$,
от 3 *мм* $\sqrt{L}$ до 5 *мм* $\sqrt{L}$,
от 5 *мм* $\sqrt{L}$ до 6 *мм* $\sqrt{L}$,
свыше 6 *мм* $\sqrt{L}$;

— для III класса

до 5 *мм* $\sqrt{L}$,
от 5 *мм* $\sqrt{L}$ до 10 *мм* $\sqrt{L}$,
свыше 10 *мм* $\sqrt{L}$.

Секции с недопустимыми расхождениями превышений прямого и обратного ходов помещают в отдельную таблицу.

Сводную таблицу качества и список секций с недопустимыми расхождениями включают в пояснение к ведомости превышений и в технический отчет.

§ 67. Для нивелирования всех классов подсчитывают невязки полигонов, в которые входят линии вновь исполненного нивелирования.

Невязки нивелирных полигонов I и II классов должны подсчитываться в системе нормальных высот, т. е. по превышениям, исправленным поправками за переход к нормальным высотам.

В горных и высокогорных районах невязки нивелирных полигонов III класса следует вычислять также с учетом этих поправок.

Невязка нивелирного полигона, подсчитанная по измеренным превышениям и исправленная на величину поправки за переход

к нормальным высотам, должна равняться невязке по превышениям, вычисленным в нормальной системе.

Таблица 5

Характеристика качества нивелирования
(Пример приведен для нивелирования I класса)

Название части линии; фамилия исполнителя	Число секций / протяжение в км	Число секций, удовлетворяющих допуску				Средние квадратические ошибки на 1 км хода в мм	
		до 1 мм $\sqrt{L}$	от 1 мм $\sqrt{L}$ до 2 мм $\sqrt{L}$	от 2 мм $\sqrt{L}$ до 3 мм $\sqrt{L}$	свыше 3 мм $\sqrt{L}$	случайная η	систематическая σ
Петропавловск — Макинка	76	54	17	5	—	0,25	0,02
Н. А. Броновицкий	312,7	209,9	84,3	18,5			
	15	8	6	1	—	0,27	0,04
Макинка-Ак-Куль	77,9	46,7	24,3	6,9			
А. И. Воробьев	159	98	45	16	—	0,26	0,04
Всего по линии	698,0	404,6	212,3	81,1			

Описание порядка вычисления поправки в невязку полигона за переход к нормальным высотам (теоретической невязки) приведено в главе III.

§ 68. Невязки нивелирных полигонов (с учетом поправок за переход к нормальным высотам), образованных линиями одного класса, не должны превышать значений, указанных в § 3.

Допустимые величины невязок полигонов, образованных линиями нивелирования разных классов, не должны превышать значений (в миллиметрах):

— для полигонов, образованных нивелирными линиями I и II классов

$$W_{\text{доп}} = \sqrt{25\,(L_{\text{I}} + L_{\text{II}})},$$

— для полигонов, образованных нивелирными линиями II и III классов,

$$W_{\text{доп}} = \sqrt{25L_{\text{II}} + 100L_{\text{III}}},$$

— для полигонов, образованных нивелирными линиями III и IV классов,

$$W_{\text{доп}} = \sqrt{100L_{\text{III}} + 400L_{\text{IV}}},$$

где L_{I}, L_{II}, L_{III}, L_{IV} — длина хода в километрах нивелирования соответствующего класса.

Для нивелирования I и II классов составляют таблицу подсчета невязок полигонов (табл. 6).

Для нивелирования III и IV классов невязки полигонов (полученные и допустимые) выписывают на схему, которую прилагают к ведомости превышений.

Таблица 6

Подсчет невязок полигонов нивелирования II класса

№ полигона	Название узловых точек	Нивелирные знаки, ограничивающие части полигона	Класс нивелирования	Год исполнения нивелирования	Протяжение линии (части) в *км*	Измеренные превышения, исправленные поправками за переход к нормальным высотам в *м*	Измеренные линии нивелирования и название организации
16	Вязовка	ст. реп. 15760					
	Ивановский	марка 2065	II	1936—1937	18,1	—19,5571	Ивановский—Бологое, Предприятие № 7
	Платовка	фнд. реп. 124	II	1936—1939	79,1	—3,1675	Ивановский—Всполье, то же
	Сашино	фнд. реп. 305	I	1952	183,0	+79,7464	Рыбинск—Москва, то же
	Демино	фнд. реп. 301	I	1950	87,3	—33,0208	Сашино—Демино, Предприятие № 8
	Вязовка	ст. реп. 15760	II	1960—1962	241,5	—23,9314	Демино—Вязовка, то же
	Итого по полигону				609,0	+0,0696	

Полученная невязка полигона $W = +69{,}6$ *мм*

Допустимая невязка $W_{доп} = \sqrt{25\,(L_I + L_{II})} = \sqrt{25 \times 609{,}0} = \pm 123{,}3$ *мм*.

Используя невязки полигонов, образованных одноклассными линиями, можно определить общую среднюю квадратическую ошибку нивелирования на 1 *км* хода соответствующего класса по формуле

$$\eta^2 = \frac{\left[\frac{W^2}{P}\right]}{N},$$

где N — число полигонов.

5. СОСТАВЛЕНИЕ И ВЫЧЕРЧИВАНИЕ СХЕМЫ НИВЕЛИРНЫХ ЛИНИЙ (СЕТЕЙ), КОРРЕКТУРА ОПИСАНИЙ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ЗНАКОВ И ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ТИПОВ ЦЕНТРОВ

§ 69. Схему нивелирных линий (сетей) составляют на каждый нивелирный объект.

На схеме показывают все исполненные по данному объекту новые нивелирные линии и те из ранее проложенных линий нивелирования, которые включены в совместное уравнивание с новыми, а также знаки нивелирования высших классов, служившие исходными.

По каждой линии показывают все занивелированные знаки, включая и надежно закрепленные временные реперы III и IV классов.

У каждой линии на схеме подписывают номер, соответствующий номеру по ведомости превышений.

Особое внимание должно быть обращено на выделение связей новой нивелировки с нивелировками, проложенными ранее. При необходимости узлы связи нивелировок I и II классов вычерчивают отдельно.

§ 70. Схему нивелирной сети в зависимости от густоты пунктов составляют в масштабах 1: 200 000—1 : 1 000 000 по образцу, помещенному в прил. 16. При вычерчивании применяют условные знаки, указанные в прил. 17

§ 71. Все подписи на схеме, как правило, должны быть даны фотонаборным шрифтом. Надписи названий (номеров) пунктов нивелирования располагают справа от знаков, к которым они относятся. В отдельных случаях (там, где это удобнее) разрешается располагать надписи и с других сторон знаков, но с таким расчетом, чтобы было ясно, к каким пунктам они относятся. Пересечение наклейками внешних рамок схемы не допускается.

Схема может быть составлена на нескольких листах. На схеме сети должны быть также даны:

— заголовок и ограничительный гриф;
— разграфка на трапеции масштаба 1 : 100 000 или 1 : 50 000;
— географические координаты углов листов схемы;
— условные знаки;
— масштаб (численный и линейный);

— примечания (при необходимости);

— картограмма расположения листов схемы (если она составлена на нескольких листах);

— фамилии и подписи руководителя работ и исполнителей.

Если схема составлена на нескольких листах, то их нумеруют: лист 1, лист 2 и т. д. В этом случае условные знаки и подписи ответственных лиц дают на первом листе, а на остальных листах помещают только заголовок и масштабы (численный и линейный). Картограмму расположения листов схемы приводят на первом листе внизу под линейным масштабом.

§ 72. Для всех занивелированных знаков, включая и пункты триангуляции, составляют описания их местоположения.

За основу принимают описания, составленные при полевых работах.

При камеральной обработке эти описания должны быть откорректированы и отредактированы. Для этого используют справочники административно-территориального деления, словари национальных названий и новейшие карты самого крупного масштаба с нанесенными на них нивелирными знаками. При наличии аэроснимков с опознанными или маркированными знаками их также необходимо использовать. Если нивелирные знаки в залесенной местности замаркированы вырубкой леса, то в описании обязательно указывают форму и размер маркировочного знака.

Описания должны быть конкретными и содержать легко отыскиваемые на местности близко расположенные ориентиры.

Откорректированные и отредактированные описания заносят в ведомость превышений.

Применяемые в описаниях сокращения должны быть едиными. Список наиболее распространенных сокращений приведен в прил. 23.

§ 73. Чертежи нивелирных знаков вычерчивают и обозначают в соответствии с номенклатурой, предусмотренной в соответствующих руководствах.

Чертежи выполняют в продольном разрезе в масштабе 1 : 50 (или 1 : 100) с указанием размеров монолитов, глубины закладки и положения верхней марки относительно поверхности земли.

Все составные части центров показывают, как правило, условным знаком бетона. Однако это не исключает того, что монолиты, составляющие центр, могут быть изготовлены из других материалов.

Если имеются центры, номенклатура которых одна и та же, а составные части их изготовлены из различных материалов, то на чертеже центр показывают условным знаком бетона, а в пояснении к ведомости (каталогу) указывают, что монолиты центров такой-то номенклатуры могут быть изготовлены из бетона, кирпичной кладки или каких-либо иных материалов.

Если же центр определенной номенклатуры не имеет других разновидностей в материале изготовления монолитов, то на чертеже его вычерчивают условным знаком, соответствующим тому материалу, из которого он изготовлен.

Центры, типы которых не приведены в «Альбоме», обозначают буквами *А*, *Б*, *В* и т. д.

III. ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОПРАВОК В ПРЕВЫШЕНИЯ ЗА ПЕРЕХОД К РАЗНОСТЯМ НОРМАЛЬНЫХ ВЫСОТ

§ 74. Уравнительные вычисления нивелировок I и II классов, а также III класса, проложенного в горных и высокогорных районах, можно начинать только после введения в измеренные превышения поправок за переход к разностям нормальных высот. Превышения, выведенные по результатам полевых наблюдений, с введенными в них названными выше поправками при уравнивании должны считаться как непосредственно измеренные величины.

Следовательно, для каждых двух последовательных реперов *I* и *K* необходимо вычислить

$$H_{q_k} - H_{q_i} = h_{i_k} + f,$$

где H_{q_k} и H_{q_i} — нормальные высоты реперов *K* и *I*;

h_{i_k} — измеренное превышение репера *K* над репером *I*;

f — поправка за переход к разности нормальных высот (в «Инструкции по нивелированию I, II, III и IV классов», изд. 1966 г. поправка f названа поправкой за непараллельность уровенных поверхностей).

Поправку f вычисляют по формуле

$$f = -\frac{1}{\gamma_m}(\gamma_{0_k} - \gamma_{0_i}) H_m + \frac{1}{\gamma_m}(g - \gamma)_m h_{i_k},$$

где γ_m — приближенное значение нормальной силы тяжести, принимаемое постоянным для всей территории страны и равным 980 000 миллигал; γ_{0_k} и γ_{0_i} — значения нормальных сил тяжести на отсчетном эллипсоиде в точках *K* и *I*, выбираемые из таблиц (прил. 18) по аргументу *B*; H_m — средняя высота реперов *I* и *K*; g — измеренная сила тяжести; γ — нормальная сила тяжести; $(g - \gamma)_m$ — среднее арифметическое из аномалий сил тяжести в точках *I* и *K*.

§ 75. Геодезические широты реперов *B* для определения по ним γ_0 берут с топографической карты с точностью 0′,1. H_m определяют по данным предварительных вычислений и округляют до целых метров.

§ 76. Для вычисления значения $(g - \gamma)_m$ необходимо сначала определить величины $(g - \gamma)$ на каждом репере. При этом возможны три случая:

1) имеются данные измерения сил тяжести g на каждом пункте нивелирования;

2) значения сил тяжести g на пунктах нивелирования не измерялись, но на район нивелирования имеются гравиметрические карты, составленные в редукции Буге (как правило, на равнинные и всхолмленные районы);

3) на район нивелирования имеются только гравиметрические карты, составленные в неполной топографической редукции (как правило, на горные и высокогорные районы).

§ 77. В первом случае величины g берут из гравиметрических определений, а γ — вычисляют по формуле

$$\gamma = \gamma_0 - k_1 H + k_2 H^2 \cdot 10^{-6},$$

где $k_1 = 0{,}30855(1 + 0{,}00071 \cos 2B)$; $k_2 = 0{,}0723$; H — высота пункта, для которого производят определение, округленная до целых метров.

§ 78. Во втором случае для каждого пункта величину $(g - \gamma)$ вычисляют по формуле

$$g - \gamma = \Delta g_{\text{Буге}} + kH,$$

где $k = 0{,}0418\,\sigma$; $\Delta g_{\text{Буге}}$ — значение аномалии силы тяжести в редукции Буге, определенное по гравиметрической карте; σ — плотность топографической массы (горных пород), принятая при составлении гравиметрической карты (указывается на полях карт).

§ 79. В третьем случае величины $(g - \gamma)$ вычисляют по формуле

$$g - \gamma = \Delta g_{\text{т}} + kH - \delta g,$$

где $\Delta g_{\text{т}}$ — аномалия силы тяжести в неполной топографической редукции, снятая с гравиметрической карты; δg — поправка за рельеф местности.

§ 80. Поправку δg для данной точки (репера) вычисляют путем суммирования ее долей (частей) при помощи палетки Лукавченко и рассчитанных для нее критических таблиц (прил. 19).

Палетку строят на прозрачном материале (стекле, целлулоиде, кальке); она представляет собой ряд концентрических окружностей (рис. 2). Кольца между окружностями названы зонами. Зоны при помощи радиусов, равноотстоящих один от другого, разделены на отделения. Размеры зон и число отделений в них показаны в табл. 7.

При вычислении δg влияние ближних (1—5) и очень удаленных (от 24 и далее) зон не учитывают, так как оно даже в высокогорной местности обычно не превышает 1—1,5 миллигала.

Палетку строят в масштабе топографической карты. Для удобства работы необходимо иметь две палетки, составленные для зон с 6 по 16 — в масштабе 1 : 100 000, а для зон с 17 по 23 — в масштабе 1 : 1 000 000.

При обработке материалов нивелирования I класса, если влияние зон 1—5 превышает 1 миллигал, то его следует учитывать.

В этом случае для зон 1—5 должна быть построена палетка для работы с картой наиболее крупного масштаба.

Для определения δg по каждому отделению всех зон находят средние высоты $H_{ср.отд}$ и выписывают их в бланк вычисления (прил. 8). Затем вычисляют превышения отделений h относительно исследуемой точки (репера). По превышениям при помощи

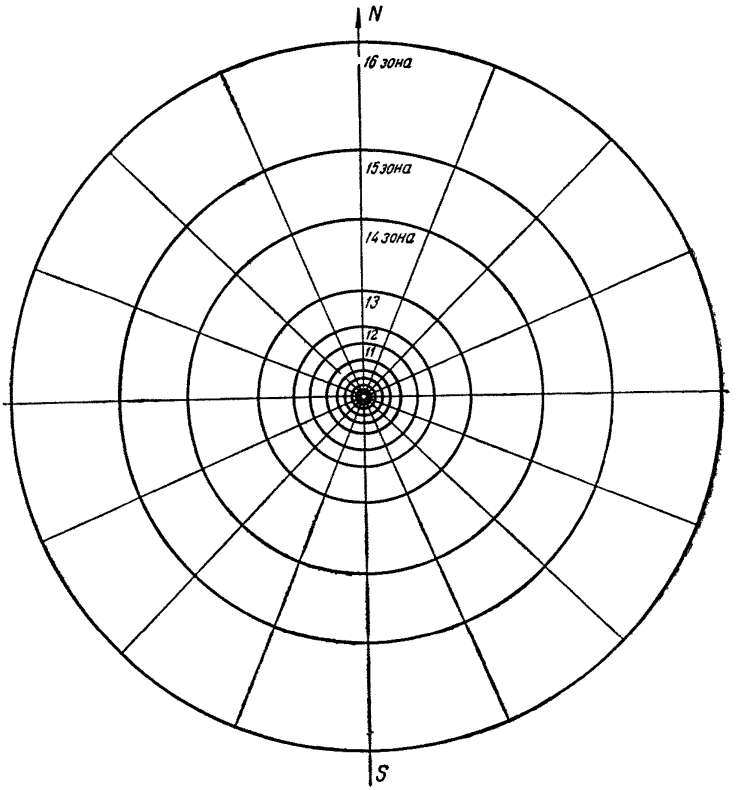


Рис. 2. Палетка для определения средних высот по карте масштаба 1 : 100 000

критических таблиц (прил. 19) находят доли поправки δg ($\Delta\delta g$) и выписывают их в соответствующие графы бланка. Сумма $\Delta\delta g$ по отделениям всех зон и составит искомую поправку δg для данной точки.

Так как таблицы составлены применительно к плотности топографической массы $\sigma = 2,0$ $г/см^3$, то вычисленную поправку сле-

дует привести в соответствие с указанной на гравиметрической карте плотностью, умножив ее на коэффициент

$$\frac{\sigma}{2{,}0},$$

где σ — плотность, указанная на карте.

Образец вычисления δg приведен в прил. 8.

Таблица 7

Размеры зон и число отделений в них

№ зон	Радиусы зон в *км*		Число отделений	№ зон	Радиусы зон в *км*		Число отделений
	внутренний	внешний			внутренний	внешний	
1	0	0,002	1	13	2,0	3,0	16
2	0,002	0,01	4	14	3,0	5,0	16
3	0,01	0,02	8	15	5,0	7,0	16
4	0,02	0,05	8	16	7,0	10,0	16
5	0,05	0,1	8	17	10,0	15,0	16
6	0,1	0,2	8	18	15	20	16
7	0,2	0,3	16	19	20	30	16
8	0,3	0,5	16	20	30	50	16
9	0,5	0,7	16	21	50	70	16
10	0,7	1,0	16	22	70	100	16
11	1,0	1,5	16	23	100	150	16
12	1,5	2,0	16				

Для обеспечения однозначности при вычислениях в две руки палетку на карте ориентируют путем точного совмещения центра палетки с исследуемой точкой, а линии SN — с ее меридианом.

Значения $\Delta\delta g$ всегда положительны. По 19 зону включительно они одинаковы по величине для одних и тех же значений превышений независимо от их знака. С 20 зоны в связи с влиянием сферичности земной поверхности при больших превышениях значения $\Delta\delta g$ для отрицательных h отличаются от значений $\Delta\delta g$, соответствующих равным им по абсолютной величине положительным h. Поэтому при вычислении δg в графах отделений зон 6—19 знаки превышений не учитывают, а начиная с 20 зоны им придают знаки, которые получаются при вычислении по формуле

$$h = H_{\text{ср. отд}} - H,$$

где $H_{\text{ср.отд}}$ — средняя высота отделения; H — высота исследуемого репера, для которого определяют δg.

В критических таблицах, начиная с 20 зоны, доли поправок δg для отрицательных и положительных h показаны в отдельных столбцах.

При вычислении средних высот отделений следует всегда придерживаться одного и того же порядка, а именно: начинать вычисление с самой внутренней зоны и идти к внешней, а внутри зоны — от северной половины совмещенной с меридианом линии SN идти по часовой стрелке.

Если горизонтали карты проходят через отделение палетки равномерно и плавно, за среднюю высоту отделения можно принять отметку в его центре. Если густота и форма горизонталей, проходящих через отделение, резко изменяются, то рекомендуется отделение разбивать на равные части и для каждой из них определять средние высоты, а в качестве средней высоты всего отделения брать среднее арифметическое из высот всех частей.

Среднюю высоту для разных зон вычисляют с различной точностью. Ошибку определения средних высот отделений можно считать допустимой, если она не превышает величины, определенной по формуле

$$m_H = \frac{M}{h},$$

где M — коэффициент, размерность которого выражается в квадратных метрах, а величина зависит от удаления отделения от исследуемой точки.

Значения коэффициента M для различных зон приведены в табл. 8.

Таблица 8

Значения коэффициентов M для различных зон

№ зон	M	№ зон	M	№ зон	M
1	—	9	13 400	17	230 000
2	18	10	18 000	18	460 000
3	280	11	23 000	19	460 000
4	480	12	46 000	20	570 000
5	1400	13	46 000	21	1 340 000
6	1100	14	57 000	22	1 800 000
7	4600	15	134 000	23	2 300 000
8	5700	16	178 000		

В практике возможны случаи, когда отделения или части отделений палетки попадают на водные пространства. В этих случаях водные массы нужно заменить эквивалентными массами суши с плотностью $\sigma = 2$ *г/см*^{3}, сохранив площадь сечения и уменьшив высоту вертикальных столбцов обратно пропорционально увеличению плотности. Глубину водных бассейнов берут с карты, плотность морской воды принимают равной 1,027 *г/см*^{3}, плотность пресной воды (озера, пруды, реки, водохранилища) — 1 *г/см*^{3}.

Примечание. Поправку за рельеф δg нужно вычислять до той зоны, за пределами которой влияние топографической массы становится меньше 1 миллигала.

§ 81. На перевальных участках линий нивелирования I и II классов в горных районах (исключая долины) поправки f необходимо вычислять для всех участков между перегибами, но не реже чем через 3 *км*, а на участках линий с уклоном 0,2 не реже чем через 1 *км*. В этих случаях в превышения между реперами вводят соответствующие суммарные поправки.

§ 82. Примеры вычисления поправок за переход к разностям нормальных высот и вывода разностей нормальных высот между узловыми точками нивелирной сети для второго и третьего случаев наличия исходных гравиметрических данных приведены в прил. 7 и 9.

IV. УРАВНИВАНИЕ НИВЕЛИРОВОК

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

§ 83. Уравнивание нивелирования разделяется на предварительное и окончательное.

Предварительно уравненными считаются нивелирные сети:

— если высоты исходных пунктов сами являются предварительными;

— если уравнивание выполнено в местной системе высот;

— если уравнивание проведено по частям.

Окончательно уравненными считаются нивелирные сети, уравненные в пределах всего полигона на основе окончательных высот исходных пунктов.

§ 84. Общее совместное уравнивание государственной сети нивелирования I и II классов выполняют централизованно по особым правилам. Линии I и II классов, которые не войдут в совместное уравнивание, должны вставляться в совместно уравненную государственную сеть.

§ 85. Перед началом уравнительных вычислений составляют технический проект на уравнительные и каталогизационные работы. В нем указывают объем предстоящих работ, приводят перечень работ, включаемых в уравнивание и их качество, сведения об исходных данных, метод уравнивания и последовательность выполнения работ. К проекту прилагается схема (картограмма) работ.

§ 86. Уравнительным вычислениям должен предшествовать тщательный анализ качества подлежащих уравниванию работ.

Нивелирные линии III и IV классов, не удовлетворяющие требованиям современных инструкций, могут быть переведены в низший класс или в техническое нивелирование и даже в высотные ходы.

§ 87. Решение о понижении линий нивелирования в классе, а также о включении в уравнивание тех или иных линий, в которых не выдержаны допуски § 3, принимает технический руководитель подразделения.

§ 88. При уравнивании вновь проложенных городских нивелировок необходимо учитывать существующую в данном городе систему высот, на основе которой проложены городские коммуникации и построены промышленные и жилые здания. Поэтому вновь проложенные нивелирные линии, как правило, следует уравнивать

путем вставки их между существующими знаками, а не производить общего переуравнивания.

Если в связи с изменением высот исходных реперов или проложением значительного количества новых нивелировок возникает необходимость переуравнивания всей сети городских нивелировок, этот вопрос следует согласовать с соответствующими местными организациями.

2. УРАВНИВАНИЕ ОДИНОЧНОЙ ЛИНИИ МЕЖДУ ДВУМЯ ТВЕРДЫМИ ПУНКТАМИ

§ 89. Уравнивание одиночной линии между двумя твердыми пунктами производят непосредственно в ведомости превышений и высот пунктов нивелирования (прил. 10—14).

Последовательность действий при этом:

1. Вычисляют и записывают в конце каждой линии полученную и допустимую невязку.

Невязку линии вычисляют по формуле

$$V = \Sigma h - (H_к - H_н),$$

где Σh — суммарное превышение,

$H_к$, $H_н$ — исходные или уравненные абсолютные высоты конечного и начального пунктов.

Допустимую невязку линии $V_{доп}$ определяют в зависимости от класса нивелирования по соответствующей формуле § 3.

2. Определяют поправки Δh в превышения каждой секции. Для вычисления поправок Δh в превышения невязку с обратным знаком распределяют пропорционально числу штативов или, при отсутствии сведений о числе штативов, пропорционально расстояниям между знаками

$$\Delta h_i = -\frac{V}{n} n_i' \quad \text{или} \quad \Delta h_i = -\frac{V}{L} l_i,$$

где Δh_i — поправка в превышение секции i; V — полученная невязка линии (в миллиметрах); n — число штативов в линии; n_i' — число штативов отдельной секции; L — длина линии (в километрах); l_i — длина отдельной секции (в километрах).

Указанные поправки записывают в ведомость превышений.

Сумма поправок в превышения всех секций должна равняться невязке хода с обратным знаком, т. е. $\Sigma \Delta h = -V$.

3. Вычисляют высоты промежуточных знаков путем алгебраического сложения высот предыдущих знаков и превышений, исправленных поправками за уравнивание.

Все описанные действия выполняют в две руки.

§ 90. Частным случаем одиночного хода является замкнутый полигон с одним исходным пунктом. В этом случае невязка по линии V равна невязке полигона W.

Высоты пунктов замкнутого хода считаются предварительными впредь до привязки его ко второму исходному пункту.

§ 91. Вес $P_к$ уравниваемого значения превышения между любым исходным пунктом (начальным или конечным) и пунктом k вычисляют по формуле

$$P_к = \frac{n}{k(n-k)} \quad \text{или} \quad P_к = \frac{L}{L_к(L-L_к)},$$

где n — число штативов во всей линии; L — длина линии; k — число штативов от исходного пункта до пункта k; $L_к$ — длина хода от исходного пункта до пункта k.

Вес уравненного значения превышения между исходным пунктом и пунктом, расположенным в середине хода,

$$P = \frac{4}{n} \quad \text{или} \quad P = \frac{4}{L}.$$

§ 92. Значения весов уравненных значений превышений используют для определения средней квадратической ошибки $m_{h_к}$ превышения между одним из исходных пунктов линии и репером k

$$m_{h_k} = \pm \mu \sqrt{\frac{c}{P_к}},$$

где μ — средняя квадратическая ошибка единицы веса (в миллиметрах), определяемая при уравнивании системы нивелирных линий; c — коэффициент, используемый при вычислении весов уравниваемых линий; $P_к$ — вес уравненного превышения между исходным репером и репером k, вычисляемый по одной из приведенных выше формул.

Среднюю квадратическую ошибку высоты репера k определяют по формуле

$$m_{H_к} = \sqrt{m^2_{H\,исх} + m^2_{h_к}},$$

где $m_{H\,исх}$ — средняя квадратическая ошибка высоты исходного репера, вычисленная при уравнивании системы нивелирных линий.

3. УРАВНИВАНИЕ СИСТЕМЫ НИВЕЛИРНЫХ ЛИНИЙ (ПОЛИГОНОВ)

§ 93. Уравнивание системы нивелирных линий (полигонов) состоит из следующих процессов:

— составление схемы уравнивания;

— установление весов нивелирных линий;

— определение вероятнейших значений высот узловых точек;

— оценка точности нивелирования по результатам уравнивания;

— вычисление высот промежуточных знаков в отдельных ходах.

§ 94. Уравнивание системы нивелирных линий, имеющей узловые точки, или систем связанных между собой полигонов может быть выполнено:

— способом узлов (приближений);

— способом условных измерений;

— способом посредственных измерений.

§ 95. Выбор способа уравнивания зависит от характера сети и объема вычислительных работ.

Если система недостаточно жесткая (при малом числе исходных пунктов), то ее следует уравнивать способом условных или посредственных измерений. Это в основном относится к нивелирным сетям II класса и иногда к сетям III класса.

Выбор способа условных или посредственных измерений зависит от объема вычислительных работ; если число условных уравнений равно или меньше числа определяемых пунктов (узловых точек), следует применять способ условных измерений, а при обратном соотношении — способ посредственных измерений.

Системы линий нивелирования III и IV классов уравнивают, как правило, способом узлов (приближений).

4. СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМЫ УРАВНИВАНИЯ НИВЕЛИРНЫХ ЛИНИЙ

§ 96. Схему уравнивания составляют на вычислительной бумаге или ватмане в произвольном масштабе, но с таким расчетом, чтобы помещаемые на ней сведения читались четко и ясно.

Линии на схеме нумеруют.

На схему наносят все подлежащие уравниванию линии, все исходные и узловые знаки. Направление ходов показывают на схеме стрелками; при этом для однообразия рекомендуется за направление хода принимать направление положительного превышения. Около середины каждой линии записывают: с одной стороны — абсолютную величину измеренного превышения Σh (знак плюс заменяет стрелка), с другой — длину линии L или число штативов n и вес P.

Под названиями (номерами) исходных пунктов записывают красным цветом их абсолютные высоты, а внизу схемы указывают название источника, откуда они выписаны.

Вверху схемы дают заголовок, где указывают класс уравниваемых линий и номенклатуры трапеций масштаба 1 : 100 000, на которых они расположены.

Схему подписывают составитель и проверивший.

5. УСТАНОВЛЕНИЕ ВЕСОВ НИВЕЛИРНЫХ ЛИНИЙ

§ 97. При уравнивании системы линий одного класса их веса определяют по формуле

$$P = \frac{c}{n},$$

где c — постоянный коэффициент, который берут кратным 10 и с таким расчетом, чтобы вес линии, как правило, находился в пределах от 1 до 10; n — число штативов в данной линии.

Если число штативов на 1 *км* хода примерно одинаково для

всех линий системы или почему-либо неизвестно, то веса линий определяют по формуле

$$P = \frac{c}{L},$$

где L — длина линии (в километрах).

При совместном уравнивании линий одного класса, проложенных частью в одном направлении, а частью в прямом и обратном направлениях, веса линий, проложенных в прямом и обратном направлениях, удваивают или веса линий, проложенных в одном направлении, уменьшают в два раза.

§ 98. При совместном уравнивании нивелирования III и IV классов веса линий определяют также по указанным выше формулам, но длины линий IV класса или число штативов заменяют эквивалентными длинами линий III класса по формуле

$$L_э = \alpha L_{\text{IV кл}} \quad \text{или} \quad n_э = \alpha n_{\text{IV кл}}$$

где α — коэффициент эквивалентности.

Коэффициент эквивалентности α можно определить, исходя из соотношения весов при равных длинах ходов нивелирования III и IV классов

$$\alpha = \frac{P_{\text{III кл}}}{P_{\text{IV кл}}} = \frac{m^2_{\text{IV кл}} L}{m^2_{\text{III кл}} L} = \frac{V^2_{\text{доп. IV кл}}}{V^2_{\text{доп. III кл}}},$$

где $m_{\text{III кл}}$ и $m_{\text{IV кл}}$—средние квадратические ошибки нивелирования на 1 *км* хода; $V_{\text{доп. III кл}}$ и $V_{\text{доп. IV кл}}$—допустимые невязки ходов III и IV классов равной длины.

Например, при совместном уравнивании нивелирных линий III и IV классов, проложенных в соответствии с «Основными положениями» (1954—1961 гг.), коэффициент эквивалентности определяется так:

$$\alpha = \frac{V^2_{\text{доп. IV кл}}}{V^2_{\text{доп. III кл}}} = \frac{(20\sqrt{L})^2}{(10\sqrt{L})^2} = \frac{400L}{100L} = 4.$$

6. УРАВНИВАНИЕ СИСТЕМЫ НИВЕЛИРНЫХ ЛИНИЙ С ОДНОЙ УЗЛОВОЙ ТОЧКОЙ

§ 99. Уравнивание системы нивелирных линий с одной узловой точкой производят в следующем порядке.

1. Составляют схему уравнивания (рис. 3).

2. Вычисляют частные значения высоты узловой точки.

$$H'_E = H_A + \Sigma h_{AE},$$
$$H''_E = H_B + \Sigma h_{BE},$$
$$\cdots\cdots\cdots$$
$$H^{I}_E = H_I + \Sigma h_{IE}.$$

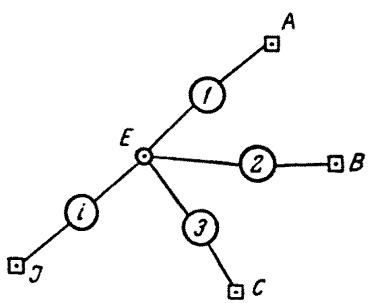


Рис. 3. Схема узловой точки

где H_A, H_B ..., H_J — исходные высоты; *1*, *2*, ..., *i* — номера ходов; Σh_{AE}, Σh_{BE}, ..., Σh_{IE} — суммарные превышения между соответствующими исходными пунктами и определяемой точкой.

3. Вычисляют веса P каждой линии в соответствии с указаниями § 97—98.

4. Определяют вероятнейшее значение высоты узловой точки по одной из формул

$$H_E = \frac{P_1 H'_E + P_2 H''_E + \ldots + P_i H^i_E}{P_1 + P_2 + \ldots + P_i} \quad \text{или} \quad H_E = H^0_E + \frac{[P\varepsilon]}{[P]},$$

где H^0_E — приближенное значение высоты определяемой точки; ε — остатки, вычисляемые как

$$\varepsilon_1 = H'_E - H^0_E,$$
$$\varepsilon_2 = H''_E - H^0_E,$$
$$\ldots\ldots\ldots$$
$$\varepsilon_i = H^i_E - H^0_E.$$

5. Вычисляют поправки V из уравнивания в превышения каждого хода

$$V_1 = H_E - H'_E,$$
$$V_2 = H_E - H''_E,$$
$$\ldots\ldots\ldots$$
$$V_i = H_E - H^i_E.$$

Значения поправок выписывают на схему над соответствующими превышениями.

6. Производят оценку точности.

Вычисляют среднюю квадратическую ошибку единицы веса

$$\mu = \sqrt{\frac{[PV^2]}{z-1}},$$

где z — число ходов в системе.

Вычисляют среднюю квадратическую ошибку нивелирования на 1 *км* хода

$$m = \pm \frac{\mu}{\sqrt{c}} \quad \text{при} \quad P = \frac{c}{L}$$

или

$$m = \pm \frac{\mu}{\sqrt{c}} \sqrt{\frac{[n]}{[L]}} \quad \text{при} \quad P = \frac{c}{n},$$

где $[n]$ — общее число штативов в уравниваемой системе; $[L]$ — общая длина (в километрах) уравниваемых линий.

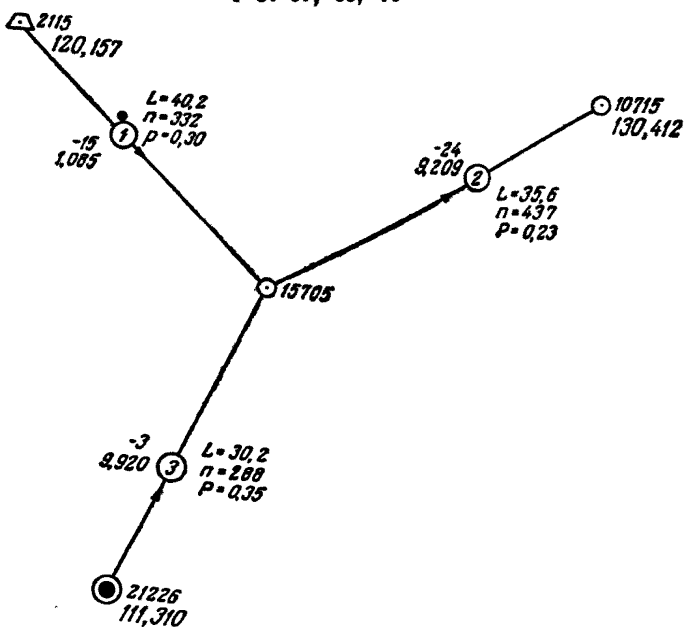
При необходимости вычисления средней квадратической ошибки определения высоты узловой точки E используют формулу

$$m_{H_E} = \sqrt{m^2_{H_{\text{исх}}} + m^2_{h_E}},$$

где $m_{H_{исх}}$ — средняя квадратическая ошибка определения высоты одного из исходных реперов (A, B, ... , I).

Обычно ошибки исходных данных принимают равными для пунктов одного класса. Если же исходными являются пункты разных классов, то для вычисления величины m_{H_E} нужно принимать пункт с максимальной ошибкой. Ошибки исходных данных должны быть установлены до уравнивания.

Схема
уравнивания линий нивелирования III класса
Р-37-67, 68, 79



Уравненная высота грунт. реп. 15705:

$$H_{15705} = 121200 + \frac{0{,}042 \cdot 0{,}30 + 0{,}003 \cdot 0{,}23 + 0{,}030 \cdot 0{,}35}{0{,}30 + 0{,}23 + 0{,}35} = 121{,}227 \text{ м}.$$

Средняя квадратическая ошибка единицы веса

$$\mu = \sqrt{\frac{[PV^2]}{z-1}} = \sqrt{\frac{203}{2}} = \pm 10{,}0 \text{ мм}.$$

Средняя квадратическая ошибка нивелирования на 1 км хода

$$m = \frac{\mu}{\sqrt{c}} \sqrt{\frac{[n]}{[L]}} = \pm \frac{10{,}0}{10} \sqrt{\frac{1057}{106{,}0}} = \pm 3{,}2 \text{ мм}.$$

Примечание: $p = \frac{100}{n}$.

Вычисляла ст. техник *Петрова*
Проверила техник *Иванова*
август 1960 г.

Рис. 4.

Средняя квадратическая ошибка определения превышения узловой точки

$$m_{h_E} = \pm \mu \sqrt{\frac{c}{P_E}},$$

μ — средняя квадратическая ошибка единицы веса; P_E — вес узловой точки, равный сумме весов сходящихся в нее линий; c — коэффициент, используемый при вычислении весов уравниваемых линий.

Для вычисления средней квадратической ошибки определения высоты любого репера следует руководствоваться указаниями § 91—92.

7. Уравнивают каждый из сходящихся в узловой точке ходов согласно указаниям § 89.

Пример уравнивания нивелирных линий, образующих одну узловую точку, приведен на рис. 4.

7. СПОСОБ УЗЛОВ (ПРИБЛИЖЕНИЙ)

§ 100. Уравнивание системы нивелирных линий способом узлов (приближений) производят в следующем порядке:

— составляют схему уравнивания;

— уравнивают высоты узловых точек;

— выполняют оценку точности по результатам уравнивания;

— уравнивают отдельные линии и вычисляют высоты промежуточных знаков в соответствии с указаниями § 89.

Уравнивание высот нивелирных линий одного класса по способу узлов на схеме заключается в следующем (рис. 5).

После выписки на схему всех данных в соответствии с § 96 для удобства последующих вычислений на каждой узловой точке вычисляют с точностью до 0,01 приведенные веса по формуле

$$P'_i = \frac{P_i}{[P]},$$

где $[P]$ — сумма весов линий, сходящихся в данной точке; P_i — вес линии с номером i.

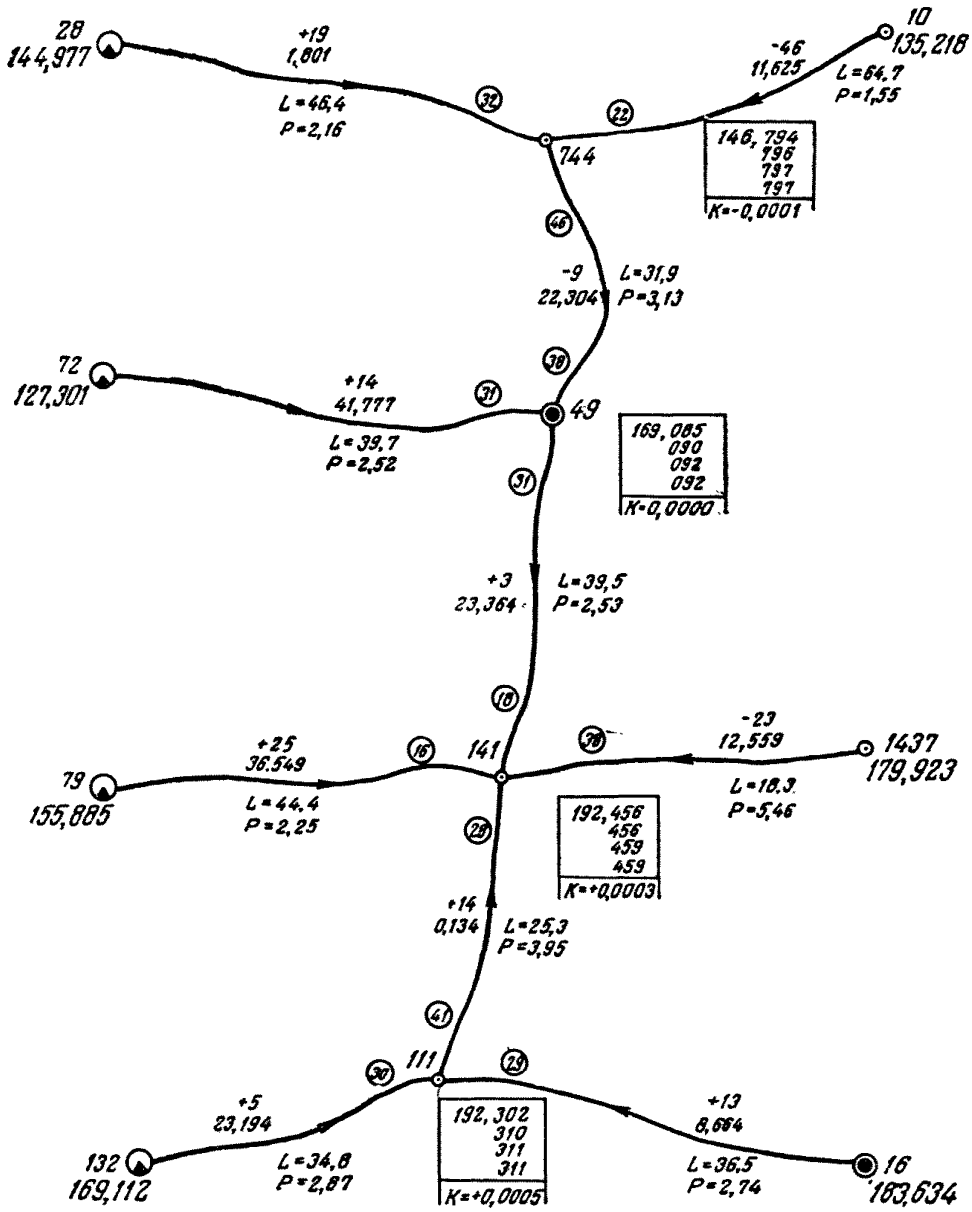
Приведенные веса выписывают на схему над или под линиями возле соответствующей узловой точки и обводят кружками. Правильность вычисления приведенных весов контролируют суммированием их $[P'] = 1{,}00$.

Вычисляют высоты узловых точек по формулам весовой арифметической середины.

Средние весовые значения высот вычисляют в первую очередь для узловых точек, имеющих наибольшее число связей с исходными пунктами; при этом используют неприведенные веса.

В примере вычисление высот начато с узловой точки — репер III. Высота ее от репера 132 равна 169,112 + 23,194 = 192,306, а от марки 16 183,634 + 8,664 = 192,298. Вес первого значения

Схема
уравнивания нивелирования III класса
Р-37-56,57



Исходные данные выписаны из тома уравнивания 1956 г. инв. 12960.
Средняя квадратическая ошибка единицы веса

$$\mu = \sqrt{\frac{[pv^2]}{z-u}} = \sqrt{\frac{10433}{10}} = \pm 41{,}7 \text{ мм.}$$

Средняя квадратическая ошибка нивелирования на 1 км хода

$$m = \pm \frac{\mu}{\sqrt{c}} = \pm \frac{41{,}7}{10} = \pm 4{,}2 \text{ мм.}$$

Вычислял ст. техник *Голубев*
Июнь 1958 г.

Рис. 5.

Уравнивание высот узловых

№ исходных и узловых пунктов	Исходные высоты H в *м*	Превышения Σh в *м*	Веса	
			P	P'
1	2	3	4	5
				Грунт. реп.
Стен. реп. 132	169,112+	23,194	2,87	0,30
Марка 16	183,634+	8,664	2,74	0,29
Грунт. реп. 141	—	0,134	3,95	0,41
Σ			9,56	1,00
				Грунт. реп.
Стен. реп. 79	155,885+	36,549	2,25	0,16
Грунт. реп. 1437	179,923+	12,559	5,46	0,38
Грунт. реп. 111	+	0,134	3,95	0,28
Марка 49	+	23,364	2,53	0,18
Σ			14,19	1,00
				Марка
Стен. реп. 72	127,301+	41,777	2,52	0,31
Грунт. реп. 141	—	23,364	2,53	0,31
Грунт. реп. 744	+	22,304	3,13	0,38
Σ			8,18	1,00
				Грунт. реп.
Стен. реп. 28	144,977+	1,801	2,16	0,32
Грунт. реп. 10	135,218+	11,625	1,55	0,22
Марка 49	—	22,304	3,13	0,46
Σ			6,84	1,00

Средняя квадратическая ошибка единицы веса

Средняя квадратическая ошибка нивелирования

Вычислял ст. техник

Январь

Таблица 9

точек по способу приближений

Приближения				Поправка в превышения V в *мм*
I	II	III	IV	
6	7	8	9	10
111				
192,306	192,306	192,306	192,306	+5
298	298	298	298	+13
	322	322	325	—14
192,302	192,310	192,311	192,311	$k = [P'V] = +0{,}5$
141				
192,434	192,434	192,434	192,434	+25
482	482	482	482	—23
436	444	445	445	+14
	449	454	456	+3
192,456	192,456	192,459	192,459	$k = [P'V] = +0{,}3$
49				
169,078	169,078	169,078	169,078	+14
092	094	095	095	—3
	098	100	101	—9
169,085	169,090	169,092	169,092	$k = [P'V] = 0{,}0$
744				
146,778	146,778	146,778	146,778	+19
843	843	843	843	—46
781	785	788	788	+9
146,794	146,796	146,797	146,797	$k = [P'V] = -0{,}1$

$$\mu = \sqrt{\frac{[PV]^2}{z-u}} = \sqrt{\frac{10433}{10-4}} = \pm 41{,}7 \text{ мм.}$$

на 1 *км* хода $m = \pm \frac{\mu}{\sqrt{c}} = \pm \frac{41{,}7}{10} = \pm 4{,}2$ *мм.*

Голубев

1960 г.

высоты равен 2,87, вес второго значения — 2,74. Среднее весовое значение высоты точки III в первом приближении вычисляют так:

$$H_{III} = H^0_{III} + \frac{(H_{132} + \Sigma h_1 - H^0_{III})\,P_1 + (H_{16} + \Sigma h_2 - H^0_{III})\,P_2}{P_1 + P_2} =$$

$$= 192 + \frac{(0{,}306 \cdot 2{,}87) + (0{,}298 \cdot 2{,}74)}{2{,}87 + 2{,}74} = 192{,}302.$$

Значения высот последующих точек вычисляют с учетом полученных ранее высот смежных точек. Так, при вычислении высоты репера 141 учитывают полученную в первом приближении высоту репера III и т. д.

Вычислив в первом приближении высоты узловых точек, приступают к вычислению второго и последующего приближений.

Начиная со второго приближения, высоты вычисляют с учетом приведенных весов.

Например:

$$H_{III} = H^0_{III} + (H_{132} + \Sigma h_1 - H^0_{III})\,P'_1 + (H_{16} + \Sigma h_2 - H^0_{III})\,P'_2 +$$

$$+ (H'_{141} + \Sigma h_3 - H^0_{III})\,P'_3 = 192 + (0{,}306 \cdot 0{,}30) + (0{,}298 \cdot 0{,}29) +$$

$$+ (0{,}322 \cdot 0{,}41) = 192{,}310.$$

В каждом последующем приближении используют высоты смежных знаков, определенные в предыдущем приближении.

Вычисления продолжают до тех пор, пока высоты одних и тех же узловых точек, вычисленные до 0,001 *м*, не будут одинаковыми в двух последовательных приближениях.

Значения высот, полученные в последнем приближении, считают окончательными (уравненными) высотами узловых точек.

По окончании уравнивания вычисляют поправки в превышения как разности абсолютных значений уравненных и измеренных превышений

$$V = \Sigma h_{ур} - \Sigma h_{изм},$$

где $\Sigma h_{ур}$ равно разности окончательных высот.

Значения поправок записывают на схему над измеренными превышениями.

Для контроля правильности вычисления окончательных высот узловых точек и поправок в превышения на каждой узловой точке подсчитывают величину $k = [P'V]$ и записывают ее под высотой. Эта величина должна быть не более 0,5 *мм*. При вычислении величины k поправку V берут со своим знаком, если высота соседнего пункта больше высоты контролируемого пункта (стрелка направлена на соседний пункт), и с обратным знаком, если высота соседнего пункта меньше высоты контролируемого пункта.

Уравнивание высот узловых точек можно также выполнять в таблице.

Порядок действия в этом случае (табл. 9) следующий.

Заполняют графы 1—5. Вычисляют высоты узловых точек по формулам весовой арифметической середины.

При вычислении высоты первой узловой точки к высотам исходных пунктов (графа 2) прибавляют превышения по соответствующим линиям (графа 3) и результат записывают в графу 6. Из этих сумм берут среднее весовое и записывают его в строке Σ.

При вычислении высот последующих узловых точек наряду с высотами исходных пунктов используют высоты предыдущих узловых точек.

Сам процесс уравнивания выполняют аналогично уравниванию на схеме, описанному выше.

Вычисляют поправки V, которые следует ввести в превышения каждой линии. Эти поправки равны разности между уравненными значениями высот узловых точек и теми числами в графе последнего приближения, из которых уравненные значения высот выведены как среднее весовое.

Выполняют контроль правильности вычисления окончательных высот узловых точек и поправок в превышения

$$k = [P'V] \leqslant 0{,}5 \text{ мм}.$$

Оценка точности по результатам уравнивания состоит в вычислении средней квадратической ошибки единицы веса μ и средней квадратической ошибки нивелирования на 1 км хода m.

Среднюю квадратическую ошибку единицы веса определяют по формуле

$$\mu = \sqrt{\frac{[PV^2]}{z-u}},$$

где P — веса линий; V — поправки в превышения из уравнивания, определяемые как $\Sigma h_{\text{ут}} - \Sigma h_{\text{изм}}$, если уравнивание выполняли на схеме, или выбираемые из графы 10, если уравнивание выполняли в таблице; z — число уравниваемых линий; u — число узловых точек.

Дальнейшую оценку точности выполняют в соответствии с указаниями § 99.

Все вычисления при уравнивании как на схеме, так и в таблице, начиная с составления схем, выполняют в две руки.

Пример совместного уравнивания системы линий нивелирования III и IV классов показан на рис. 6.

8. СПОСОБ УСЛОВНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

§ 101. Уравнивание системы нивелирных линий способом условных измерений производят в следующем порядке:

— составляют схему уравнивания;

— производят подсчет числа условных уравнений;

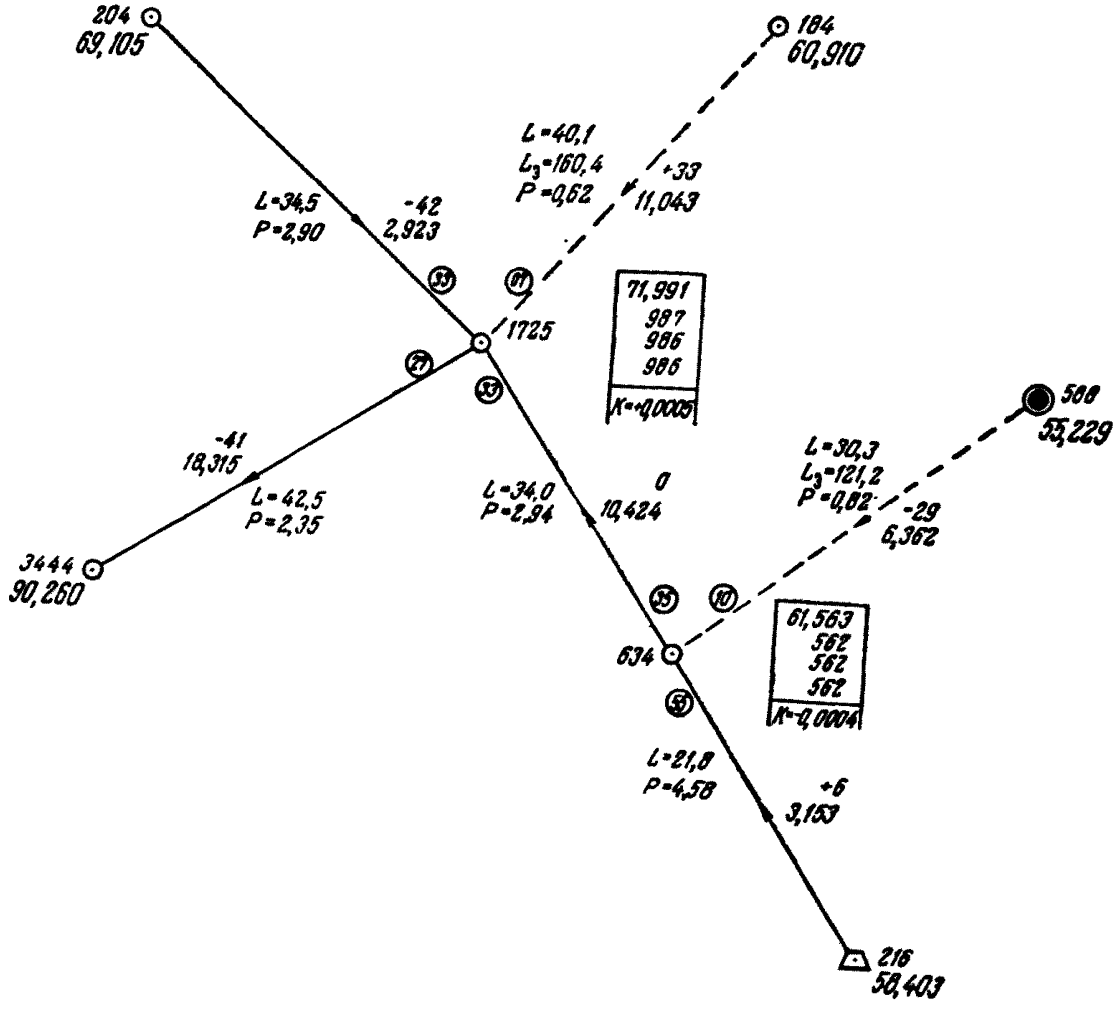
— вычисляют свободные члены условных уравнений и веса линий;

— составляют таблицу коэффициентов условных уравнений;

— составляют и решают нормальные уравнения;

— вычисляют поправки в превышения и высоты узловых точек;

Схема
уравнивания линий нивелирования III и IV классов
Р-37-68



Условные обозначения:

——— — нивелирование III класса
— — — — — нивелирование IV класса

Исходные данные выписаны из тома уравнивания 1956 г. инв. № 138.

Средняя квадратическая ошибка единицы веса

$$\mu = \sqrt{\frac{[pv^2]}{r-u}} = \sqrt{\frac{10595}{4}} = \pm 50{,}5 \text{ мм.}$$

Средняя квадратическая ошибка нивелирования на 1 км хода III класса

$$m_{III} = \pm \frac{\mu}{\sqrt{c}} = \pm \frac{50{,}5}{10} = \pm 5{,}0 \text{ мм.}$$

Средняя квадратическая ошибка нивелирования на 1 км хода IV класса

$$m_{IV} = m_{III}\sqrt{\alpha} = \pm 5{,}0 \cdot 2 = \pm 10{,}0 \text{ мм.}$$

Вычислил техник *Иванов*
Май 1957 г.

Рис. 6.

— производят оценку точности;

— уравнивают отдельные линии и вычисляют высоты промежуточных знаков в соответствии с указаниями § 89.

Все действия, за исключением составления и решения нормальных уравнений, выполняют в две руки.

Схему уравнивания составляют в соответствии с указаниями § 96.

Число условных уравнений подсчитывают (для контроля) по формулам

$$r = z - u \quad \text{и} \quad r = M - 1 + N;$$

где z — число уравниваемых линий; u — число узловых точек; M — число исходных пунктов; N — число замкнутых неперекрывающихся полигонов.

Для уравниваемой нивелирной сети, изображенной на рис. 7, число условий равно 4.

Свободные члены W условных уравнений, вычисленные по данным схемы, изображенной на рис. 7, будут равны

$$W_1 = -\Sigma h_2 - \Sigma h_3 + \Sigma h_4 + (H_Б - H_А) = -78 \text{ мм},$$
$$W_2 = -\Sigma h_1 + \Sigma h_3 - \Sigma h_5 + \Sigma h_7 = +90 \text{ мм},$$
$$W_3 = +\Sigma h_6 - \Sigma h_7 - \Sigma h_8 + \Sigma h_9 = -10 \text{ мм},$$
$$W_4 = -\Sigma h_9 + \Sigma h_{10} = +15 \text{ мм},$$

где Σh — значения суммарных превышений по соответствующим ходам.

Если на схеме стрелка, обозначающая положительное превышение нивелирного хода, направлена против хода часовой стрелки, то значению Σh придают знак минус.

Значения W выписывают на схему.

Веса линий определяют по формуле

$$P = \frac{1000}{n},$$

где n — число штативов.

Условные уравнения:

$$-V_2 - V_3 + V_4 + W_1 = 0,$$
$$-V_1 + V_3 - V_5 + V_7 + W_2 = 0,$$
$$V_6 - V_7 - V_8 + V_9 + W_3 = 0,$$
$$-V_9 + V_{10} + W_4 = 0,$$

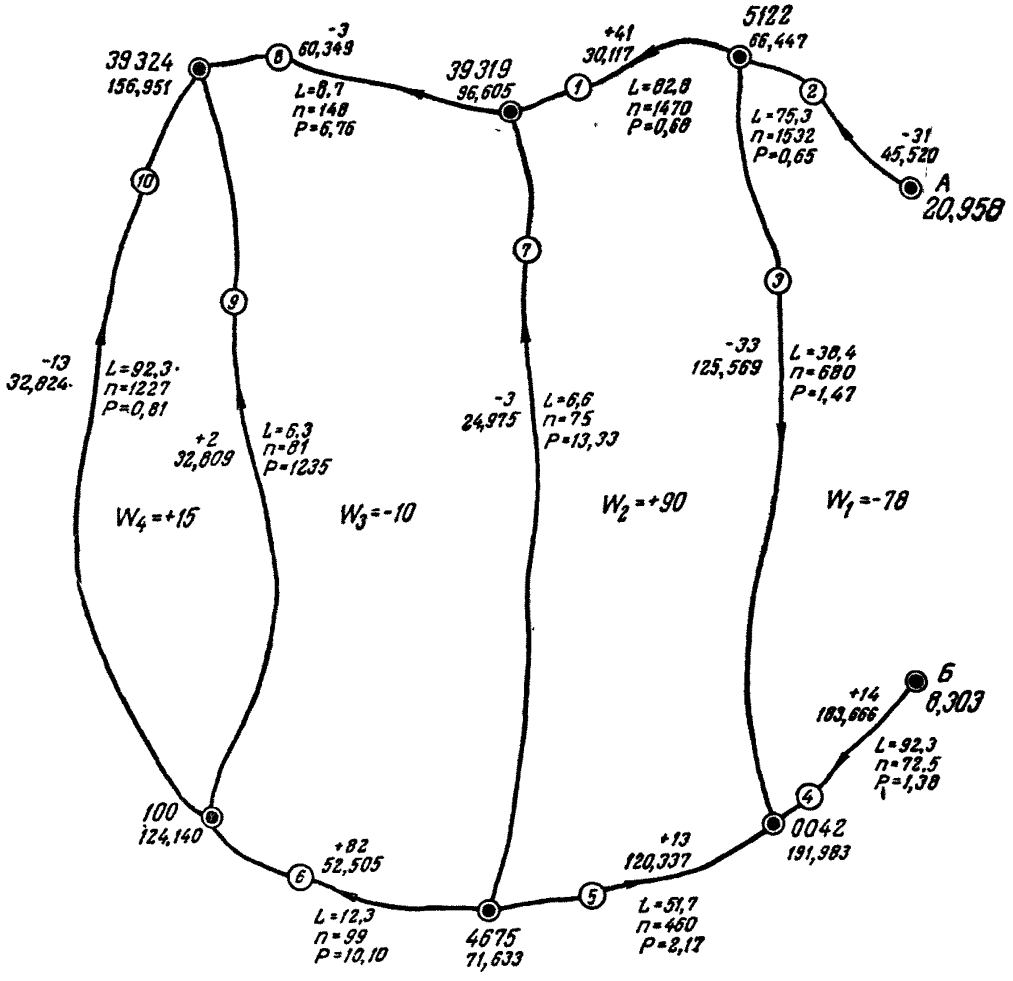
где V — поправки в измеренные превышения.

Как видно из этих уравнений, все коэффициенты при поправках равны единице.

Заполняют верхнюю часть табл. 10, куда записывают коэффициенты и свободные члены условных уравнений.

Знаки коэффициентов в ней соответствуют знакам поправок в условных уравнениях.

Схема
уравнивания линий нивелирования III класса.
Р-37-43,44



Средняя квадратическая ошибка единицы веса

$$\mu = \sqrt{\frac{[pvv]}{r}} = \sqrt{\frac{4408}{4}} = \pm 33{,}2 \text{ мм.}$$

Средняя квадратическая ошибка нивелирования на 1 км хода

$$m = \frac{\mu}{\sqrt{c}} = \sqrt{\frac{[n]}{[L]}} = \pm \frac{33{,}2}{31{,}6} \sqrt{\frac{6498}{466{,}7}} = \pm 3{,}9 \text{ мм.}$$

Вычисляла ст. техник *Петрова*
Вторая рука техник *Ванина*
Май 1958 г.

Рис. 7.

Коэффициенты каждого условного уравнения записывают в таблице в колонке, номер которой равен номеру условного уравнения, и в строках, соответствующих номерам поправок.

Свободные члены записывают под коэффициентами условных уравнений в строку W.

Для последующего контроля составления нормальных уравнений коэффициенты построчно суммируют, и эти суммы записывают в колонку S'.

В эту же таблицу со схемы записывают веса линий P и вычисленные величины $q = \frac{1}{p}$. На этом составление таблицы коэффициентов условных уравнений заканчивают.

Последнюю колонку таблицы для V заполняют после решения нормальных уравнений.

Таблица 10

Коэффициенты условных уравнений

№ хода	Коэффициенты условных уравнений 1 (a)	2 (b)	3 (c)	4 (d)	S'	P	$q = \frac{1}{P}$	V
1		−1			−1	0,68	1,47	+41,0
2	−1				−1	0,65	1,54	−30,9
3	−1	+1			0	1,47	0,68	−32,6
4	+1				+1	1,38	0,72	+14,5
5		−1			−1	2,17	0,46	+12,8
6			+1		+1	10,10	0,10	+1,7
7		+1	−1		0	13,33	0,08	−3,6
8			−1		−1	6,76	0,15	−2,5
9			+1	−1	0	12,35	0,08	+2,2
10				+1	+1	0,81	1,23	−12,9
W	−78	+90	−10	+15				
k	+20,08	−27,92	+16,74	−10,46				

Контроль $[PV^2] = 4408$

$-[kW] = 4403$

После считки всех данных таблицы коэффициентов условных уравнений первой и второй руки один из вычислителей составляет и решает нормальные уравнения.

Общий вид нормальных уравнений применительно к примеру

$$[qaa]k_1 + [qab]k_2 + [qac]k_3 + [qad]k_4 + W_1 = 0,$$

$$[qab]k_1 + [qbb]k_2 + [qbc]k_3 + [qbd]k_4 + W_2 = 0,$$

$$[qac]k_1 + [qbc]k_2 + [qcc]k_3 + [qcd]k_4 + W_3 = 0,$$

$$[qad]k_1 + [qbd]k_2 + [qcd]k_3 + [qdd]k_4 + W_4 = 0.$$

Коэффициенты нормальных уравнений вычисляют с точностью до 0,01. Коррелаты вычисляют с точностью до 0,001, а в таблицу условных уравнений выписывают с точностью до 0,01.

Вычисленные коэффициенты нормальных уравнений контролируют сравнением сумм S'' всех коэффициентов каждого нормального уравнения со значениями коэффициентов

$$[qaS'],\ [qbS'],\ [qcS'],\ [qdS'],\ \ldots$$

непосредственно вычисленными.

Для контроля решения нормальных уравнений образуют сумму $S = S'' + W$ и записывают в графу S, а в графу «Контроль» — сумму, полученную из вычислений.

Решение нормальных уравнений выполняют по схеме Гаусса.

Расхождение фактической суммы с контрольной не должно превышать величины, вычисляемой по формуле

$$\Delta S = 2\sqrt{n},$$

где ΔS — разность фактической и контрольной сумм, выраженная в единицах последнего знака; n — число слагаемых.

Контролем правильности решения нормальных уравнений служит равенство $[kS''] = -[W]$, которое должно соблюдаться с точностью $0{,}1\sqrt{n}$, где n — число уравнений.

В табл. 11 приведен пример составления и решения нормальных уравнений.

Таблица 11

Составление и решение нормальных уравнений

k_1	k_2	k_3	k_4	S''	W	S	Контроль
+2,94	−0,68			+2,26	−78,00	−75,74	−75,74
−1,000	+0,231				+26,531	+25,762	+25,762
+20,083							
	+2,69	−0,08		+1,93	+90,00	+91,93	+91,93
	+2,53	−0,08			+71,98	+74,43	+74,43
	−1,000	+0,032			−28,451	−29,419	−29,419
	−27,915						
		+0,41	−0,08	+0,25	−10,00	−9,75	−9,75
		+0,41	−0,08		−7,70	−7,37	−7,37
		−1,000	+0,195		+18,780	+17,975	+17,976
		+16,739					
			+1,31	+1,23	+15,00	+16,23	+16,23
			+1,29		+13,50	+14,79	+14,79
			−1,000		−10,465	−11,465	−11,465
			−10,465				

Контроль $[kS''] = -17{,}2$,
$-[W] = -17{,}0$.

После решения нормальных уравнений и нахождения коррелат определяют значения искомых поправок V_i в превышения ходов по формуле

$$V_i = q_i a_i k_1 + q_i b_i k_2 + q_i c_i k_3 + q_i d_i k_4.$$

Вычисление поправок производят в таблице коэффициентов условных уравнений.

Полученные значения поправок записывают в колонку V в строках, соответствующих номерам ходов.

Правильность вычисления поправок проверяют или подстановкой их в условные уравнения $-[aV] = W_1; -[bV] = W_2; -[cV] = W_3; -[dV] = W_4$, или сравнением величин $[PV^2]$ и $-[kW]$, разность которых не должна превышать $0{,}1\sqrt{[PV^2]}$.

После контроля вычисления поправок их выписывают на схему над превышениями и там же вычисляют и записывают уравненные высоты узловых точек.

Вычислив и считав полученные высоты узловых точек, производят уравнивание отдельных ходов в соответствии с указаниями § 89.

Среднюю квадратическую ошибку единицы веса вычисляют по формуле

$$\mu = \sqrt{\frac{[PV^2]}{r}},$$

где r — число условных уравнений.

Дальнейшую оценку точности выполняют в соответствии с указаниями § 99.

9. ПОЛИГОННЫЕ УСЛОВИЯ

§ 102. При уравнивании систем линий, когда веса линий можно определять по формуле $P = \frac{1}{L}$ (L — длина линии в километрах), объем вычислительных работ может быть значительно уменьшен благодаря применению правил, предложенных проф. В. В. Поповым *.

Сущность этих правил заключается в том, что составление нормальных уравнений для полигонов и составление уравнений поправок можно выполнить непосредственно по чертежу.

Порядок действий при уравнивании нивелирной сети с учетом предложений В. В. Попова следующий:

— составляют схему уравнивания;

— по схеме сети составляют нормальные уравнения коррелат и решаются эти уравнения;

— по схеме сети составляют уравнения поправок; производят вычисления поправок в превышения и оценку точности;

— вычисляют вероятнейшие значения высот узловых точек;

— уравнивают отдельные линии и вычисляют высоты промежуточных знаков в соответствии с указаниями § 89.

Схему сети составляют в соответствии с указаниями § 96, но дополнительно на ней римскими цифрами нумеруют полигоны и стрелкой указывают направление при вычислении невязки.

По схеме сети по правилам В. В. Попова составляют нормальные уравнения. Число нормальных уравнений определяют в соответствии с указаниями § 101.

---

* Проф. В. В. Попов. Уравновешивание полигонов. М., Геодезиздат, 1952.

Правила проф. В. В. Попова формулируются следующим образом:

1. Каждому полигону приписывается своя коррелата, номер которой соответствует номеру полигона.

2. В нормальное уравнение данного полигона входит столько коррелат, со сколькими полигонами он имеет общие ходы, плюс коррелаты этого полигона.

3. Квадратичный коэффициент нормального уравнения коррелат данного полигона равен сумме обратных весов входящих в него ходов (т. е. периметру полигона, так как за вес хода берется величина, обратно пропорциональная длине хода).

В уравнение этот коэффициент входит с коррелатой данного полигона.

4. Неквадратичные коэффициенты нормального уравнения коррелат входят с коррелатами полигонов, смежных данному. Величина неквадратичного коэффициента равна обратному весу хода (или сумме обратных весов ходов), входящего в полигон, смежный с данным. Он будет иметь знак плюс, если направление этого хода в двух смежных полигонах одинаковое, и знак минус в противном случае.

5. Поправка в превышение по данному ходу равна его обратному весу, умноженному на алгебраическую сумму коррелат полигонов, для которых этот ход является общим. Если направление хода и полигона совпадают, коррелата берется со знаком плюс, в противном случае — со знаком минус.

Применение изложенных правил сделано к нивелирной сети, изображенной на рис. 8.

В этой сети два замкнутых полигона и исходных репера, поэтому нормальных уравнений три.

Нормальные уравнения коррелат имеют вид

$$(q_1 + q_2)\,k_1 - q_2 k_2 + W_1 = 0,$$
$$-q_2 k_1 + (q_2 + q_3)\,k_2 + W_2 = 0,$$
$$q_4 k_3 + W_3 = 0.$$

С учетом цифровых данных имеем

$$32k_1 - 6k_2 - 16 = 0,$$
$$-6k_1 + 11k_2 - 8 = 0,$$
$$12k_3 + 11 = 0.$$

Решив систему, получим

$$k_1 = +0{,}704;\quad k_2 = +1{,}114;\quad k_3 = -0{,}918.$$

Поправки в превышения вычисляют по формулам

$$V_1 = -q_1 k_1 = -26\,(0{,}704) = -18{,}3\ мм,$$
$$V_2 = q_2\,(k_1 - k_2) = 6\,(0{,}704 - 1{,}114) = -2{,}5\ мм,$$
$$V_3 = q_3 k_2 = 5\,(1{,}114) = +5{,}6\ мм,$$
$$V_4 = q_4 k_3 = 12\,(-0{,}918) = -11{,}0\ мм.$$

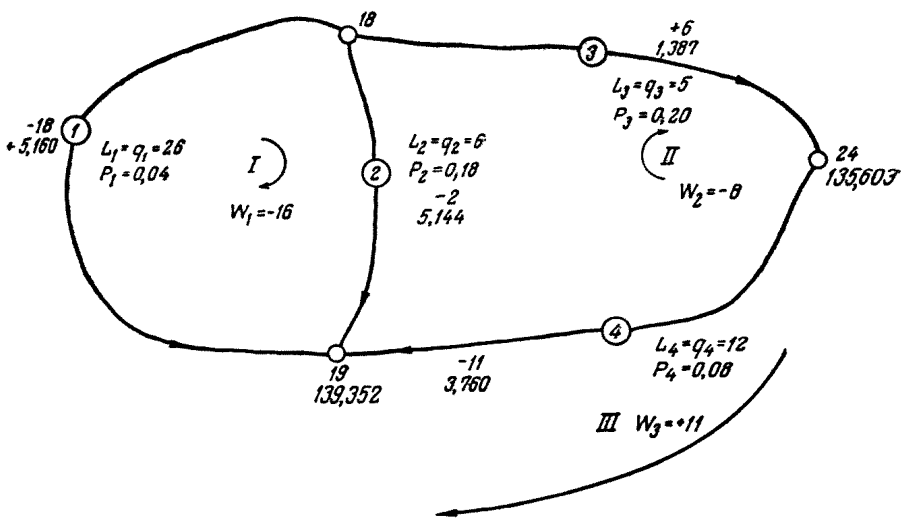
Контролем вычисления поправок и уравнивания является повторное определение невязок полигонов по уравненным превышениям.

Средняя квадратическая ошибка единицы веса

$$\mu = \sqrt{\frac{[PV^2]}{r}},$$

где r — число условий.

Схема
уравнивания линий нивелирования III класса
Р-37-48



Средняя квадратическая ошибка единицы веса

$$\mu = \sqrt{\frac{[pv^2]}{3}} = \sqrt{\frac{30,6}{3}} = \pm 3,2 \text{ мм}.$$

Средняя квадратическая ошибка нивелирования на 1 км хода

$$m = \pm \frac{\mu}{\sqrt{c}} = \pm 3,2 \text{ мм}.$$

Вычислял техник *Иванов*
Вторая рука техник *Петров*
Октябрь 1964 г.

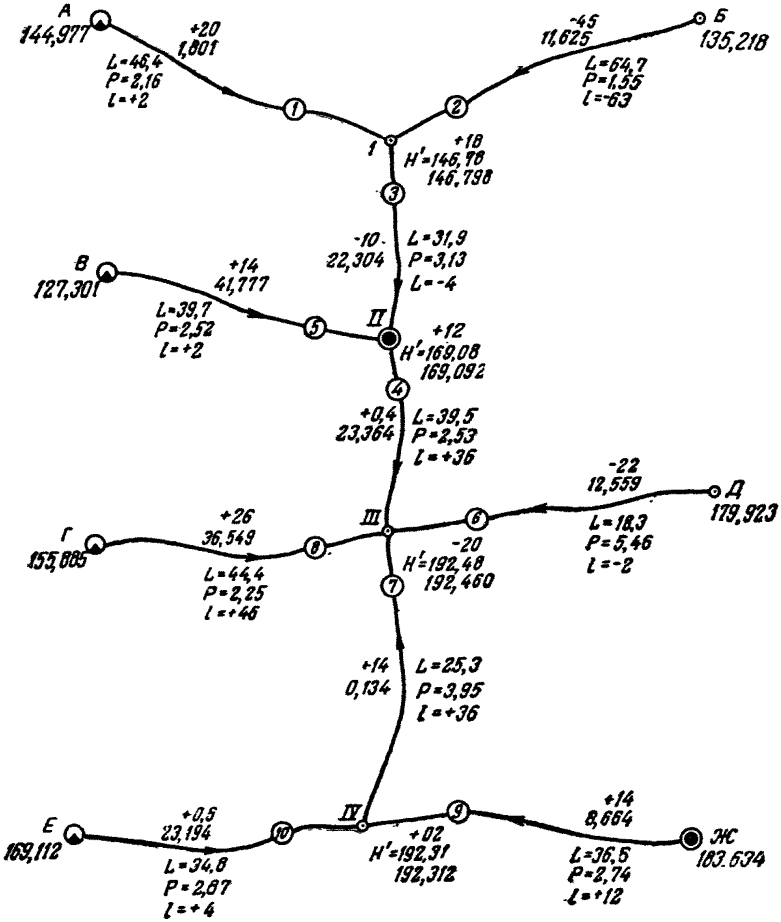
Рис. 8.

Средняя квадратическая ошибка нивелирования на 1 км хода должна вычисляться по формуле

$$m = \pm \frac{\mu}{\sqrt{c}}.$$

В примере $m = \mu$, так как $P = \frac{1}{L}$.

Схема
уравнивания линий нивелирования III класса
Р-37-55,67



Средняя квадратическая ошибка единицы веса

$$\mu = \sqrt{\frac{[pv^2]}{z-u}} = \sqrt{\frac{10428}{10-4}} = \pm 41{,}7 \text{ км.}$$

Средняя квадратическая ошибка нивелирования на 1 км хода

$$m = \pm \frac{\mu}{\sqrt{c}} = \pm \frac{41{,}7}{10} = \pm 4{,}2 \text{ мм.}$$

Вычисляла инженер *Говорова*
Первая рука инженер *Ивницкая*
Июнь 1958 г.

Рис. 9.

Вероятнейшие значения высот узловых точек вычисляют по соответствующим ходам с использованием уравненных значений превышений и высот исходных пунктов.

Все вычисления выполняют в две руки.

10. СПОСОБ ПОСРЕДСТВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

§ 103. Уравнивание системы нивелирных линий способом посредственных измерений производят в следующем порядке:

— составляют схему уравниваемых линий;

— составляют таблицу коэффициентов уравнений погрешностей;

— составляют и решают нормальные уравнения;

— вычисляют окончательные высоты узловых точек;

— производят контроль уравнивания и оценку точности;

— уравнивают отдельные линии и вычисляют высоты промежуточных знаков в соответствии с указаниями § 89.

Вычисление приближенных высот, составление и решение нормальных уравнений выполняют в одну руку, остальные действия — в две руки.

Схему уравниваемых линий составляют в соответствии с указаниями § 96, но на ней дополнительно к этим указаниям вычисляют и записывают приближенные высоты узловых точек и свободные члены уравнений погрешностей.

Приближенные высоты узловых точек H' вычисляют следующим образом (рис. 9):

$$H'_{\text{I}} = H_A + \Sigma h_1 = 144{,}977 + 1{,}801 = 146{,}78,$$

$$H'_{\text{II}} = H_B + \Sigma h_5 = 127{,}301 + 41{,}777 = 169{,}08,$$

$$H'_{\text{III}} = H_Д + \Sigma h_6 = 179{,}923 + 12{,}559 = 192{,}48,$$

$$H'_{\text{IV}} = H_E + \Sigma h_{10} = 169{,}112 + 23{,}194 = 192{,}31.$$

Веса определяют в соответствии с указаниями § 97.

В примере они определены по формуле

$$P = \frac{100}{L},$$

где L — длина хода (в километрах).

Обозначим поправки к приближенным высотам через x, поправки к измеренным превышениям через V и свободные члены уравнений погрешностей через l.

Получив приближенные высоты точек H'_i, вычисляют приближенные значения превышений $\Sigma h'_i$ как разность высот исходных пунктов и приближенных высот узловых точек или как разность приближенных высот узловых точек

$$\Sigma h'_1 = H'_1 - H_A = 1{,}803,$$

$$\Sigma h_2' = H_1' - H_Б = 11{,}562,$$

. . . . . .

$$\Sigma h_{10}^{1} = H_{1V}^{1} - H_Е = 23{,}198.$$

Свободные члены уравнений погрешностей l_i вычисляют с использованием схемы по формуле

$$l_i = \Sigma h_i' - \Sigma h_i,$$

где $\Sigma h_i'$ — приближенное превышение, Σh_i — измеренное превышение, записанное на схеме и относящееся к ходу с номером i.

При вычислении величин l_i значения $\Sigma h_i'$, Σh_i берут со знаком плюс

$$l_1 = \Sigma h_1' - \Sigma h_1 = +0{,}002,$$

$$l_2 = \Sigma h_2' - \Sigma h_2 = -0{,}063,$$

. . . . . .

$$l_{10} = \Sigma h_{10}' - \Sigma h_{10} = +0{,}004.$$

Полученные значения свободных членов уравнений погрешностей записывают на схему около соответствующего хода под значениями весов.

Уравнения погрешностей примут вид

$$V_1 = x_1 + l_1, \qquad V_6 = x_{III} + l_6,$$

$$V_2 = x_1 + l_2, \qquad V_7 = x_{III} - x_{IV} + l_7,$$

$$V_3 = x_{II} - x_1 + l_3, \qquad V_8 = x_{III} + l_8,$$

$$V_4 = x_{III} - x_{II} + l_4, \qquad V_9 = x_{IV} + l_9,$$

$$V_5 = x_{II} + l_5, \qquad V_{10} = x_{IV} + l_{10}.$$

Таблицу коэффициентов уравнений погрешностей (табл. 12) составляют с использованием схемы; при этом, как видно из составленных уравнений, коэффициенты при неизвестных равны единице.

Знаки коэффициентов соответствуют знакам, стоящим в уравнениях погрешностей перед соответствующими неизвестными.

Коэффициенты l и веса P выписывают в таблицу со схемы.

Для контроля составления нормальных уравнений по каждой строке образуют сумму S. Поправки V вычисляют после решения нормальных уравнений.

После считки таблицы коэффициентов уравнений погрешностей составляют (в одну руку) следующие нормальные уравнения:

$$[Paa]x_1 + [Pab]x_{II} + [Pac]x_{III} + [Pad]x_{IV} + [Pal] = 0,$$

$$[Pab]x_1 + [Pbb]x_{II} + [Pbc]x_{III} + [Pbd]x_{IV} + [Pbl] = 0,$$

$$[Pac]x_1 + [Pcb]x_{II} + [Pcc]x_{III} + [Pcd]x_{IV} + [Pcl] = 0,$$

$$[Pad]x_1 + [Pdb]x_{II} + [Pdc]x_{III} + [Pdd]x_{IV} + [Pdl] = 0.$$

Запись и решение нормальных уравнений производят в специальной схеме (табл. 13).

Таблица 12

Коэффициенты уравнений погрешностей

№ хода	№ узловой точки				l	S	P	V
	I	II	III	IV				
	a	b	c	d				
1	+1				+2,0	+3,0	2,16	+20
2	+1				−63,0	−62,0	1,55	−45
3	−1	+1			−4,0	−4,0	3,13	−10
4		−1	+1		+36,0	+36,0	2,53	+4
5		+1			+2,0	+3,0	2,52	+14
6			+1		−2,0	−1,0	5,46	−22
7			+1	−1	+36,0	+36,0	3,95	+14
8			+1		+46,0	+47,0	2,25	+26
9				+1	+12,0	+13,0	2,74	+14
10				+1	+4,0	+5,0	2,87	+6
x	+18	+12	−20	+2				

Таблица 13

Составление и решение нормальных уравнений

x_I	x_{II}	x_{III}	x_{IV}	S'	l	S	Контроль
+6,8	−3,1			+3,7	−80,8	−77,1	−77,1
−1,00	+0,46				+11,88	+11,34	+11,34
+17,63							
	+8,2	−2,5		+2,6	−98,6	−96,0	−96,0
	+6,8	−2,5			−135,8	−131,5	−131,5
	−1,00	+0,37			+19,97	+19,34	+19,34
	+12,50						
		+14,2	−4,0	+7,7	+325,9	+333,6	+333,6
		+13,3	−4,0		+275,7	+285,0	+284,9
		−1,00	+0,30		−20,73	−21,43	−21,43
		−20,19					
			+9,6	+5,6	−97,8	−92,2	−92,2
			+8,4		−15,1	−6,7	−6,7
			−1,00		+1,80	+0,80	+0,80
			+1,80				

Контроль $[S'x] = -48$,
$-[l] = -49$.

Правильность вычисления неизвестных x проверяют подстановкой их в нормальные уравнения и по формуле $[S'x] = -[l]$.

Расхождение в данном примере (при данном числе знаков) не должно превышать $\sqrt{n}$, где n — число уравнений.

Контрольный член $[S'x]$ вычисляют путем суммирования произведений типа $S'_i x_i$ $(i = 1, 2, 3, 4)$.

В примере

$$[S'x'] = (+17{,}63) \cdot (3{,}7) + (12{,}50) \cdot (+2{,}6) + (-20{,}19) \cdot (+7{,}7) + \\ + (+1{,}80) \cdot (+5{,}6) = -48,$$

$$-[l] = (-80{,}8) + (-98{,}6) + (+325{,}9) + (-97{,}8) = -49.$$

Полученные значения неизвестных x, округленные до целых единиц, если уравнивают сеть не выше III класса, и округленные до 0,1 *мм*, если уравнивают сеть II класса, выписывают в таблицу коэффициентов уравнений погрешностей и на схему.

После этого по схеме вычисляют окончательные высоты узловых точек по формуле

$$H_i = H'_i + x_i,$$

где H'_i — приближенная высота точки i; x_i — поправка из уравнивания, выписанная над приближенной высотой узловой точки.

Поправки в превышение получают дважды:

— в таблице коэффициентов уравнений погрешностей путем подстановки полученных значений неизвестных в уравнения погрешностей;

— как разности уравненных и измеренных превышений; при этом уравненные превышения вычисляют как разности уравненных высот.

Значения поправок, полученных обоими способами, должны быть одинаковы.

Проконтролированные величины поправок в превышения V записывают на схему над соответствующими превышениями.

Среднюю квадратическую ошибку единицы веса вычисляют по формуле

$$\mu = \sqrt{\frac{[PV^2]}{z-u}},$$

где z — число уравниваемых линий, u — число узловых точек.

Дальнейшую оценку точности выполняют в соответствии с указаниями § 99.

§ 104. Уравненные значения превышений и высот записывают в ведомости превышений и высот пунктов нивелирования (прил. 10—14), которые в дальнейшем служат исходным материалом для составления каталогов.

V. СИСТЕМАТИЗАЦИЯ И ОФОРМЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

§ 105. По окончании вычислений все материалы должны быть систематизированы и надлежащим образом оформлены.

Систематизация и оформление материалов заключаются в следующем.

1. Окончательно оформленные журналы нивелирования складывают в отдельные папки. На каждую папку составляют опись вложенных материалов, которую наклеивают на внутренней стороне верхней крышки.

На лицевой стороне папки делают наклейку, на которой подписывают: название организации, выполнившей работу, класс нивелирования и объект, год производства полевых работ, название материалов, вложенных в папку, а для нивелирования I и II классов, кроме того, указывают название линии. Ниже показан вид наружной наклейки.

Наружная наклейка

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР
ПРЕДПРИЯТИЕ № 7

Нивелирование II и III классов
объект «Майский»
7—123—7

Журналы нивелирования II класса
Линия_____

1967

2. Материалы исследования нивелиров, применявшихся при выполнении работ на данном объекте, переплетают в отдельную книгу. Наружная наклейка на лицевой стороне переплета оформляется аналогично приведенному выше образцу.

3. Материалы исследования реек и вывод длины среднего метра пары реек систематизируют по комплектам и переплетают все в одну книгу, на которую также прикрепляют наружную наклейку.

4. Ведомости превышений и высот пунктов нивелирования систематизируют отдельно по вычислениям первой и второй руки и по номерам линий.

К ведомости превышений и высот пунктов нивелирования составляют пояснения и прикладывают схему нивелирования, вычерченную согласно указаниям § 69—70.

Пояснение должно содержать:

— общие сведения — наименование объекта (район работ), класс нивелирования, год производства работ, организация, система высот; географическое и административное положение объекта; по каким инструкциям выполнены работы; их объем (число заложенных реперов по типам, километраж по классам);

— сведения о нивелировках прежних лет; перечень исходных работ, включенных в совместное уравнивание, а также их краткая характеристика;

— сведения о закреплении на местности новых нивелирных линий;

— сведения об инструментах, применяемых при нивелировании, и о способах нивелирования;

— характеристика точности полевых работ (средняя случайная и средняя систематическая ошибки на 1 *км* хода или полученные невязки и их соответствие допускам);

— сведения о вычислительных работах: кем и когда они выполнены, методы обработки и уравнивания, характеристика качества нивелирования по результатам уравнивания;

— список принятых сокращений.

Образцы титульного листа и пояснения приведены в прил. 20. Список применяемых сокращений приведен в прил. 23.

5. Материалы вычислений первой и второй рук поправок в превышения за переход к нормальным высотам и уравнивания систем нивелирных линий брошюруют совместно с ведомостью превышений и высот пунктов нивелирования.

§ 106. Все переплетенные книги с материалами вычислений должны иметь титульный лист и оглавление. Все листы в книге должны быть пронумерованы. На титульном листе ставится подпись руководителя работ. Все материалы вычислений обязательно принимает отдел технического контроля.

VI. СОСТАВЛЕНИЕ КАТАЛОГОВ ВЫСОТ ПУНКТОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ

§ 107. Каталоги высот пунктов нивелирования составляют по линиям отдельно на каждый завершенный полевыми работами и уравненный нивелирный объект.

Числовые величины в списочной части каталога приводят по линиям.

Каталоги составляют в две руки.

§ 108. В каталог включают все вновь проложенные на объекте линии, а также линии работ прежних лет, совместно уравненные с новыми линиями.

По линиям исходных нивелировок в каталог включают только знаки, являющиеся начальными и конечными для нового нивелирования.

§ 109. Каталог составляют по образцу, приведенному в прил.21. Он содержит:

— обложку и титульный лист;

— пояснение;

— чертежи типов центров и реперов, заложенных на пунктах нивелирования;

— список высот пунктов нивелирования;

— алфавитный указатель пунктов;

— схему нивелирной сети.

§ 110. К каталогу составляют пояснение и прикладывают схему нивелирования.

Пояснение должно содержать:

— сведения о новой работе: наименование объекта (район,

организация, год нивелирования, инструкция, по какой выполнена работа, объем, закрепление линий на местности, типы инструментов и реек, методы выполнения работ, характеристика их точности (средняя случайная и средняя систематическая ошибка на 1 *км* хода), способы уравнивания и характеристика качества нивелирования по результатам уравнивания;

— сведения о работах прежних лет, включенных в каталог и совместно уравненных с новой нивелировкой, их краткая характеристика;

— сведения об исходных работах;

— сведения о закреплении линий;

— список линий с недопустимыми невязками;

— список принятых сокращений.

§ 111. Линии в каталоге располагают в порядке возрастания номеров. Линии старшего класса нумеруют первыми.

Каждая линия должна иметь только один номер.

§ 112. Висячие ходы нумеруют вслед за основными, каждый в своем классе.

§ 113. В каталог, кроме постоянных знаков по соответствующим линиям, включают и все надежно закрепленные на местности временные реперы.

§ 114. Пункты группируют в каталоге соответственно порядковому расположению их по отдельным линиям, а линии по классам в порядке образования из них полигонов.

§ 115. Каждому пункту присваивают порядковый номер, который сохраняют за ним во всех линиях.

Контрольные реперы порядковых номеров не имеют и их помещают вслед за основными реперами.

Высоты пунктов, определенные из висячих ходов, а также контрольные реперы отмечают в каталоге звездочкой.

§ 116. Типы заложенных нивелирных знаков указывают в соответствии с действующими руководствами.

§ 117. Схему нивелирной сети составляют в соответствии с образцом, приведенным в прил. 16.

§ 118. На титульном листе каталога ставит подпись руководитель работ и составитель каталога. Каталог принимает отдел технического контроля.

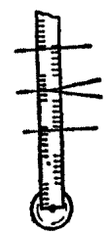
§ 119. При составлении каталога должны быть выполнены все процессы, обеспечивающие безошибочность приводимых данных.

Перечень этих процессов приведен в контрольном листе, форма которого дана в прил. 22. Заполненный контрольный листок вместе с каталогом предъявляют в отдел технического контроля. Без контрольного листка ОТК каталог не принимает.

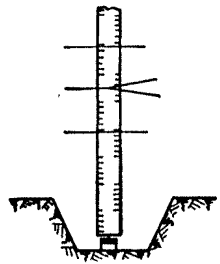
§ 120. Каталоги высот пунктов нивелирования, составленные по линиям на каждый завершенный полевыми работами и уравненный объект, передаются в территориальные инспекции Госгеонадзора ГУГК и служат рабочими каталогами до издания сводных каталогов по листам карт масштаба 1 : 200 000.

ОБРАЗЕЦ ЗАПИСИ В ЖУРНАЛЕ НИВЕЛИРОВАНИЯ II КЛАССА

Ход: *от марки 6187 до грунт. реп. 2003* — *2 августа 1963 г.; начало 7 час. 30 мин: конец 10 час.*
Условия работы: *грунт — песчаный, бровка дороги* — Изображение — *отчетливое, спокойное; облачность —3*
Направление и сила ветра — *слабый, сев.-вост.*

№ штативов, № реек	Зарисовка привязок	Отсчеты по дальномерным нитям (1/2 мм)			Отсчеты по биссектору нитей (1/2 дм)				Контроль
					основная шкала		дополнительная шкала		
		з/*и'*	п/*d*		*Р*	*Б*	*Р*	*Б*	
1 Подв.—2	 Марка 6187	1910 (1) 2050 (2) 140 (21) —9,30 (24)	2840 (5) 2980 (6) 140 (22) 0/0 (23)	з п з—п *и*	19,8 (3) 29,1 (7) —9,3 (13) —9,300 (15)	58 (4) 58 (8) 0 (14)	79,0 (11) 88,4 (9) —9,4 (16) —9,306 (18)	102 (12) 8 (10) +94 (17)	+6 (19) +6 (20)
2 2—1		2435 3260 825 +0,55	2380 3215 835 —10/—10	з п з — п *и*	28,5 28,0 +0,5 +0,445	40 95 —55	87,7 87,3 +0,4 +0,441	88 47 +41	+4 +10
3 1—2		2050 2670 620 —28,30	4880 5500 620 0/—10	з п з — п *и*	23,6 51,9 —28,3 —28,301	27 28 —1	82,8 111,1 —28,3 —28,291	86 77 +9	—10 0
4 2—1		750 1370 620 —35,60	4310 4930 620 0/—10	з п з — п *и*	10,6 46,2 —35,6 —35,542	66 8 +58	69,9 105,4 —35,5 —35,541	16 57 —41	—1 —1
5 1—2		2560 3380 820 + 0,55	2505 3330 825 —5/—15	з п з—п *и*	29,7 29,2 +0,5 +0,484	24 40 —16	88,9 88,4 +0,5 +0,482	75 93 —18	+2 +1
6 2—1		2605 3435 830 +6,60	1945 2775 830 0/—15	з п з—п *и*	30,2 23,6 +6,6 +6,527	20 93 —73	89,4 82,9 +6,5 +6,529	71 42 +29	—2 —1
7 1—2		4480 5060 580 +26,50	1830 2410 580 0/—15	з п з—п *и*	47,7 21,2 +26,5 +26,491	26 35 —9	106,9 80,5 +26,4 +26,475	75 0 +75	+16 +15
8 2—1		2020 2270 250 —36,66	5686 5934 248 +2/—13	з п з—п *и*	21,4 58,1 —36,7 —36,692	33 25 +8	80,6 117,3 —36,7 —36,695	83 78 +5	+3 +18
9 1—2		2100 2260 160 —33,10	5410 5550 140 +20/+7	з п з—п *и*	21,8 54,8 —33,0 —33,026	34 60 —26	81,0 114,1 —33,1 —33,033	80 13 +67	+7 +25
10 2—1		1580 1720 140 —38,75	5455 5585 130 +10/+17	з п з—п *и*	16,5 55,1 —38,6 —38,628	57 85 —28	75,8 114,4 —38,6 —38,631	8 39 —31	+3 +28

Продолжение прил. 2.

№ штативов, № реек	Зарисовка привязок	Отсчеты по дальномерным нитям (1/2 мм)			Отсчеты по биссектору нитей (1/2 дм)				Контроль
					основная шкала		дополнительная шкала		
		з/u'	п/d		P	$Б$	P	$Б$	
		4985 (Σ21)	4968 (Σ22)	Σз	249,8 (Σ3)	385 (Σ4)	842,0 (Σ11)	684 (Σ12)	
			+17 (30)	Σп	397,2 (Σ7)	527 (Σ8)	989,8 (Σ9)	454 (Σ10)	
				Σз—Σп	—147,4 (25)	—142 (26)	— 147,8 (27)	+230 (28)	
	Σ (1—10)			Σu	—147,542 (Σ15)		—147,570 (Σ18)		+28 (29)
11 1—2		1320	5570	з	14,0	43	73,2	91	
		1480	5710	п	56,4	13	115,6	62	
		160	140	з—п	—42,4	+30	—42,4	+29	
		—42,50	+20/+37	u	—42,370		—42,371		+1/+29
	Грунт. реп. 2003	*Подсчет по секции от марки 6187 до грунт. реп. 2003*							
	Σ	5145 (Σ21)	5108 (Σ22)	Σз	263,8 (Σ3)	428 (Σ4)	915,2 (Σ11)	775 (Σ12)	
			+37 (37)	Σп	453,6 (Σ7)	540 (Σ8)	1105,4 (Σ9)	516 (Σ10)	
				Σз—Σп	—189,8 (31)	—112 (32)	—190,2 (33)	+259 (34)	+29 (35)
				Σu	—189,912(Σ15)		—189,941 (Σ18)		

$l = 0{,}5$ км (38) $n = 11$ шт. (39)

Ср.—189,926 (1/2 дм) (36)

Измеренное превышение $h' = -9496{,}3$ мм (40)

Поправка за неверность длины среднего метра реек $\delta h = -0{,}1$ (41)

Исправленное превышение $h = -9496{,}4$ мм (42)

Образец итогового листка

Линия: *Ивановка—Петрово*
Секция: *От марки 2231 до грунт. реп. 57*
(прямой ход)

Исполнитель: Инж. *Петров Н. Н.*
Дата: *31 августа 1963 г.*

ИЗМЕРЕННЫЕ ПРЕВЫШЕНИЯ (в 1/2 *дм*):

Правая нивелировка	*Левая нивелировка*
$h'_{\text{осн. шк.}} = -24{,}679$	$-24{,}670$
$h'_{\text{доп. шк.}} = -24{,}659$	$-24{,}674$
Превышение $h'_{\text{прав.}} = -1233{,}4$ *мм*	$h'_{\text{лев.}} = -1233{,}6$ *мм*
Поправка . . . $\delta h = -0{,}1$ *мм*	$-0{,}1$ *мм*
Исправленное $h_{\text{прав.}} = -1233{,}5$ *мм*	$h_{\text{лев.}} = -1233{,}7$ *мм*

Длина секции: $l = 1{,}1$ *км*

Число штативов: $n = 14$

Составил: техник *Петров*
Проверил: ст. техник *Иванов*

Октябрь 1963 г.

ОБРАЗЕЦ ЗАПИСИ В ЖУРНАЛЕ НИВЕЛИРОВАНИЯ III КЛАССА С РЕЙКАМИ, ИМЕЮЩИМИ САНТИМЕТРОВЫЕ ДЕЛЕНИЯ НА ЧЕРНОЙ И КРАСНОЙ СТОРОНАХ

Ход: *от грунт. реп. 5540 до грунт. реп. 10542*
Дата: *10 июля 1963 г.* Начало: *6 час. 20 мин.* Конец: *8 час. 30 мин.*
Погода: *ясно, слабый ветер* Изображение: *спокойное, отчетливое*

№ штатива, № реек	Наблюдение по дальномерным нитям		Наблюдение по средней нити					Среднее превышение в *мм*
	задняя рейка	передняя рейка	контрольные превышения		задняя рейка	передняя рейка	превышение	
1	1572 (2)	1812 (5)	—240 (11)	ч	1739 (1)	1971 (4)	—232 (14)	
1—2	1904 (3)	2130 (6)	—226 (12)	к	6430 (8)	6761 (7)	—331 (15)	—231,5 (19)
Грунт. реп. 5540	332 (9)	318 (10)	+14/+14 (13)		4691 (16)	4790 (17)	+99 (18)	
2	1170	0631	+539	ч	1478	0937	+541	
2—1	1786	1241	+545	к	6269	5627	+642	+541,5
	616	610	+6/+20		4791	4690	—101	
3	0601	1710	—1109	ч	0981	2090	—1109	
1—2	1360	2470	—1110	к	5670	6881	—1211	—1110,0
	759	760	—1/+19		4689	4791	+102	
4	1883	0800	+1083	ч	2217	1131	+1086	
2—1	2550	1465	+1085	к	7007	5821	+1186	+1086,0
	667	665	+2/+21		4790	4690	—100	
5	0110	1327	—1217	ч	0465	1678	—1213	
1—2	0819	2029	—1210	к	5155	6469	—1314	—1213,5
	709	702	+7/+28		4690	4791	+101	

Продолж. приложения 3

№ штатива, № реек	Наблюдение по дальномерным нитям		Наблюдение по средней нити					Среднее превышение в *мм*
	задняя рейка	передняя рейка	контрольные превышения		задняя рейка	передняя рейка	превышение	
6 2—1	1354 1985 631	0581 1197 616	+773 +788 +15/+43	ч к	1670 6460 4790	0889 5579 4690	+781 +881 —100	+781,0
7 1—2	1268 1859 591	1572 2169 597	—304 —310 —6/+37	ч к	1561 6251 4690	1870 6660 4790	—309 —409 +100	—309,0
Постраничные контрольные вычисления	4305 (20)	4268 (21)	—913 (22) —456,5 (27)		53353 (23) — 54364 (24) —1011 (28)	54364 (24)	—1011 (25) +100 —911 —455,5 (29)	—455,5 (26)
26 2—1 Грунт. реп. 10542	2364 2450 86	1134 1218 84	+1230 +1232 +2/—2	ч к	2409 7198 4789	1176 5867 4691	+1233 +1331 —98	+1232,0

Подсчет по секции от грунт. реп. 5540 до грунт. реп. 10542

	13408Σ (20)	13410Σ (21)	+2736Σ (27)		206756Σ (23) — 201289Σ (24) +5467 (30)	201289Σ (24)	+5467Σ (25) +2733,5 (31)	+2733,5Σ (26)

Измеренное превышение . . . . . $h' = +2733{,}5$ *мм* (34)

$l = 2{,}7$ *км* (33) $n = 26$ шт. (33) Поправка за неверность длины среднего метра реек $\delta h = +0{,}3$ *мм* (35)

Исправленное превышение . . . . . $h = +2733{,}8$ *мм* (36)

$h = +2{,}734$ *м* (37)

ОБРАЗЕЦ ЗАПИСИ В ЖУРНАЛЕ НИВЕЛИРОВАНИЯ III КЛАССА С РЕЙКАМИ, ИМЕЮЩИМИ САНТИМЕТРОВЫЕ ДЕЛЕНИЯ НА ЧЕРНОЙ СТОРОНЕ И 11/10-*см* НА КРАСНОЙ СТОРОНЕ

Ход: *от ск. реп. 457 до грунт. реп. 259*
Дата: *15 июня 1965 г.* Начало: *5 час. 30 мин.* Конец: *9 час. 20 мин.*
Погода: *слабая облачность, ветер* Изображение: *спокойное, четкое*

№ штатива, № реек	Наблюдение по дальномерным нитям				Наблюдение по средней нити			Среднее превышение в *мм*
	задняя рейка	передняя рейка	контрольные превышения		задняя рейка	передняя рейка	превышение	
1 1—2 Ск. реп. 457	1828 (2) 2310 (3) 482 (9)	0790 (5) 1270 (6) 480 (10)	+1038 (11) +1040 (12) +2/+2 (13)	ч к	2069 (1) 1880 (8)	1030 (4) 1038 (7)	+1039 (14) +842 84 +926 (15) +113 (16)	+1038 (17)
2 2—1	1940 2782 842	0450 1292 842	+1490 +1490 0/+2	ч к	2361 2248	0871 0793	+1490 +1455 +145 +1600 —110	+1490
3 1—2	2375 2975 600	0148 0748 600	+2227 +2227 0/+2	ч к	2675 2432	0448 0507	+2227 +1925 192 +2117 +110	+2227

№ штатива. № реек	Наблюдение по дальномерным нитям				Наблюдение по средней нити			Среднее превышение в *мм*
	задняя рейка	передняя рейка	контрольные превышения		задняя рейка	передняя рейка	превышение	
4 2—1	2450 2950 500	420 920 500	+2030 +2030 0/+2	ч к	2700 2552	0668 0608	+2032 +1944 194 +2138 —106	+2030
Постраничные контрольные вычисления	2424 (18)	2422 (19)	+13572 (20) +6786 (25)		—19828 (21) 6258 (23) +13570 (26)	6258 (22)	+13569 (23) +6784 (27)	+6785 (24)
22 2—1 Грунт. реп. 259	1500 1660 160	855 1015 160	+645 +645 0/0	ч к	1578 1532	0932 0849	+646 +683 68 +751 —105	+644
Подсчет по секции от ск. реп. 457 до грунт. реп. 259								
	15584Σ (18)	15584Σ (19)	+12410Σ (25)		—80071Σ (21) 55281Σ (22) +24790 (28)	55281Σ (22)	+24790Σ (23) +12395 (29)	+12395Σ (24)

l=3,1 *км* (30) n=22 шт. (31)

Измеренное превышение . . . . . h'=+12395 *мм* (32)

Поправка за неверность длины среднего метра реек . . . δh=—1 *мм* (33)

Исправленное превышение . . . . . h=+12394 *мм* (34)

h=+12,394 *м* (35)

ОБРАЗЕЦ ЗАПИСИ В ЖУРНАЛЕ НИВЕЛИРОВАНИЯ IV КЛАССА С РЕЙКАМИ,

Ход: *от грунт. реп. 606 до грунт. реп. 217*
Начало: *7 час 10 мин.* Конец: *7 час 30 мин*
Погода: *ясно, слабый ветер*

№ станций / № реек	Дальномерные расстояния до задней и передней реек	Отсчеты по рейке: задняя	Отсчеты по рейке: передняя	Превышение в *мм*	Среднее превышение в *мм*
1	375 (7)	1185 (1)	1058 (3)	+130 (11)	+130 (13)
Грунт. реп. 606	372 (8)	1560 (2)	1430 (4)	+ 30 (12)	
2—1		6247 (6)	6217 (5)	+100 (14)	
		4687 (9)	4787 (10)		
2	260	1005	1209		
1—2	263	1265	1472	—207	—207
		6052	6159	—107	
		4787	4687	—100	
3	311	617	798		
2—1	313	928	1111	—183	—183
		5615	5848	—283	
		4687	4787	+100	
4	267	704	1003		
1—2	266	971	1269	—298	—299
		5758	5958	—200	
		4787	4689	—98	
5	190	657	894		
2—1	191	847	1085	—238	—238
		5534	5872	—338	
		4687	4787	+100	

$l = 5{,}8$ *км* (24)
$n = 32$ шт. (25)

Измеренное превышение . . . . . .
Поправка за неверность длины среднего метра реек . .
Исправленное превышение . . . . . .

ПРИЛОЖЕНИЕ 5
ИМЕЮЩИМИ САНТИМЕТРОВЫЕ ДЕЛЕНИЯ НА ЧЕРНОЙ И КРАСНОЙ СТОРОНАХ

Дата: *2 июля 1963 г.*

Изображение: *спокойное*

№ станций / № реек	Дальномерные расстояния до задней и передней реек	Отсчеты по рейке: задняя	Отсчеты по рейке: передняя	Превышение в *мм*	Среднее превышение в *мм*
6	350	874	810	+66	+67
1—2	348	1224	1158	+168	
		6011	5843	—102	
		4787	4685		
Постраничные суммы	3506 (21)	42012 (15) —43472 (16) —1460 (19)	43472 (16)	—1460 (17) —730 (20)	—730 (18)
. . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
32	380	1544	615		
1—2	380	1924	995	+929	+930
Грунт. реп. 217		6711	5681	+1030	
		4787	4686	—101	
	Подсчет по секции от грунт. реп. 606 до грунт. реп. 217				
	29010 Σ(21)	414508 Σ(15) —402784 Σ(16) +11724 (22)	402784 Σ(14)	+11724 Σ(17) + 5862 (23)	+5862 Σ(18)

$h' = +5862$ *мм* (26)
$\delta h = +\ 3$ *мм* (27)
$h = +5865$ *мм* (28)
$h = +5{,}865$ *м* (29)

ОБРАЗЕЦ ЗАПИСИ В ЖУРНАЛЕ НИВЕЛИРОВАНИЯ IV КЛАССА С РЕЙКАМИ, НА КРАСНОЙ

Ход: *ст ск. реп. 457 до грунт. реп. 259*
Начало: *7 час 30 мин.* Конец: *8 час 40 мин*
Погода: *слабая облачность*

№ станций.. / № реек	Дальномерные расстояния до задней и передней реек	Отсчеты по рейке: задняя	Отсчеты по рейке: передняя	Превышение в *мм*	Среднее превышение в *мм*
1 / ск. реп. 457 / 2—1	241 (7) 240 (8)	1828 (1) 2069 (2) 1880 (6)	0790 (3) 1030 (4) 1038 (5)	+1039 (9) + 926 (10) + 113(12)	+1038 (11)
2 / 1—2	421 421	1940 2361 2248	0450 0871 0793	+1490 +1601 —111	+1490
3 / 2—1	300 300	2375 2675 2432	0148 0448 0507	+2227 +2117 + 110	+2227
4 / 1—2	250 248	2450 2700 2552	0420 0668 0608	+2032 +2138 — 106	+2030
5 / 2—1	399 400	1270 1669 1518	1049 1449 1418	+220 +110 +110	+220

$l = 3{,}1$ *км* (22)

Измеренное превышение . . . . . .
Поправка за неверность длины среднего метра реек . .
Исправленное превышение . . . . . .

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ИМЕЮЩИМИ САНТИМЕТРОВЫЕ ДЕЛЕНИЯ НА ЧЕРНОЙ СТОРОНЕ И 11/10-*см* СТОРОНЕ

Дата: *2 июля 1965 г.*

Изображение: *спокойное*

№ станций / № реек	Дальномерные расстояния до задней и передней реек	Отсчеты по рейке: задняя	Отсчеты по рейке: передняя	Превышение в *мм*	Среднее превышение в *мм*
6 / 1—2	350 350	910 1260 1244	1240 1590 1448	—330 —224 —106	—332
Постраничные суммы	3920 (19)	25795 (13) 12450 (14) +13345 (17)	12450 (14)	+13346 (15) + 6673 (18)	+6673 (16)
. . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
22 / 1—2 Грунт. реп. 259	78 77	1500 1578 1532	0855 0932 0849	+646 +751 —105	+644
	Подсчет по секции от ск. реп. 457 до грунт. реп. 259				
	15585 Σ(19)	80071 Σ(13) 55281 Σ(14) +24790 (20)	55281 Σ(14)	+24790 Σ(15) +12395 (21)	+12395 Σ(16)

$n = 22$ шт. (23)

$h' = +12395$ *мм* (24)
$\delta h = +\ 3$ *мм* (25)
$h = +12398$ *мм* (26)
$h = +12{,}398$ *м* (27)

Образец итогового листка

Линия: *от грунт. реп. 184 до грунт. реп. 627*
Секция: *от грунт. реп. 5540 до грунт. реп. 10542*

Исполнитель: *ст. техник Иванов П. И.*
Дата: *10 июля 1963 г.*

Измеренное превышение $h' = +2733{,}5$ *мм*
Поправка $\delta h = +0{,}3$ *мм*

Исправленное $h = +2733{,}8$ *мм*
$h = +2{,}734$ *м*

Длина секции $l = 2{,}7$ *км*; число штативов $n = 26$.

Составил: техник *Сидоров*
Проверил: техник *Петров*

Сентябрь 1963 г.

ПРИМЕР ВЫЧИСЛЕНИЯ РАЗНОСТЕЙ НОРМАЛЬНЫХ ВЫСОТ В СЛУЧАЕ, КОГДА АНОМАЛИИ СИЛ ТЯЖЕСТИ ПОЛУЧЕНЫ ПО ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ КАРТЕ В РЕДУКЦИИ БУГЕ

$\sigma = 2{,}67$ *г/см*^{3} $\qquad \gamma_m = 980\,000$ *миллигал* $\qquad \kappa = 0{,}1118$ *миллигал/м*

№ узловых точек	№ реперов	B	H	H_m	$h_{i\kappa}$	Δg Буге	κH	$g-\gamma$	$(g-\gamma)_m$	γ_0	$\gamma_{0\kappa}-\gamma_{0i}$	$\frac{1}{\gamma_m}\left(\frac{\partial}{\partial}-\gamma\right)_m h_{i\kappa}$	$\frac{1}{\gamma_m}(\gamma_{0\kappa}-\gamma_{0i})H_m$	f
I	51	43°20′,2	511			—99	+57	—42		980465,5				
				500					—38		+11,9	+0,0009	+0,0061	—0,0052
	52	28,1	488		—22,6910	—88	+55	—33		477,4				
				480					—32		+ 9,4	+0,0006	+0,0046	—0,0040
	53	34,3	471		—17,0150	—85	+53	—32		486,8				
				468					—31		+5,5	+0,0002	+0,0026	+0,0024
II	54	38,0	465		— 6,5681	—82	+52	—30		492,3				
Σ					—46,2741							+0,0017	+0,0133	—0,0116

$$H_{q_{II}} - H_{q_I} = -46{,}2741 - 0{,}0116 = -46{,}2857 \text{ м}$$

ПРИМЕР ВЫЧИСЛЕНИЯ ПОПРАВКИ δg

Пункт нивелирования: грунт. реп. 1141 $\sigma = 2{,}3$ г/см³ $H = 299$ м

№ отделений \ № зон	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Σ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
6	$H_{ср.\ отд.}$	299		299		299		299		299		299		298		298		
	h	0		0		0		0		0		0		1		1		
	$\Delta\delta g$	0		0		0		0		0		0		0		0		0
7	$H_{ср.\ отд.}$	299	299	299	299	300	300	300	299	299	298	298	298	298	298	298	298	
	h	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	
	$\Delta\delta g$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	$H_{ср.\ отд.}$	299	300	300	305	320	330	340	340	330	300	298	297	298	298	298	298	
	h	0	1	1	6	21	31	41	41	31	1	1	2	1	1	1	1	
	$\Delta\delta g$	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
9	$H_{ср.\ отд.}$	299	301	310	305	335	390	420	430	400	330	295	295	295	297	300	320	
	h	0	2	11	6	36	91	121	131	101	31	4	4	4	2	1	21	
	$\Delta\delta g$	0	0	0	0	0	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	6
10	$H_{ср.\ отд.}$	400	340	310	320	340	480	540	560	500	420	300	294	299	310	350	450	
	h	101	41	11	21	41	181	241	261	201	121	1	5	0	11	51	151	
	$\Delta\delta g$	1	0	0	0	0	4	6	7	4	2	0	0	0	0	0	2	26
11	$H_{ср.\ отд.}$	520	400	320	340	450	700	850	800	700	550	400	293	300	320	340	460	
	h	221	101	21	41	151	401	551	501	401	251	101	6	1	21	41	161	
	$\Delta\delta g$	4	1	0	0	2	13	23	19	13	5	1	0	0	0	0	2	83
12	$H_{ср.\ отд.}$	650	460	320	340	430	650	1000	1150	850	700	440	290	300	320	340	550	
	h	351	161	21	41	131	351	701	851	551	401	141	9	1	21	41	251	
	$\Delta\delta g$	5	1	0	0	1	5	19	27	12	7	1	0	0	0	0	3	81

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
13	$H_{ср.\ отд.}$	900	600	320	340	700	630	720	1100	1200	1000	550	340	285	340	370	670	
	h	601	301	21	41	401	331	421	801	901	701	251	41	14	41	71	371	
	$\Delta\delta g$	15	4	0	1	7	5	8	26	32	20	3	0	0	0	0	6	126
14	$H_{ср.\ отд.}$	1000	960	560	480	1200	960	1150	1150	1180	700	500	500	300	560	630	600	
	h	701	661	261	181	901	661	851	851	881	401	201	201	1	261	331	301	
	$\Delta\delta g$	17	15	2	1	27	15	24	24	26	6	1	1	0	2	4	3	168
15	$H_{ср.\ отд.}$	1000	1300	1000	480	1250	1300	1270	1350	1000	800	1050	800	340	720	1100	700	
	h	701	1001	701	181	951	1001	971	1051	701	501	751	501	41	421	801	401	
	$\Delta\delta g$	7	15	7	1	13	15	14	16	7	4	8	4	0	3	9	2	125
16	$H_{ср.\ отд.}$	1100	1400	1100	550	1050	1250	1150	950	1250	1230	1050	665	530	1150	1250	1100	
	h	801	1101	801	251	751	951	851	651	951	931	751	366	231	851	951	801	
	$\Delta\delta g$	7	13	7	1	6	10	8	5	10	10	6	2	1	8	10	7	111
17	$H_{ср.\ отд.}$	1280	1250	940	715	1000	1230	1190	1000	880	1100	900	500	840	1050	1100	1235	
	h	981	951	641	416	701	931	891	701	581	801	601	201	541	751	801	936	
	$\Delta\delta g$	8	8	4	1	4	8	7	4	3	6	3	0	3	5	6	8	78
18	$H_{ср.\ отд.}$	1400	1150	1000	1000	1200	1300	1300	750	700	720	500	700	900	1250	800	800	
	h	1101	851	701	701	901	1001	1001	451	401	421	201	401	601	951	501	501	
	$\Delta\delta g$	5	3	2	2	4	4	4	1	1	1	0	1	2	4	1	1	36
19	$H_{ср.\ отд.}$	1000	1050	1200	1200	1400	1300	1000	750	600	400	450	750	800	1000	600	800	
	h	701	751	901	901	1101	1001	701	451	301	101	151	451	501	701	301	501	
	$\Delta\delta g$	2	2	4	4	5	4	2	1	0	0	0	1	1	2	0	1	29
	$\Sigma\Delta\delta g$	71	62	26	10	69	84	118	133	109	61	23	9	7	24	30	35	871 871

$0{,}01 \cdot 871 = 8{,}71$ *миллигал*

$\delta g = \frac{2{,}3}{2{,}0} 8{,}71 = 10{,}02$ *миллигал*

ПРИМЕР ВЫЧИСЛЕНИЯ РАЗНОСТЕЙ НОРМАЛЬНЫХ ВЫСОТ В СЛУЧАЕ, КОГДА АНОМАЛИИ СИЛ ТЯЖЕСТИ ПОЛУЧЕНЫ ПО ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ КАРТЕ, СОСТАВЛЕННОЙ В НЕПОЛНОЙ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ РЕДУКЦИИ

$\sigma = 2{,}67$ *г/см*^{3} $\qquad \gamma_m = 980\,000$ *миллигал* $\qquad \kappa = 0{,}1118$ *миллигал/м*

№ узловых точек	№ реперов	B	H	H_m	$h_{i\kappa}$	Δg_m	κH	$-\delta g$	$g-\gamma$	$(g-\gamma)_m$	γ_0	$\gamma_{0\kappa}-\gamma_{0i}$	$\frac{1}{\gamma_m}(g-\gamma)_m h_{i\kappa}$	$\frac{1}{\gamma_m}(\gamma_{0\kappa}-\gamma_{0i})H_m$	f
I	51	43°20,2′	511			−106	+ 57	— 6	— 55		980465,5				
				500	—22,6910					— 52		+ 11,9	+ 0,0012	+ 0,0061	— 0,0049
	52	28,1	488			−100	+ 55	— 5	— 50		477,4				
				480	—17,0150					— 48		+ 9,4	+ 0,0008	+ 0,0046	— 0,0038
	53	34,3	471			— 96	+ 53	— 2	— 45		486,8				
				468	— 6,5681					— 45		+ 5,5	+ 0,0003	+ 0,0026	— 0,0023
II	54	38,0	465			— 95	+ 52	— 2	— 45		492,3				
Σ					— 46,2741								+ 0,0023	+ 0,0133	— 0,0110

$$H_{q_{II}} - H_{q_I} = -46{,}2741 - 0{,}0110 = -46{,}2851 \text{ м}$$

ВЕДОМОСТЬ ПРЕВЫШЕНИЙ И ВЫСОТ ПУНКТОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ IV КЛАССА

Линия № 36 от грунт. реп. 124 до грунт. реп. 186 (Р-37 - 55, 56)
Исполнитель Иванов И. И. Дата 1. VIII. 1964 г.

№ секций	Тип и номер нивелирного знака, тип центра	Описание местоположения нивелирного знака	Расстояние в км	Расстояние от начального пункта в км	Число штативов	Измеренное превышение в м, поправка из уравнивания в мм	Высота над уровнем моря в м	ПРИМЕЧАНИЕ
	Стен. реп. 124	Березовка, с., зд. шк.		0,0			251,768	
						+14		
1			6,2		31	+2,678		
	Грунт. реп. 115, тип 118	Березовка, с., в 5,5 км к вост. от него, в 2,2 км от с. Матвеевка, справа от дороги		6,2			254,460	
						+17		
			7,1		40	+1,254		
2	Сигн. 2 кл., Матвеевка, тип 2 оп	Матвеевка, с., в 4,0 км к сев.-вост. от него, у пол. стана		13,3			255,731 марка № 132	
						+15		
			6,5		36	—0,989		
	Грунт. реп. 86, тип. 121	Осиновка, с., в 2 км к зап. от него, слева от дороги в с. Матвеевка		19,8			254,757	Высота получена из уравнивания
						—1,530		
		Контрольный репер № 22 в верхней плоскости монолита					253,227*	
		Сумма	19,8		107	+2,943		

Разность высот исходных пунктов $H_к - H_н = +2{,}989$
Полученная невязка хода . . . $V_{пол.} = -46$ *мм*
Допустимая невязка . . . . $V_{доп.} = \pm 20$ *мм* $\sqrt{L} = \pm 89$ *мм*
Поправка на 1 *км* хода . . . $-\frac{V}{L} = +2{,}3$ *мм*

Примечания: 1. Значком* отмечены высоты знаков, не включенных в ход.
2. Красными чернилами записаны высоты исходных пунктов.

Вычислял: техник *Петров*
Считали: читал техник *Петров*,
слушал ст. техник *Иванов*

ВЕДОМОСТЬ ПРЕВЫШЕНИЙ И ВЫСОТ

№ секций	Тип и номер нивелирного знака, тип центра	Описание местоположения нивелирного знака	Расстояние в *км*	Расстояние от начального пункта в *км*	Число штативов прямого / обратного хода	Измеренные превышения в *м*	
						прямой ход	обратный ход
1	2	3	4	5	6	7	8
	Грунт. реп. 5540, тип 116	Глазаниха, станц., в 4,9 *км* к сев.-вост. от нее, по дороге на станц. Мошное, в 30 *м* к сев. от дороги, в 500 *м* к вост. от моста через р. Серебрянку		0,0			
1			2,7		26 / 26	+2,734	—2,741
	Грунт. реп. 10542, тип 121	Глазаниха, станц., в 2,2 *км* к сев.-вост. от нее, в 45 *м* к сев. от дороги на станц. Мошное. Контрольный репер 15 в верхней плоскости монолита		2,7			
2			3,4 / 3,6		36 / 38	—1,854	+1,860
	Стен. реп. 502	Серебрянка, р., в сев. устое путепровода на 675-м *км* ж.-д.		6,2			
3			5,8 / 5,9		58 / 60	+8,695	—8,676
	Сигн. 2 кл., Ивановка тип 1 оп	Ивановка, с., в 2,5 *км* к юго-зап. от него, у перекрестка дорог с. Глазаниха — с. Иваново и с. Петрово — с. Никольское		12,0			
4			2,6		28 / 26	+3,854	—3,866
	Стен. реп. 510	Никольское, с., зд. школы, сев. сторона		14,6			
5	Грунт. реп. 3603, тип 118	Семеновское, с., в 3,5 *км* к сев.-вост. от него, в 1,5 *км* выше устья р. Быстрая, в 100 *м* от правого берега р. Серебрянки	3,4	18,0	36 / 34	+2,095	—2,081
		Итого по линии . . .	18,0	18,0	184	+15,524	—15,504

Линия № 10. От грунт. реп. 5540 N-43-

Исполнитель техник Петров Н. Н.

Разность высот исходных данных . . . . . $H_к - H_н + 15{,}507$

Полученная невязка . . . . . $V_{пол} = +8$ *мм*

Допустимая невязка . . . . . $V_{доп} = \pm 10$ *мм* $\sqrt{L} = \pm 42$ *мм*

Поправка на 1 *км* хода . . . . . $-\frac{V}{L} = -0{,}4$ *мм*

Примечания: 1. Значком * отмечены высоты знаков, не включенных в ход.
2. Красными чернилами записаны высоты исходных пунктов.

ПУНКТОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ III КЛАССА

Разность превышений прямого и обратного ходов в мм	Среднее превышение в м	Поправка за переход к нормальным высотам в мм	Поправка из уравнивания в мм	Уравненное превышение в м	Высота над уровнем моря в м	ПРИМЕЧАНИЕ
9	10	11	12	13	14	15
	до грунт. реп. 3603. Предприятие № 7 51,52					
	Дата 1—2 VIII. 1964 г.					
					72,963	Высота выписана из «Каталога пунктов нивелирования II кл. по линии Кон-Ивановка», (инв. 1420), составленного в 1961 г.
—7	+2,738 —1,790	—	—1	+2,737	75,700	
					73910*	Предприятием № 7 (№ по каталогу 24)
+6	—1,857	—	—2	—1,859		
					73,841	
+19	+8,686	—	—3	+8,683		
					82,524 марка № 13	
—12	+3,860	—	—1	+3,859		
					86,383	
+14	+2,088	—	—1	+2,087		
					88,470	Высота получена из уравнивания
+20	+15,515	—	—8	+15,507		

Вычислял: техник *Петров*
Считали: читал техник *Петров*
слушал ст. техник *Иванов*
Октябрь 1964 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 15

ПРИМЕР ВЫЧИСЛЕНИЯ СРЕДНИХ КВАДРАТИЧЕСКИХ ОШИБОК НА 1 *км* ХОДА НИВЕЛИРОВАНИЯ I КЛАССА

Разности	Элементы формул								
	n	$\frac{1}{4n}$	$\frac{1}{4[L]}$	$\left[\frac{d^2}{r}\right]$	$\left[\frac{S^2}{L}\right]$	η^2	σ^2	η в *мм*	σ в *мм*
Линия: Ивановка — Воробьевка									
d_5	132	$\frac{1}{528}$	$\frac{1}{1995}$	70,94	8,27	0,1344	0,0041	0,37	0,06
d_6	132	$\frac{1}{528}$	$\frac{1}{1995}$	131,88	41,57	0,2498	0,208	0,50	0,64

Вычислял: инж. *Петров*
Считали: читал инж. *Петров*
слушал ст. техн. *Иванов*
Октябрь 1961 г.

График накопления величин d линия Ивановка — Воробьевка

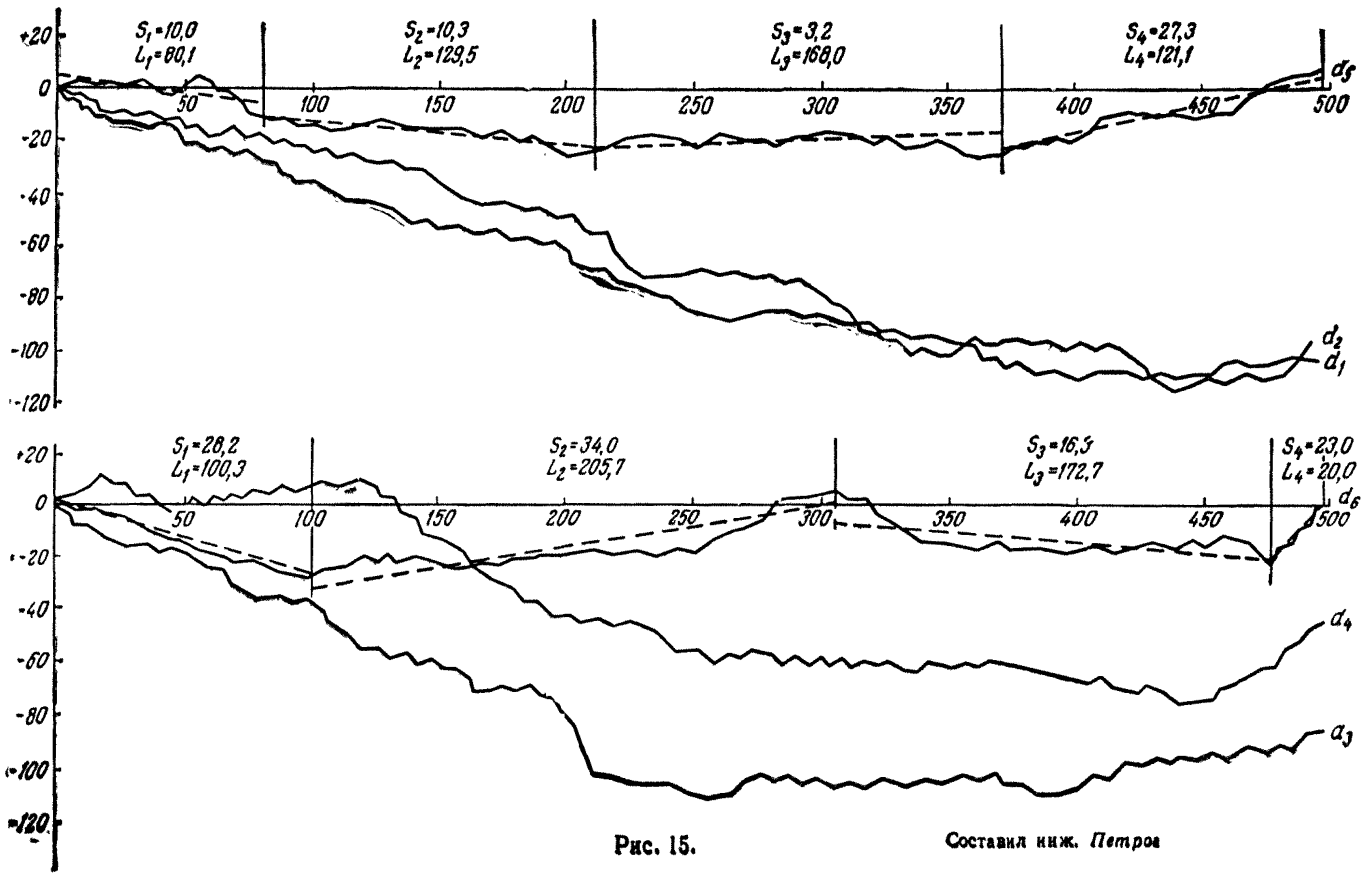
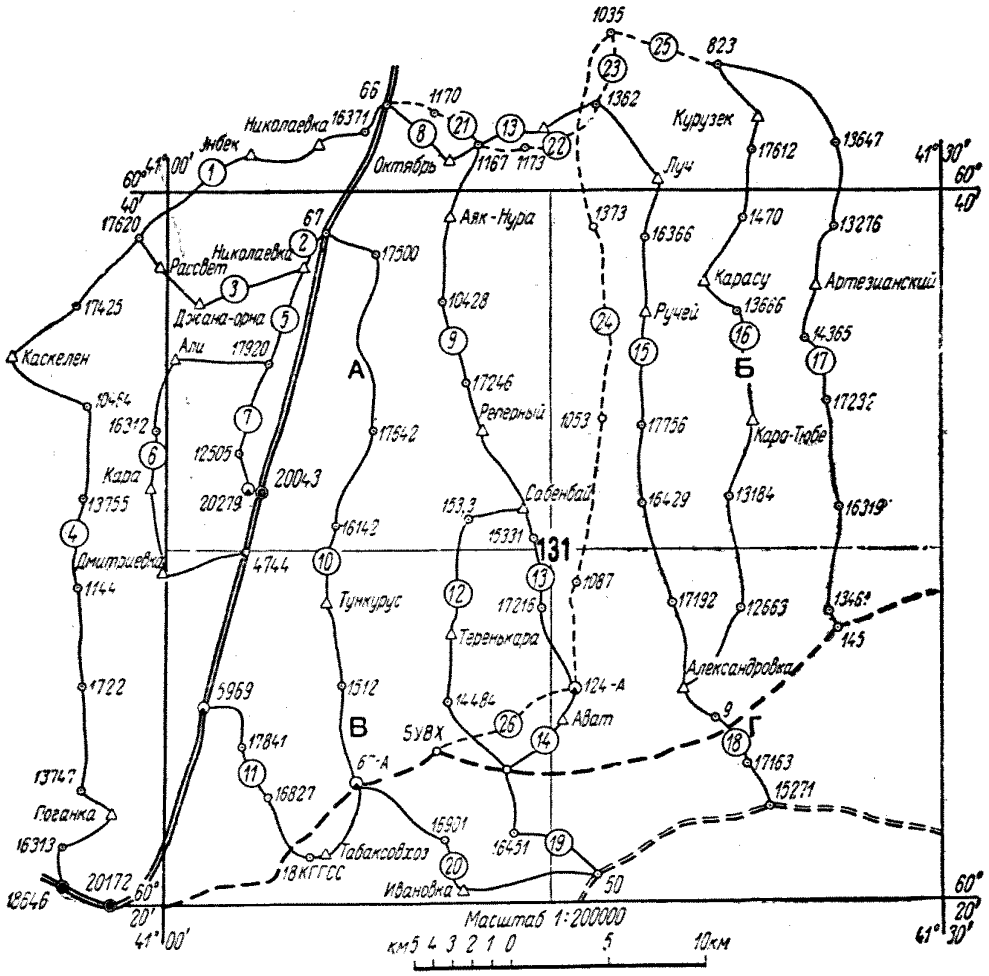


Рис. 15.

Составил инж. *Петров*

СХЕМА
НИВЕЛИРНОЙ СЕТИ IV КЛАССА
ОБЪЕКТ ИВАНОВСКИЙ
Р-37



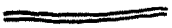
Условные знаки:

Нивелирная линия I класса
» » IV класса
» » II класса } прежних лет
» » III класса
» » IV класса

Пункт триангуляции
Марка
Стенной репер
Грунтовый репер
Номер линии

Начальник цеха № 3 *Е. И. Иванов*
Бригадир *П. И. Петров*
Составил *А. А. Сидоров*
Вычертил *А. Г. Семенов*
Проверил *И. И. Соловьев*
Считали *А. А. Сидоров*
И. И. Семенов

УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ:


Нивелирная линия I класса


Нивелирная линия II класса


Нивелирная линия III класса


Нивелирная линия IV класса

Техническое нивелирование


Граница выноски


Пункт триангуляции


Марка


Стенной репер

Грунтовый репер

Фундаментальный репер



Уничтоженный пункт и его название

Пункт съемочной сети

Временный репер

Пункт полигонометрии

Нуль барометра метеостанции

Водомерный пост

Номер линии

ПРИЛОЖЕНИЕ 18

ТАБЛИЦА ЗНАЧЕНИЙ НОРМАЛЬНОЙ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ (МИЛЛИГАЛ) γ_0

$B°$	0′	10′	20′	30′	40′	50′
35	979729,9	979744,1	979758,3	979772,5	979786,8	979801,0
36	815,4	829,7	844,1	858,4	872,9	887,3
37	901,8	916,3	930,8	945,3	959,9	974,5
38	989,1	980003,7	980018,3	980033,0	980047,7	980062,4
39	980077,1	091,9	106,7	121,4	136,2	151,1
40	165,9	180,7	195,6	210,5	225,4	240,3
41	255,2	270,1	285,1	300,0	315,0	330,0
42	345,0	360,0	375,0	390,0	405,0	420,0
43	435,1	450,1	465,2	480,2	495,3	510,4
44	525,4	540,5	555,6	570,7	585,7	600,8
45	615,9	631,0	646,0	661,1	676,2	691,3
46	706,4	721,5	736,6	751,6	766,7	781,8
47	796,8	811,9	826,9	841,9	857,0	872,0
48	887,0	902,0	917,0	932,0	947,0	961,9
49	976,9	991,8	981006,8	981021,7	981036,6	981051,5
50	981066,3	981081,2	096,1	110,9	125,7	140,5
51	155,3	170,0	184,8	199,5	214,2	228,9
52	243,6	258,2	272,8	287,4	302,0	316,6
53	331,1	345,6	360,1	374,5	389,0	403,4
54	417,8	432,1	446,5	460,8	475,0	489,3
55	503,5	517,7	531,8	546,0	560,0	574,1
56	588,1	602,1	616,1	630,0	643,9	657,8
57	671,6	685,4	699,2	712,9	726,6	740,2
58	753,8	767,4	780,9	794,4	807,9	821,3
59	834,6	848,0	861,3	874,5	887,7	900,9
60	914,0	927,1	940,1	953,1	966,0	978,9
61	991,8	982004,6	982017,3	982030,1	982042,7	982055,3
62	982067,9	080,4	092,9	105,3	117,7	130,0
63	142,2	154,5	166,6	178,8	190,8	202,8
64	214,8	226,7	238,5	250,3	262,0	273,7
65	285,3	296,9	308,4	319,9	331,3	342,6
66	353,9	365,1	376,2	387,4	398,4	409,4
67	420,3	431,2	442,0	452,7	463,4	474,0
68	484,5	495,0	505,4	515,8	526,1	536,3
69	982546,5	982556,6	982566,6	982576,6	982586,5	982596,3
70	606,1	615,8	625,4	635,0	644,5	653,9
71	663,3	672,6	681,8	690,9	700,0	709,0
72	718,0	726,9	735,6	744,4	753,0	761,6
73	770,1	778,5	786,9	795,2	803,4	811,6
74	819,6	827,6	835,5	843,4	851,1	858,8
75	866,4	874,0	881,4	888,8	896,1	903,4
76	910,5	917,6	924,6	931,5	938,4	945,1

КРИТИЧЕСКИЕ ТАБЛИЦЫ ДЛЯ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ РЕЛЬЕФА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОПРАВОК ЗА ПЕРЕХОД К РАЗНОСТЯМ НОРМАЛЬНЫХ ВЫСОТ ПО ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ КАРТЕ В НЕПОЛНОЙ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ РЕДУКЦИИ.

(ТАБЛИЦЫ СОСТАВЛЕНЫ ДЛЯ ПЛОТНОСТИ $\sigma = 2{,}0$ $г/см^3$)

№ зон	Зоны													
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Число отделений в зоне (n)													
$\Delta\delta g$	8	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
	Превышения h													
0														
1	14	34	38	58	67	73	108	110	120	180	213	240	336	336
2	24	60	67	103	117	130	187	187	210	320	366	420	594	594
3	32	79	86	132	152	170	240	240	269	409	472	537	759	759
4	38	95	103	157	180	203	285	284	318	487	556	636	900	900
5	43	109	118	180	205	230	325	324	360	550	635	720	1017	1017
6	48	122	131	200	228	255	361	358	397	610	704	792	1125	1125
7	53	135	144	219	249	279	393	390	430	663	762	858	1221	1221
8	57	149	156	237	269	300	424	420	464	710	820	924	1313	1313
9	61	161	167	255	287	320	453	447	496	758	876	987	1396	1396
10	65	173	178	272	305	340	480	473	525	803	925	1046	1479	1479
11	69	186	189	288	323	359	506	499	553	844	974	1098	1554	1551
12	73	198	200	304	340	377	531	523	579	884	1020	1148	1627	1626
13	77	211	210	319	356	394	556	546	605	921	1062	1197	1700	1695
14	81	224	220	335	372	410	582	568	628	959	1105	1245	1767	1763
15	85	237	230	350	388	426	604	589	651	996	1145	1293	1833	1827
16	88	250	240	365	403	443	625	610	674	1032	1186	1338	1896	1888
17	92	264	250	380	418	458	647	630	697	1066	1224	1380	1954	1947
18	96	278	260	395	433	473	668	650	718	1100	1260	1425	2013	2006
19	99	292	270	410	448	488	690	670	739	1130	1297	1463	2072	2064
20	103	308	280	425	462	503	710	689	759	1160	1332	1506	2126	2119
21	107	324	290	440	477	518	730	707	780	1189	1367	1545	2180	2173
22	111	340	300	454	491	532	750	725	799	1218	1400	1581	2232	2226
23	114	358	310	469	506	545	770	743	817	1248	1433	1617	2284	2278
24	118	376	320	484	520	559	790	763	836	1277	1466	1653	2336	2330
25	122	400	330	499	535	573	809	778	854	1304	1498	1689	2385	2379

Примечание: В данной таблице значения $\Delta\delta g$ положительны и одинаковы по величине как для положительных, так и для отрицательных, но равных по абсолютным значениям превышений h.

При необходимости таблицы могут быть продолжены путем вычислений по формуле $\Delta\delta g = \frac{0{,}0418\sigma}{n}\left(r_e - r_i - \sqrt{r_e^2 + h^2} + \sqrt{r_i^2 + h^2}\right)$,

где r_e — внешний радиус зоны, r_i — внутренний радиус зоны.

№ зон	Зоны							
	20		21		22		23	
	Число отделений n							
$\Delta\delta g$	16		16		16		16	
	Превышения							
	$-h$	$+h$	$-h$	$+h$	$-h$	$+h$	$-h$	$+h$
0								
1	300	520	360	900	470	1400	230	2650
2	540	780	760	1320	740	1890	580	3010
3	730	980	1080	1610	1050	2170	890	3300
4	880	1130	1320	1820	1300	2420	1150	
5	1010	1260	1520	2030	1530	2640	1370	
6	1120	1380	1680	2190	1730	2830	1580	
7	1230	1480	1840	2380	1910	3050	1780	
8	1330	1570	1990	2530	2080		1970	
9	1430	1670	2150	2670	2250		2140	
10	1520	1770	2290	2800	2420		2320	
11	1590	1860	2420		2570		2470	
12	1670	1940	2550		2720		2620	
13	1750	2010	2680		2860		2760	
14	1830	2080	2780					
15	1910	2160						
16	1970	2230						
17	2040	2290						
18	2110	2350						
19	2160	2420						
20	2220	2480						
21	2280							
22	2330							
23	2390							
24	2450							

Обозначения: $\Delta\delta g$ — доля поправки δg, обусловленная влиянием рельефа одного отделения зоны и выраженная в 0,01 миллигала;

n — число отделений в зоне;

h — превышение средней высоты отделения зоны относительно исследуемой точки, выраженное в метрах.

ПРИЛОЖЕНИЕ 20
(Образец титульного листа)

ПРЕДПРИЯТИЕ № 6
ГЛАВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

ВЕДОМОСТЬ ПРЕВЫШЕНИЙ И ВЫСОТ ПУНКТОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ IV КЛАССА

объект «Ивановский»

6—285

1-я рука

Начальник цеха *Петров*

Бригадир *Иванов*

1965

Пояснение (образец)
к ведомости превышений и высот пунктов нивелирования

Ведомость содержит превышения и высоты пунктов нивелирования на объекте «Ивановский» (6—285), выполненного в 1964 г. Предприятием № 6. Высоты даны в Балтийской системе.

Объект расположен на территории Павлодарской области Казахской ССР в полигоне 101 государственной нивелирной сети и ограничен меридианами 41°00′ и 41°30′ в. д. и параллелями 60°20′ и 60°40′ с. ш.

Нивелирование выполнено в соответствии с требованиями «Инструкции по нивелированию I, II, III и IV классов», изд. 1959 г.

Объем выполненных работ:

закладка грунтовых реперов — 40;

нивелирование IV класса — 406 *пог. км.*

На территории объекта ранее были проложены следующие нивелировки (см. «Схему расположения работ прежних лет»).

А. Работы, реперы которых послужили исходными:

Работа № 1. Нивелирование I класса по линии Петрово-Щербаково (М-316), выполненное в 1955—1956 гг. Предприятием № 7.

Работа выполнена в соответствии с требованиями «Инструкции по нивелированию I, II, III и IV классов», изд. 1955 г.

Средние квадратические ошибки на 1 *км* хода:

1. Вычисленные по разностям превышений левой и правой нивелировок:

случайная

$$\eta = \pm 0{,}27 \text{ мм},$$

систематическая

$$\sigma = 0{,}00 \text{ мм}.$$

2. Вычисленные по разностям превышений прямого и обратного ходов:

случайная

$$\eta = \pm 0{,}62 \text{ мм},$$

систематическая

$$\sigma = \pm 0{,}03 \text{ мм}.$$

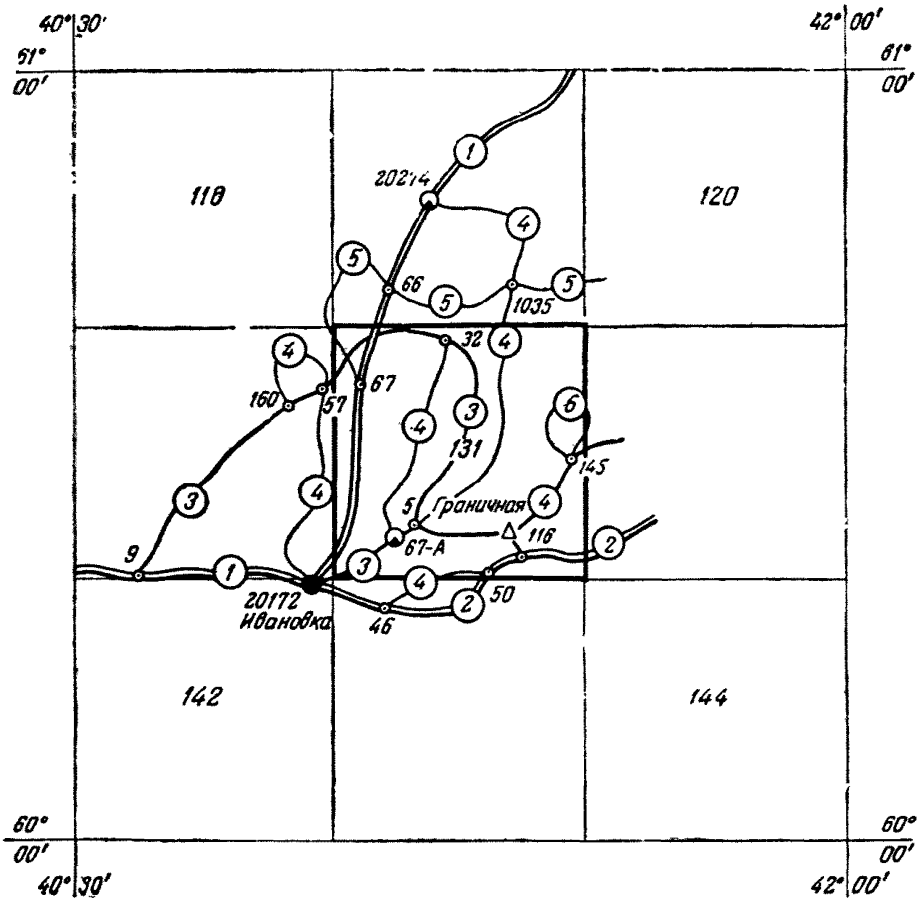
Пункты на местности закреплены фундаментальными, стенными и грунтовыми реперами.

Высоты пунктов приведены в «Каталоге предварительных высот марок и реперов нивелирования I класса по линии Петрово-Щербаково (М-316)», составленном в 1957 г. Предприятием № 7.

Работа № 2. Нивелирование II класса по линии Ивановка — Трубное на объекте «Каменский» (К-334), выполненное в 1956 г. Предприятием № 6.

Работа выполнена в соответствии с требованиями «Инструкции по нивелированию I, II, III и IV классов» изд. 1955 г.

Схема
расположения работ прежних лет
Р-37



Условные знаки

- Нивелирная линия I класса
- » » II класса
- » » III класса
- » » IV класса
- Граница объекта
- Марка
- Стенной репер
- Грунтовый репер
- Пункт триангуляции
- (5) Номер работы

Средние квадратические ошибки на 1 *км* хода:
случайная

$$\eta = \pm 1{,}5 \text{ мм},$$

систематическая

$$\sigma = \pm 0{,}03 \text{ мм}.$$

Пункты на местности закреплены фундаментальными и грунтовыми реперами.

Высоты пунктов приведены в «Каталоге высот пунктов нивелирования II класса, объект «Каменский» (К-334)», составленном в 1958 г. Предприятием № 6.

Работа № 3. Нивелирование III класса в районе среднего течения реки Кок-Су, выполненное в 1954 г. Ленинградским отделением института Гидроэнергопроект.

Работа выполнена в соответствии с требованиями «Наставления по нивелированию III и IV классов и по высотным теодолитным ходам», изд. 1952 г.

Средние квадратические ошибки на 1 *км* хода:
случайная

$$\eta = \pm 2{,}7 \text{ мм},$$

систематическая

$$\sigma = \pm 0{,}05 \text{ мм},$$

из уравнивания

$$m = \pm 3{,}8 \text{ мм}.$$

Пункты на местности закреплены грунтовыми реперами.

Высоты пунктов приведены в «Каталоге высот нивелирования III класса по реке Кок-Су», составленном в 1956 г. Ленгидэпом.

Б. Работы, полностью или частично включенные в совместное уравнивание с новой нивелировкой.

Работа № 4. Нивелирование IV класса, выполненное в 1939—1940 гг. Предприятием № 12.

Работа выполнена в соответствии с требованиями «Инструкции по нивелированию III, IV и V разрядов», изд. 1937 г.

Пункты на местности закреплены грунтовыми и скальными реперами.

Работа № 5. Нивелирование IV класса на объекте «Жиланды» (К-286), выполненное в 1953 г. Предприятием № 6.

Работа выполнена в соответствии с требованиями «Наставления по нивелированию III и IV классов и высотным теодолитным ходам», изд. 1952 г.

Пункты на местности закреплены грунтовыми реперами.

В совместное уравнивание с новой нивелировкой включены линии: грунт. реп. 1035 — грунт. реп. 5, стен. реп. 20274 — грунт. реп. 1035 работы № 4 и линия грунт. реп. 66 — грунт. реп. 1035 работы № 5.

Высоты пунктов по этим линиям приведены в настоящей ведомости.

В. Работы, не включенные в совместное уравнивание с новой нивелировкой.

Работа № 6. Нивелирование IV класса на участке «Кок-Су» (замкнутый ход от грунт. реп. 145), выполненное в 1957 г. Государственной проектно-изыскательской конторой.

Работа выполнена в соответствии с требованиями «Инструкции по нивелированию I, II, III и IV классов», изд. 1955 г.

Пункты на местности закреплены грунтовыми реперами; включен один пункт триангуляции.

Высоты пунктов приведены в «Техническом отчете по нивелированию IV класса на участке Кок-Су», составленном в 1958 г.

Новые линии нивелирования IV класса закреплены на местности грунтовыми реперами типа 116; в нивелирные ходы включены также пункты триангуляции, закрепленные центрами типов 1 и 3 оп.

При нивелировании применяли нивелиры типа НВ-1 и двусторонние трехметровые деревянные рейки с наименьшим делением на черной и красной сторонах в 1 *см*.

Нивелирование выполнено в одном направлении по способу отсчетов по средней нити.

Обработка нивелирования выполнена в соответствии с требованиями «Инструкции по вычислениям нивелировок».

В качестве исходных при уравнивании использованы высоты пунктов нивелирования работ № 1—3.

Уравнивание систем нивелирных линий с узловыми точками выполнено по способу последовательных приближений с учетом весов отдельных линий.

За веса ходов принимали величины

$$P = \frac{100}{n} \quad \text{или} \quad P = \frac{100}{L},$$

где n — число штативов в линии; L — длина хода в километрах.

Образовавшиеся невязки по отдельным линиям, опирающимся на исходные или узловые точки, распределены в превышения по секциям пропорционально числу штативов.

В результате уравнивания получены:

1. Невязки каждого хода по формуле

$$V = \Sigma h - (H_к - H_н),$$

где Σh — измеренные превышения; $H_к$ и $H_н$ — высоты конечного и начального исходных знаков.

Допустимые невязки ходов вычислены по формуле

$$V_{доп} = \pm 20 \text{ мм} \sqrt{L},$$

где L — длина хода в километрах.

2. Средняя квадратическая ошибка единицы веса по формуле

$$\mu = \sqrt{\frac{[PV^2]}{z - u}},$$

где z — число всех линий в уравненной системе; u — число узловых точек, P — веса линий.

Характеристика нивелирных линий

№ линий	Название линий	Класс	Длина линий в км	Число звеньев	Расстояние между знаками в км		Невязки линий в мм		Средние квадратические ошибки на 1 км хода из уравнивания в мм
					наибольшее	среднее	полученная	допустимая	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Грунт. реп. 66—грунт. реп. 17620	IV	21,5	4	8,0	5,3	—77	±92	22,3
2	Грунт. реп. 67—сигн. 2 кл. Николаевка .	IV	4,4	1	4,4	4,4	—15	42	22,3
3	Грунт. реп. 17620—сигн. 2 кл. Николаевка	IV	10,2	3	5,6	3,4	+39	64	22,3
4	Грунт. реп. 17620—марка 18646	IV	61,9	10	9,8	6,2	—83	157	22,3
5	Сигн. 2 кл. Николаевка—грунт. реп. 17920	IV	5,3	1	5,3	5,3	—40	46	22,3
6	Грунт. реп. 17920—грунт. реп. 4744 . . .	IV	40,2	5	9,6	8,0	+32	126	22,3
7	Грунт. реп. 17920—стен. реп. 20279	IV	8,7	2	5,0	4,4	+45	58	22,3
8	Грунт. реп. 66—грунт. реп. 1167	IV	6,7	2	4,4	3,4	+36	52	
9	Пир. 3 кл. Сабенбай—грунт. реп. 1167 . .	IV	23,1	5	5,5	4,8	+95	96	19,3
10	Стен. реп. 67—А—грунт. реп. 67	IV	36,4	6	10,2	6,1	+133	121	

Принятые сокращения

Принятое сокращение	Полное название
астр.	астрономический
б/№	без. номера
зап.	западный, -ая
зд.	здание
зим.	зимовка

3. Средняя квадратическая ошибка нивелирования на 1 *км* хода по формулам

$$m = \pm \frac{\mu}{10} \sqrt{\frac{[n]}{[L]}} \quad \text{при } P = \frac{100}{n},$$

$$m = \pm \frac{\mu}{10} \quad \text{при } P = \frac{100}{L},$$

где $[n]$ — общее число штативов в уравненной системе; $[L]$ — общая длина уравненных линий в километрах.

Характеристика нивелирных линий приведена в таблице, из которой следует, что две новые линии (№ 10 и 20) имеют недопустимые невязки, остальные удовлетворяют допускам.

Высоты пунктов триангуляции над уровнем моря отнесены к верху центра 1. Если они отнесены к другим точкам, то указано под значениями высот. Под высотами занумерованных марок на пунктах триангуляции записаны номера этих марок.

Контрольные реперы грунтовых реперов помещены вслед за основными. Высоты их отмечены звездочкой *.

ПРИЛОЖЕНИЕ 21

(Образец каталога высот пунктов нивелирования)

ПРЕДПРИЯТИЕ № 6
ГЛАВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

КАТАЛОГ
ВЫСОТ ПУНКТОВ
НИВЕЛИРОВАНИЯ II и III классов

объект «Березняковский»

6—385

Балтийская система высот
(нуль Кронштадского футштока)

Начальник цеха *Петров*

Бригадир *Иванов*

Составила техник *Голубева*

1965

Пояснение к каталогу (образец)

Каталог содержит высоты пунктов нивелирования на территории объекта «Березняковский» (6—385).

Высоты даны в Балтийской системе.

Участок работ расположен в полигоне 103 государственной нивелирной сети.

Перечень работ, включенных в каталог

Работа № 1. Нивелирование II и III классов на объекте «Березняковский» (6—385), выполненное в 1964 г. Предприятием № 6.

Нивелирование выполнено в соответствии с требованиями «Инструкции по нивелированию I, II, III и IV классов», изд. 1963 г.

Объемы работ:

закладка фундаментальных реперов — 2;

закладка грунтовых реперов — 79;

закладка скальных реперов — 8;

нивелирование II класса — 120 *пог. км*;

нивелирование III класса — 445 *пог. км*.

Закрепление на местности нивелирных линий II и III классов выполнено постоянными знаками: фундаментальными — типа 117, грунтовыми — типа 116 и скальными — типа 99 (см. «Чертежи типов центров и реперов»).

При производстве работ применяли: для нивелирования II класса — нивелир народного предприятия «Цейсс» (ГДР) Ni-004 № 6235, трехметровые штриховые рейки с инварной полосой с полусантиметровыми делениями № 1408 и 1409; для нивелирования III класса — нивелиры ЭОМЗ ЦНИИГАиК НА-1 № 17213 и 17282 и НВ-1 № 1568, трехметровые штриховые рейки с инварной полосой и полусантиметровыми делениями и трехметровые деревянные шашечные рейки с делениями на обеих сторонах через 1 *см*.

В качестве переходных точек использованы костыли и башмаки.

Нивелирование II класса выполнено в прямом и обратном направлениях по способу совмещения; нивелирование III класса выполнено в прямом и обратном направлениях по способу совмещения и по способу отсчета по средней нити.

Работа № 2. Нивелирование III и IV классов на объекте «Аягузский» (К-221), выполненное в 1950—1951 гг. Предприятием № 6.

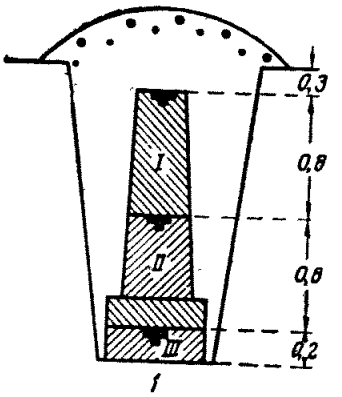
Пункты нивелирования IV класса в каталог не включены.

Нивелирование выполнено в соответствии с требованиями «Наставления по нивелированию III и IV классов и высотным теодолитным ходам», изд. 1946 г.

Пункты на местности закреплены постоянными знаками: грунтовыми — типа 121 и скальными — типа 99. Использованы пункты триангуляции с центром типа I.

Нивелирование III класса выполнено в прямом и обратном направлениях.

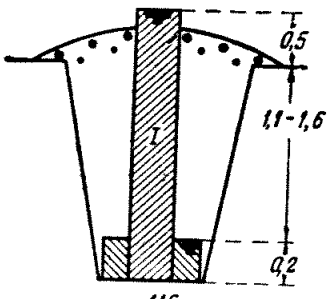
Чертежи типов центров и реперов



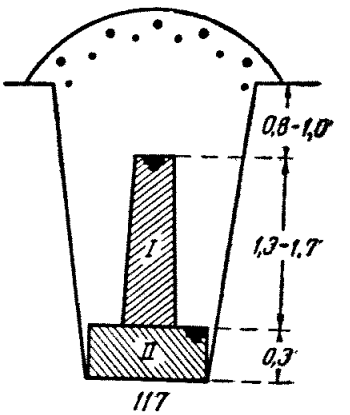
1



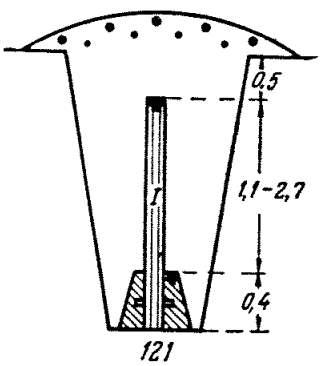
99



116



117



121

Условные знаки


Линия насыпи


Марка


Контур ямы


Железная труба


Скала


Бетон


Железобетон

Работа № 3. Нивелирование III класса на участке Джанибай, выполненное в 1947 г. Геолтехконторой.

Нивелирование выполнено в соответствии с требованиями «Наставления по нивелированию III и IV классов и высотным теодолитным ходам», изд. 1946 г.

Пункты на местности закреплены постоянными знаками: грунтовыми — типа 121 и скальными — типа 99.

Нивелирование выполнено в прямом и обратном направлениях.

Таблица I

Характеристика качества работ

№ работы, название линии	Средние квадратические ошибки на 1 *км* хода в *мм*		
	случайные	систематические	из уравнивания
Нивелирование II класса			
1. Березняки—Ивановка	±1,80	±0,07	
Нивелирование III класса			
1.	1,9	0,12	±2,7
2.	2,3	0,10	2,7
3.	2,2	0,18	2,7

Линия нивелирования II класса Березняки — Ивановка работы № 1 уравнена вставкой между двумя твердыми знаками.

Нивелирные линии III класса всех работ уравнены совместно по способу узлов (приближений).

В качестве исходных при уравнивании служили пункты нивелирования I и II классов прежних лет.

Таблица II

Исходные данные

№ по пор.	Название линии (объекта), класс, год производства, организация, выполнившая работу	Средние квадратические ошибки нивелирования на 1 *км* хода в *мм*		Исходный знак	Высота над уровнем моря в *м*	Источник, откуда выписана высота
		случайная	систематическая			
1	2	3	4	5	6	7
1	Арысь-Новосибирск, I кл., 1956 г., Предприятие № 7	±0,15	±0,002	Грунт. реп. 128	183,344	Каталог предварительных высот марок и реперов нивелирования I класса по линии Арысь-Новосибирск 1957 г.
2	Аягуз-Мулалы, II кл., 1935 г., Всесоюзный трест основных геодезических и гравиметрических работ	0,25	0,03	Грунт. реп. 684	196,785	Каталог высот марок и реперов нивелирования I и II классов (разрядов)

В результате уравнивания установлено:

1. Линия нивелирования III класса от грунт. реп. 186 до ск. реп. 15 работы № 3 имеет недопустимую невязку ($V_{пол} = +102$, $V_{доп} = \pm 52$ *мм*). В связи с этим линия в уравнивании не участвовала и подлежит переводу в IV класс.

2. Линия нивелирования III класса от грунт. реп. 116 до грунт. реп. 124 работы № 2 также имеет недопустимую невязку ($V_{пол} = +48$, $V_{доп} = \pm 46$ *мм*).

Линия в уравнивание включена.

Высоты пунктов триангуляции над уровнем моря отнесены к верху центра 1. На пунктах триангуляции под высотами занумерованных марок даны номера этих марок.

Для пунктов нивелирования по каталогу за № 450, 453, 454 из-за отсутствия сведений высоты контрольных реперов в верхней плоскости монолита не даны.

Высоты пунктов за № 520, 536, 542 расходятся от 0,1 до 0,5 *м* с высотами, подписанными на карте масштаба 1 : 50 000 изд. 1964 г., так как были переуравнены после издания карты.

Высоты в каталоге сгруппированы соответственно порядковому расположению пунктов по линиям, а линии — в порядке их нумерации.

Каждый пункт имеет свой порядковый номер. Звездочкой * обозначены высоты пунктов, определенных из висячих ходов, а также высоты контрольных реперов.

Пункты нивелирования, высоты которых выписаны из «Каталога высот марок и реперов нивелирования I и II классов (разрядов)», имеют порядковые номера (в скобках), присвоенные им в указанном каталоге и порядковые номера данного каталога.

Принятые сокращения

Принятое сокращение	Полное название
вод.	водонапорная
грунт.	грунтовый
ж.-д.	железнодорожный
зд.	здание
пир.	пирамида
с.	селение
сев.	северный, -ая
стен.	стенной
станц.	станция
южн.	южный, -ая

Алфавитный указатель пунктов

Название (номер) пункта, вид знака	№ по каталогу
А	
Авилово, пир.	185
. . . . .	. . . . .
118, грунт. реп.	632
136, грунт. реп.	418
. . . . .	. . . . .
151, марка	42
. . . . .	. . . . .

Список превышений и высот пунктов нивелирования

№ по каталогу	Тип знака, номер (название) пункта, тип центра	Описание местоположения нивелирного знака	Расстояние от начального пункта в *км*	Измеренное превышение в *м*	Поправки в *мм*		Уравненное превышение в *м*	Расхождение между прямым и обратным ходами в *мм*	Высота над уровнем моря в *м*, указание к чему отнесена высота
					за переход к нормальным высотам	из уравнивания			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Линия № 3. Березняки—Ивановка, Нивелирование II класса, 1964 г., Предприятие № 6, Работа № 1									
42	Марка 151	Березняки, станц., вод. башня, южн. сторона	0	—11,1732	—0,8	—0,2	—11,1742	—1,2	185,323
43	Стен. реп. 2161	Березняки, станц., зд. депо, сев. сторона	2,7	—2,4014	—0,7	—0,4	—2,4025	—0,5	174,149
44	Грунт. реп. 2832 Тип 121	Ельдин, с., у юго-зап. угла ограды кладбища	9,8	—1,081					171,746
		Контрольный репер 3183 в верхней плоскости монолита							170,665*
Линия № 21. Грунт. реп. 136 — марка 2085, Нивелирование III класса, 1964 г., Предприятие № 6, Работа № 1									
418	Грунт. реп. 136, Тип 116	Озерный, с., в 3 *км* к югу от него, в 0,3 *км* к сев.-вост. от оз. Травянистое, у пол. стана клх. «Коммунизм»	0	—1,590					192,551

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Контрольный репер 236 в верхней плоскости монолита		+3,682		+3	+3,685	—2	190,961*
419	Сигн. 2 кл., Курманиевка тип 2 оп	Курманиевка, с., в 3 *км* к сев. от него, по дороге в с. Суриково, в 50 *м* от дороги, на бугре	3,3						196,236 марка №113
		Линия № 44. Грунт. реп. 118 — пир. 2 кл. Суриково, Нивелирование III класса, 1964 г., Предприятие № 6, Работа № 1							
632	Грунт. реп. 118, тип. 116	Суриково, с., в 2,5 *км* к вост. от него, в 500 *м* справа от дороги в с. Елино	0						186,322
		Контрольный репер 234 в верхней плоскости монолита		—1,595					184,727*
				+5,678			+5,678	—6	
633	Пир. 2 кл., Суриково, тип. 1 оп	Суриково, с., в 7,5 *км* к вост. от него, в 350 *м* справа от дороги в с. Елино	5,0						192,000* Марка № 16

ПРИЛОЖЕНИЕ 22

КОНТРОЛЬНЫЙ ЛИСТ К КАТАЛОГУ ВЫСОТ ПУНКТОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ НА ОБЪЕКТ_____, ШИФР_____

№ п/п	Наименование процессов работ	Фамилия исполнителя	Подпись, дата
1	Наноска пунктов нивелирования на карту последнего издания		
2	Корректура описаний местоположения нивелирных знаков		
3	Составление схемы нивелирной сети		
4	Проверка схемы нивелирной сети		
5	Сводка схемы с материалами смежных объектов		
6	Установление типов реперов и центров по различным источникам		
7	Установление номера центра и марки, к которым отнесена высота заниивелированного пункта триангуляции		
8	Составление пояснения		
9	Составление списка высот в первую руку		
10	Проверка списка высот во вторую руку		
11	Считка рукописных экземпляров каталога		
12	Сличение высот с подписанными на карте и установление причины расхождения с картой.		
13	Составление алфавитного указателя и его проверка		
14	Считка машинописных экземпляров каталога с рукописным		
15	Считка машинописных экземпляров каталога с ведомостью превышений и высот пунктов нивелирования		
16	Контроль машинописных экземпляров списка высот по формуле: $\Sigma h_{изм} + \Sigma f + \Sigma\Delta = = \Sigma h_{ур} = H_к - H_н$ (для каждой линии)		

Руководитель работ_____
(должность, фамилия, подпись, дата)

ПРИЛОЖЕНИЕ 23

СПИСОК ПРИМЕНЯЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ

Принятое сокращение	Полное название
А	
азим.	азимутный
арт.	артиллерийский, -ая
астр.	астрономический
Б	
б/№	без номера
баз.	базисный, -ая
бол.	большой, -ая
бшн.	башня
быв.	бывший, -ая
В	
в. в. ц.	верх визирного цилиндра
вдкч.	водокачка
верст.	верстовой
верх.	верхний, -яя
ветр.	ветряный, -ая
вин.	винокуренный
внутр.	внутренний, -яя
вод.	водонапорная
вост.	восточный, -ая
вр.	временный, -ая
Г	
глав.	главный
гл. шт.	главный штаб
гор.	город, -ской, -ская
грунт.	грунтовый
Д	
дв. пир.	двойная пирамида
дир.	дирекционный
Ж	
жел.-бет.	железобетонный, -ая
ж.-д.	железнодорожный, -ая
ж. д.	железная дорога
животн.	животноводческий, -ая
З	
зав.	завод, завода
зап.	западный, -ая
зд.	здание
зим.	зимовка

Принятое сокращение	Полное название
И	
изв.	известковый, -ая
им.	имени
К	
кам.	каменный, -ая
кирп.	кирпичный
кл.	класс
клх.	колхоз
км.	километровый
кол.	колокольня
кр.	крест
кст.	костел
куп.	купол
Л	
лесп.	лесопильный, -ого
М	
м.	местечко
мал.	малый, -ая
масл.	маслобойный
меж.	межевой
млн.	мельница
Н	
набл.	наблюдательный, -ая
нив.	нивелирный, -ая
ниж.	нижний, -яя
нов.	новый, -ая
О	
оз.	озеро
ориент.	ориентирный
о. р.	ссновн й ряд
осн.	основание
П	
пив.	пивоваренный
пир.	пирамида
пир.-веха	пирамида-веха
пир.-штатив	пирамида-штатив
пк.	пикет, пикетный
погр.	пограничный, -ая
подземн.	подземный, -ая
пож.	пожарный, -ая

Принятое сокращение	Полное название	Принятое сокращение	Полное название
пол.	полевой	**У**	
полиг.	полигонометрический		
п. п.	пункт полигонометрии	ур.	урочище
Р		**Ф**	
р.	река	фабр.	фабрика
раз.	разъезд	фнд.	фундаментальный
расст.	расстояние		
реп.	репер	**Х**	
С		хут.	хутор
с.	селение	**Ц**	
сах.	сахарный, -ого		
свх.	совхоз	ц.	церковь, церкви
сев.	северный, -ая	цем.	цементный
сев-вост.	северо-восточный, -ая		
сев.-зап.	северо-западный, -ая	**Ч**	
сигн.	сигнал		
сил.	силосная	час.	часовня
ск.	скальный		
сл.	слобода	**Ш**	
сред.	средний, -яя		
станц.	стенной	шар. п. кр.	шар под крестом
стар.	станция	шк.	школа
стен.	старый, -ая		
стб.	столб	**Э**	
Т		элев.	элеватор
текст.	текстильный, -ая	**Ю**	
тлгр.	телеграф		
тлф.	телефон	юго-вост.	юго-восточный, -ая
тр.	труба	юго-зап.	юго-западный, -ая
триг.	тригонометрический	южн.	южный, -ая

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Булаҥже Ю. Д. Михайлов А. А., Парийский Н. Н. Формулы и таблицы для обработки гравиметрических наблюдений. М., Геодезиздат, 1949.

2. Еремеев В. Р. Теория ортометрических, динамических и нормальных высот. Тр. ЦНИИГАиК, вып. 86, М., Геодезиздат, 1951.

3. Еремеев В. Р. и Звонов В. И. О системе высот нивелирной сети. Тр. ЦНИИГАиК, вып. 96, М., Геодезиздат, 1953.

4. Закатов П. С. Курс высшей геодезии. М., изд-во «Недра», 1964.

5. Звонов В. И. О точности нивелировок I класса. Тр. ЦНИИГАиК, вып. 87, М., Геодезиздат, 1952.

6. Инструкция по вычислениям триангуляций и нивелировок. Ч. II. Вычисления нивелировок. М., Геодезиздат, 1951.

7. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов, М., изд-во «Недра», 1966.

8. Ларин Д. А. Об оценке точности нивелирования I класса СССР. «Геодезия и картография», 1965, № 8.

9. Лукавченко П. И. Гравиметрическая разведка на нефть и газ. М., Гостоптехиздат, 1956.

10. Основные положения о государственной геодезической сети СССР, М., Геодезиздат, 1961.

11. Попов В. В. Уравновешивание полигонов. М., Геодезиздат, 1952.

12. Синягина В. И. Анализ результатов нивелирования I класса Советского Союза. Тр. ЦНИИГАиК, вып. 114, М., Геодезиздат, 1957.

13. Справочник геодезиста. Под редакцией В. Д. Большакова и Г. П. Левчука. М., изд-во «Недра», 1966.

14. Чеботарев А. С. Геодезия. Ч. I, изд. 2-е, М., Геодезиздат, 1955.

15. Чеботарев А. С., Селиханович В. Г., Соколов М. Н Геодезия. Ч. II. М., Геодезиздат, 1962.

16. Чеботарев А. С. Оценка точности результатов нивелирования. Тр. ЦНИИГАиК, вып. 85, М., Геодезиздат, 1951.

17. Чеботарев А. С. Способ наименьших квадратов с основами теории вероятностей. М., Геодезиздат, 1958.

18. Энтин И. И. Анализ результатов нивелирования I и II классов. Тр. ЦНИИГАиК, вып. 135, М., Геодезиздат, 1960.

19. Энтин И. И. Высокоточное нивелирование. Тр. ЦНИИГАиК, вып. 111, М., Геодезиздат, 1956.

20. Энтин И. И., Мещерский И. Н. О качестве нивелирования I класса СССР. «Геодезия и картография», 1967, № 9.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
I. Общие положения	3
II. Предварительные вычисления	5
1. Проверка материалов исследования нивелиров и реек	5
2. Проверка и оформление полевых журналов	8
А. Проверка и оформление журналов нивелирования I и II классов	8
Б. Проверка и оформление журналов нивелирования III и IV классов	12
3. Составление ведомости превышений и высот пунктов нивелирования	18
4. Оценка качества нивелирования по разностям измеренных превышений и невязкам полигонов	20
5. Составление и вычерчивание схемы нивелирных линий (сетей), корректура описаний местоположения знаков и вычерчивание типов центров	26
III. Вычисление поправок в превышения за переход к разностям нормальных высот	28
IV. Уравнивание нивелировок	33
1. Общие указания	33
2. Уравнивание одиночной линии между двумя твердыми пунктами	34
3. Уравнивание системы нивелирных линий (полигонов)	35
4. Составление схемы уравнивания нивелирных линий	36
5. Установление весов нивелирных линий	36
6. Уравнивание системы нивелирных линий с одной узловой точкой	36
7. Способ узлов (приближений)	40
8. Способ условных измерений	45
9. Полигонные условия	51
10. Способ посредственных измерений	55
V. Систематизация и оформление материалов	58
VI. Составление каталогов высот пунктов нивелирования	60

ПРИЛОЖЕНИЯ

	Стр. (вклейки)
1. Образец записи в журнале нивелирования I класса	61
2. Образец записи в журнале нивелирования II класса	62
3. Образец записи в журнале нивелирования III класса с рейками, имеющими сантиметровые деления на черной и красной сторонах	66
4. Образец записи в журнале нивелирования III класса с рейками, имеющими сантиметровые деления на черной стороне и 11/10-*см* на красной стороне	68
5. Образец записи в журнале нивелирования IV класса с рейками, имеющими сантиметровые деления на черной и красной сторонах	70
6. Образец записи в журнале нивелирования IV класса с рейками, имеющими сантиметровые деления на черной стороне и 11/10-*см* на красной стороне	72
7. Пример вычисления поправки δg	76

Стр.

8. Пример вычисления разностей нормальных высот в случае, когда аномалии силы тяжести получены по гравиметрической карте в редукции Буге 75
9. Пример вычисления разностей нормальных высот в случае, когда аномалии сил тяжести получены по гравиметрической карте, составленной в неполной топографической редукции 78
10. Ведомость превышений и высот пунктов нивелирования I класса приложение
11. Ведомость превышений и высот пунктов нивелирования II класса приложение
12. Ведомость превышений и высот пунктов нивелирования на узлы связи прил.
13. Ведомость превышений и высот пунктов нивелирования III класса . . 80
14. Ведомость превышений и высот пунктов нивелирования IV класса . . 79
15. Пример вычисления средних квадратических ошибок на 1 *км* хода нивелирования I класса 82
16. Схема нивелирной сети IV класса 84
17. Условные знаки 85
18. Таблица значений нормальной силы тяжести (миллигал) γ_0 86
19. Критические таблицы для учета влияния рельефа при определении поправок за переход к разностям нормальных высот по гравиметрической карте в неполной топографической редукции 87
20. Образец титульного листа и пояснения к ведомости превышений и высот пунктов нивелирования IV класса 89
21. Образец каталога высот пунктов нивелирования 96
22. Контрольный лист к каталогу высот пунктов нивелирования 103
23. Список применяемых сокращений 104

Использованная литература 106

ОБРАЗЕЦ ЗАПИСИ В ЖУРНАЛЕ НИВЕЛИРОВАНИЯ I КЛАССА

Ход: *от марки 2231 до грунт. реп. 57*
Дата: *31 августа 1963 г.* Начало: *16 час 10 мин;* конец: *17 час 45 мин*
Направление хода — *юго-восток*

Условия работы: *изображение — спокойное, отчетливое*
облачность — 10; ветер — тихо
Места установки костылей и штатива: *бровка полотна ж. д.;*
грунт — *песчаный*

№ штативов, № реек	Зарисовка привязок	Температура воздуха	Отсчеты по трем нитям: правая нивелировка з/u′	Отсчеты по трем нитям: правая нивелировка п/d	Отсчеты по трем нитям: левая нивелировка з/u′	Отсчеты по трем нитям: левая нивелировка п/d		Отсчеты по биссектору в 1/2 д м: правая нивелировка, основная шкала Р	Б	дополнительная шкала Р	Б	контроль	Отсчеты по биссектору в 1/2 д м: левая нивелировка, основная шкала Р	Б	дополнительная шкала Р	Б	контроль	Контроль: $\frac{з_п - з_л}{п_п - п_л}$	$\frac{\Delta}{\Sigma\Delta}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
I подв.		11°,6	134 (1)	3321 (6)	131 (15)	3341 (20)	з	3,4 (4)	38 (5)	62,6 (13)	88 (14)		3,4 (18)	38 (19)	62,6 (27)	89 (28)			
—2			339 (2)	3525 (7)	339 (16)	3543 (21)	п	35,2 (9)	99 (10)	94,5 (11)	47 (12)	—2 (35)	35,4 (23)	88 (24)	94,7 (25)	38 (26)	—1 (47)	0,000 (53)	
			545 (3)	3729 (8)	547 (17)	3747 (22)	з—п	—31,8 (29)	—61 (30)	—31,9 (32)	+41 (33)	—2 (36)	—32,0 (41)	—50 (42)	—32,1 (44)	+51 (45)	—1 (48)	—0,190 (54)	
			411 (37)	408 (38)	416 (49)	406 (50)													
			—31,86 (40)	+3/+3 (39)	—32,04 (52)	+10/+10 (51)	u	—31,861 (31)		—31,859 (34)			—32,050 (43)		—32,049 (46)				
2			2959 (6)	2915 (1)	2978 (20)	2868 (15)	з	—31,5 (9)	29 (10)	90,7 (11)	79 (12)		31,7 (23)	18 (24)	90,9 (25)	68 (26)			
2—1			3149 (7)	3102 (2)	3168 (21)	3055 (16)	п	31,0 (4)	78 (5)	90,3 (13)	27 (14)	—1 (35)	30,5 (18)	94 (19)	89,8 (27)	43 (28)	—1 (47)	—0,189 (53)	—1 (55)
			3339 (8)	3292 (3)	3358 (22)	3242 (17)	з—п	+0,5 (29)	—49 (30)	+0,4 (32)	+52 (33)	—3 (36)	+1,2 (41)	—76 (42)	+1,1 (44)	+25 (45)	—2 (48)	+0,484 (54)	—1 (56)
			380 (37)	377 (38)	380 (49)	374 (50)													
	Марка 2231		+0,47 (40)	+3/+6 (39)	+1,13 (52)	+6/+16 (51)	u	+0,451 (31)		+0,452 (34)			+1,124 (43)		+1,125 (46)				
3			2621	2837	2572	2830	з	27,5	4	86,7	57		27,0	21	86,2	70			
1—2			2746	2962	2698	2955	п	29,6	71	88,9	24	0	29,5	97	88,8	47	+1	+0,485	—1
			2870	3087	2821	3080	з—п	—2,1	—67	—2,2	+33	—3	—2,5	—76	—2,6	+23	—1	+0,076	—2
			249	250	249	250													
			+2,16	—1/+5	+2,57	—1/+15	u	—2,167		—2,167			—2,576		—2,577				
4		12°,0	1988	2140	1980	2080	з	23,9	31	83,1	84		23,8	54	83,1	9			
2—1			2388	2541	2380	2481	п	25,4	26	84,6	79	0	24,8	68	84,1	16	—7	+0,076	0
			2789	2943	2781	2882	з—п	—1,5	+5	—1,5	+5	—3	—1,0	—14	—1,0	—7	—8	+0,560	—2
			801	803	801	802													
			—1,53	—2/+3	—1,01	—1/+14	u	—1,495		—1,495			—1,014		—1,007				
5			2346	1565	2290	1585	з	28,5	4	87,7	60		27,9	48	87,1	94			
1—2			2846	2065	2790	2085	п	20,7	10	79,9	60	—6	20,8	96	80,1	46	+4	+0,561	—1
			3346	2565	3290	2585	з—п	+7,8	—6	+7,8	0	—9	+7,1	—48	+7,0	+48	—4	—0,186	—3
			1000	1000	1000	1000													
			+7,81	0/+3	+7,05	0/+14	u	+7,794		+7,800			+7,052		+7,048				
6			2355	2151	2374	2118	з	28,5	95	87,8	46		28,7	83	88,0	31			
2—1			2855	2651	2874	2618	п	26,5	45	85,7	94	—2	26,2	14	85,4	67	+5	—0,186	0
			3355	3151	3374	3120	з—п	+2,0	+50	+2,1	—48	—11	+2,5	+69	+2,6	—36	+1	+0,329	—3
			1000	1000	1000	1002													
			+2,04	0/+3	+2,56	—2/+12	u	+2,050		+2,052			+2,569		+2,564				
7		12°,2	2458	2770	2427	2728	з	29,6	26	88,8	80		29,3	5	88,5	54			
1—2			2958	3270	2927	3228	п	32,7	47	91,9	99	—2	32,3	31	91,5	86	+6	+0,324	+5
			3459	3770	3429	3730	з—п	—3,1	—21	—3,1	—19	—13	—3,0	—26	—3,0	—32	+7	+0,414	+2
			1001	1000	1002	1002													
			—3,12	+1/+4	—3,01	0/+12	u	—3,121		—3,119			—3,026		—3,032				
8			2658	2587	2616	2560	з	31,6	29	90,8	80		31,2	7	90,4	62			
2—1			3158	3088	3116	3061	п	30,9	14	90,1	67	+2	30,6	53	89,9	8	0	+0,420	—6
			3660	3589	3618	3562	з—п	+0,7	+15	+0,7	+13	—11	+0,6	—46	+0,5	+54	+7	+0,260	—4
			1002	1002	1002	1002													
			+0,70	0/+4	+0,55	0/+12	u	+0,715		+0,713			+0,554		+0,554				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9		12°,4	1957	2850	1926	2878	з	24,5	69	83,8	18	−3	24,3	8	83,5	55	+6	+0,262	−2
1—2			2456	3350	2426	3378	п	33,5	49	92,7	95	14	33,8	15	93,0	68	+13	−0,270	−6
			2955	3850	2926	3878	з—п	−9,0	+20	−8,9	−77		−9,5	−7	−9,5	−13			
			998	1000	1000	1000													
			−8,94	−2/+2	−9,52	0/+12	*и*	−8,980		−8,977		−9,507			−9,513				
10			2208	2842	2235	2892	з	27,1	22	86,3	76		27,3	93	86,6				
2—1			2708	3342	2735	3392	п	33,4	66	92,7	16	−4	33,9	67	93,2	46	−6	−0,270	0
			3208	3842	3235	3892	з—п	−6,3	−44	−6,4	+60	−18	−6,6	+26	−6,6	14	+7	−0,500	−6
			1000	1000	1000	1000										+32			
			−6,34	0/+2	−6,57	0/+12	*и*	−6,344		−6,340			−6,574		−6,568				
	Σ (1—10)		7842	7840	7850	7838	Σз	256,1	347	848,3	668		254,6	375	846,9	578			
				+2		+12	Σп	298,9	505	891,3	608		297,8	623	890,5	433	+7		
							Σз—Σп	−42,8	−158	−43,0	+60		−43,2	−248	−43,6	+145			
							Σ*и*												
								−42,958		−42,940		−18	−43,448		−43,455				
11			2380	2038	2430	2088	з	28,8	54	88,0	103		29,3	55	88,6	7			
1—2			2880	2538	2930	2588	п	25,4	22	84,6	74	+3	25,9	28	85,1	80	0	−0,502	+2
			3380	3038	3430	3088	з—п	+3,4	+32	+3,4	+29	−15	+3,4	+27	+3,5	−73	+7	−0,506	−4
			1000	1000	1000	1000													
			+3,42	0/+2	+3,42	0/+12	*и*	+3,432		+3,429			+3,427		+3,427				
12			2727	1993	2778	2081	з	32,3	7	91,5	60		32,8	14	92,0	64			
2—1			3227	2493	3278	2580	п	24,9	81	84,2	25	−9	25,8	44	85,0	92	−2	−0,506	0
			3727	2933	3778	3079	з—п	+7,4	−74	+7,3	+35	−24	+7,0	−30	+7,0	−28	+5	−0,865	−4
			1000	1000	1000	998													
			+7,34	0/+2	+6,98	+2/+14	*и*	+7,326		+7,335			+6 970		+6,972				
13		12°,4	3169	1768	3255	1732	з	36,7	38	95,9	86		37,5	100	96,8	50			
1—2			3669	2268	3755	2232	п	22,7	4	81,9	55	+3	22,3	70	81,6	23	+3	−0,863	−2
			4170	2768	4255	2732	з—п	+14,0	+34	+14,0	+31	−21	+15,2	+30	+15,2	+27	+8	+0,333	−6
			1001	1000	1000	1000													
			+14,01	+1/+3	+15,23	0/+14	*и*	+14,034		+14,031			+15,230		+15,227				
14			3027	3675	2991	3675	з	33,2	97	92,5	47		32,9	61	92,2	10			
2—1			3327	3978	3291	3978	п	39,8	10	99,0	61	+1	39,8	10	99,0	55	−4	+,0336	−3
			3627	4280	3590	3280	з—п	−6,6	+87	−6,5	−14	−20	−6,9	+51	−6,8	−45	+4	+0,003	−9
			600	605	599	605													
			−6,51	−5/−2	−6,87	−6/+8	*и*	−6,513		−6,514			−6,849		−6,845				
	Грунт. реп. 57																		
							Подсчет по секции от марки 2231 до грунт. реп. 57												
			11443	11445	11449	11441	Σз	387,1	543	1216,2	964		387,1	605	1216,5	709			
				−2		+8	Σп	411,7	622	1241,0	823		411,6	775	1241,2	683			
			l = 1,1 *км*	*n* = 14 шт.			Σз—Σп	−24,6	−79	−24,8	+141		−24,5	−170	−24,7	+26			
							Σ*и*	−24,679		−24,659		−20	−24,670		−24,674		+4		
								ср. −24,669 $\left(\frac{1}{2}\,дм\right)$							ср. −24,672 $\left(\frac{1}{2}\,дм\right)$				

Измеренное превышение ——— $h'_{прав} = -1233{,}4$ *мм* $h'_{лев} = -1233{,}6$ *мм*

Поправка за неверность длины среднего метра реек ——— $\delta h = -0{,}1$ *мм* $\delta h = -0{,}1$ *мм*

Исправленное превышение $h_{прав} = -1233{,}5$ $h_{лев} = -1233{,}7$ *мм*

ВЕДОМОСТЬ ПРЕВЫШЕНИЙ И ВЫСОТ ПУНКТОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ I КЛАССА

№ секций	Тип и номер нивелирного знака, тип центра, год закладки	Описание местоположения нивелирного знака	Расстояние в км	Расстояние от начального пункта в км	Дата исполнения прямого / обратного хода	Число штативов прямого / обратного хода	Измеренные превышения прямого хода в мм: правое п	левое л	среднее	Измеренные превышения обратного хода в мм: среднее	правое п	левое л	Разность превышений в мм: (п — л)прям., d_1	(п — л)обр, d_2	$п_{прям} - п_{обр}$, d_3	$л_{прям} - л_{обр}$, d_4	$п_{ср} - л_{ср}$, d_5	(прям. — обр.)ср. d_6	Среднее превышение в м	Поправка за переход к нормальным высотам в мм	Поправка из уравнивания в мм	Уравненное превышение в м	Высота над уровнем моря в м	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
		Линия Жарык-Джусалы, I класс, Предприятие № 7, 1963 г., Казахская жел. дор.																						
	Фнд. реп. 567, тип 140, 1948 г.	№ 27, раз., в 100 *м* к зап. от него, в 40 *м* к вост. от пк. стб. 4/5, 1281 *км*, в 3 *км* к зап. от станц. Жарык	0,1	0,0															−1,074				79,526	Высота выписана из «Каталога высот марок и реперов нивелирования I и II классов (разрядов)», т. II изд. 1950 г. (№ по каталогу 10631) Исп. инж. *Петров Н. Н.*
		Контрольный репер 1007 в фундаменте плиты																					78,452*	
1					29. VIII / 26. VIII	1 / 1	+1332,6	+1333,1	+1332,8	−1334,2 / −1333,6	−1333,9 / −1333,7	−1334,4 / −1333,6	−0,5	+0,2	−1,2	−0,9	−0,4	−1,1	+1,3334	0,0	+0,1	+1,3335		
					30. VIII				ср.	−1333,9	−1333,8	−1334,0												
	Грунт. реп. 22101, тип 116, 1963 г.	№ 27, раз., в 200 *м* к зап. от него, в 30 *м* к зап. от пк. стб. 4/5, 1281 *км*, в 70 *м* к сев. от оси ж.-д. полотна, в 85 *м* к зап. от фнд. рп. 567		0,1															−1,070				80,860 79,790*	
		Контрольный репер 22104 в верхней плоскости монолита	1,9																					
2					24—25. VIII / 23. VIII	20 / 20	−5358,7	−5358,4	−5358,6	+5358,6	+5359,3	+5357,8	−0,3	+1,5	+0,6	−0,6	−0,9	0,0	−5,3586	−0,1	+1,1	−5,3576		
	Марка 0042, 1963 г.	Чилик, станц., зд. вокзала, зап. сторона		2,0																			75,502	
3			6,6 / 6,5		30—31. VIII / 23—25. VIII	67 / 67	+113,0	+114,6	+113,8	−118,8	−119,0	−118,5	−1,6	−0,5	−6,0	−3,9	−0,6	−5,0	+0,1163	0,0	+3,9	+0,1202		Превышение от фнд. реп. 567 до марки 2230 Σh = — 13,8190 *м* $H_к - H_н$ = — 13,8110 *м* $V_{пол}$ = — 8,0 *мм* $V_{доп} = \pm 6\sqrt{L}$ = = ± 22,2 *м* L = 13,7 *км*
	Марка 2231, 1963 г.	Джаланаш, станц., зд. вокзала, сев. сторона		8,6																			75,622	
4			1,1 / 1,2		31. VIII / 25. VIII	14 / 14	−1233,4	−1233,6	−1233,5	+1234,1	+1234,2	+1234,0	+0,2	+0,2	+0,8	+0,4	0,0	+0,6	−1,2338	−0,1	+0,6	−1,2333		
	Грунт. реп. 57, тип. 121, 1941 г.	Байкаш, станц., в 4,5 *км* к зап. от нее, в 350 *м* к зап. от ж.-д. моста на 1291-*м км*		9,8																			74,389	
5			3,9		1—2. IX / 4. IX	39 / 39	−8676,2	−8676,3	−8676,2	+8675,6	+8676,4	+8674,7	+0,1	+1,7	+0,2	−1,6	−0,8	−0,6	−8,6759	−0,2	+2,3	−8,6738		
	Марка 2230, 1944 г.	Кызылжар, станц., в 1,8 *км* к вост. от нее, устой ж.-д. моста, 1297-й *км*		13,7																			65,715	Высота выписана из «Каталога высот марок и реперов нивелирования I и II классов (разрядов)», т. II, изд. 1950 г. (№ по каталогу 10642)
			2,4		3. IX / 5. IX	24 / 24	+5992,0	+5990,3	+5991,2	−5993,0	−5994,4	−5991,6	+1,7	−2,8	−2,2	−1,3	+2,2	−1,8	+5,9921	+0,1	−1,8	+5,9904		
		Итого по звену 1 . .	16,1			165	−7830,7	−7830,3	−7830,5	+7822,6	+7822,7	+7822,4	−0,4	+0,3	−7,8	−7,9	−0,5	−7,9	−7,8265	−0,3	+6,2	−7,8206		
6	Фнд. реп. 493, тип 140, 1963 г.	Кызылжар, станц., в 0,6 *км* к зап. от нее, в 55 *м* к сев.-зап. от пк. стб. 7/8, 1297-й *км*		16,1																			71,705	
		Контрольный репер 12 в фундаменте плиты																	−0,582				71,123*	
		Итого по наблюдениям Петрова	225,2			Σ (7)	Σ (8)	Σ (9)	Σ (10)	Σ (11)	Σ (12)	Σ (13)	Σ (14)	Σ (15)	Σ (16)	Σ (17)	Σ (18)	Σ (19)	Σ (20)	Σ (21)	Σ (22)	Σ (23)		
		Итого по звену XX . . .	Σ (4)			Σ (7)	Σ (8)	Σ (9)	Σ (10)	Σ (11)	Σ (12)	Σ (13)	Σ (14)	Σ (15)	Σ (16)	Σ (17)	Σ (18)	Σ (19)	Σ (20)	Σ (21)	Σ (22)	Σ (23)		
		Всего по линии . . .	501,4	501,4		Σ (7)	Σ (8)	Σ (9)	Σ (10)	Σ (11)	Σ (12)	Σ (13)	Σ (14)	Σ (15)	Σ (16)	Σ (17)	Σ (18)	Σ (19)	Σ (20)	Σ (21)	Σ (22)	Σ (23)		

Примечания: 1. Значком * отмечены высоты знаков, не включенных в ход.
2. Красными чернилами записывают высоты исходных пунктов.

Вычислял: инж. *Петров*
Считали: читал инж. *Петров*
слушал техник *Иванов*
Октябрь 1963 г.

ВЕДОМОСТЬ ПРЕВЫШЕНИЙ И ВЫСОТ ПУНКТОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ II КЛАССА

№ секций	Тип и номер нивелирного знака, тип центра, год закладки	Описание местоположения нивелирного знака	Расстояние в км	Расстояние от начального пункта в км	Дата исполнения прямого / обратного хода	Число штативов прямого / обратного хода	Измеренные превышения в мм: прямой ход	Измеренные превышения в мм: обратный ход	Разность превышений прямого и обратного ходов в мм	Накопление разностей превышений прямого и обратного ходов в мм	Среднее превышение в м	Поправка за переход к нормальным высотам в мм	Поправка из уравнивания в мм	Уравненное превышение в м	Высота над уровнем моря в м	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Линия № 1 Степановка — Мошное, от марки 6187 до фнд. рп. 92														
		Предприятие № 7, 1964 г.														
		№ 44-28-33														
		Исполнитель ст. техник Селиванов Н. Н.														
	Марка 6187, 1940 г.	Степановка, станц., зд. вокзала, южн. сторона		0,0											81,646	Высота выписана из «Каталога высот марок и реперов нивелирования I и II классов (разрядов)», т. II, изд. 1950 г. (№ по каталогу 12184)
1			0,5		2. VIII / 18. VIII	11 / 12	−9496,5	+9489,9	−6,6	−6,6	−9,4932	0,0	0,0	−9,4932		
	Гр. рп. 2008, тип 116, 1964 г.	Степановка, станц., в 0,5 км к вост. от нее, в 0,2 км к сев. от перекрестка дорог с. Тесовка — ст. Степановка и с. Ивановка — с. Кодино		0,5											72,153	
		Контрольный репер 126 в верхней плоскости монолита									−1,432				70,721*	
2			6,0 / 6,1		2. VIII / 18. VIII	56 / 56	+1922,5	−1914,8	+7,7	+1,1	+1,9186	0,0	−0,3	+1,9183		
	Гр. рп. 4258, тип 116, 1964 г.	Степановка, станц., в 6,5 км к вост. от нее, по дороге в с. Тесовка, в 20 м к сев. от дороги		6,5							−1,544				74,071	
		Контрольный репер 128 в верхней плоскости монолита													72,527*	
3			5,8 / 5,9		3. VIII / 16—17. VIII	54 / 54	−1107,6	+1107,4	−0,2	+0,9	−1,1075	0,0	−0,2	−1,1077		
	Гр. рп. 5540, тип 116, 1964 г.	Глазаниха, станц., в 4,9 км к сев.-вост. от нее, по дороге на станц. Мошное, в 30 м к сев. от дороги, в 500 м к вост. от моста через р. Серебрянку		12,4											72,963	
4			1,6		7. VIII / 14. VIII	12 / 12	−3802,6	+3806,1	+3,5	+4,4	−3,8044	0,0	−0,1	−3,8045		
	Фнд. рп. 92, тип 140, 1940 г.	Мошное, станц., в 1,5 км к юго-вост. от нее, в 100 м к сев. от ж.-д. будки									−1,430				69,159	Высота выписана из «Каталога высот марок и реперов нивелирования I и II классов (разрядов)», т. II, изд. 1950 г. (№ по каталогу 13162)
		Контрольный репер б/№ в фундаменте плиты													67,729*	
		Итого по линии . .	14,0	14,0		133 / 134	−12484,2	+12488,6	+4,4	+4,4	−12,4864	0,0	−0,6	−12,4870		

Разность высот исходных данных . . $H_к - H_н = -12{,}4870$ м

Полученная невязка . . . . . $V_{пол} = +0{,}6$ мм

Допустимая невязка . . . . . $V_{доп} = \pm 5$ мм $\sqrt{L} = \pm 18{,}8$ мм

Поправка на 1 км хода . . . . . $-\frac{V}{L} = -0{,}04$ мм

Средние квадратические ошибки нивелирования на 1 км хода:

случайная . . . . . $\eta = \pm 1{,}5$ мм

систематическая . . . . . $\sigma = \pm 0{,}26$ мм

Примечания. 1. Значком * отмечены высоты знаков, не включенных в ход.

2. Красными чернилами записывают высоты исходных пунктов.

3. Значения η и σ выписывают с графика, составленного в соответствии с указаниями § 60.

Вычислял: техник *Петров*

Считал: читал техник *Петров*

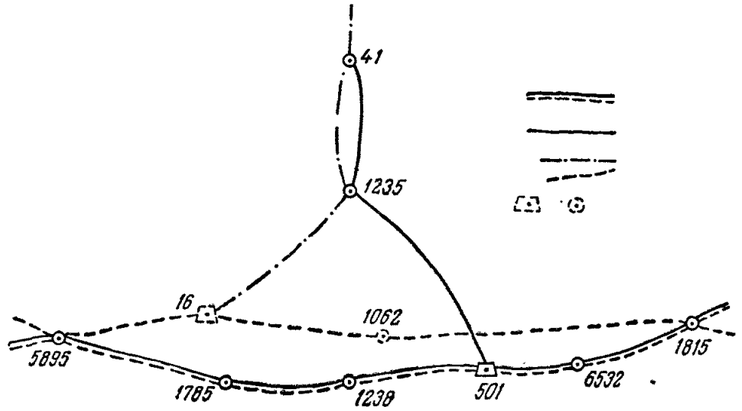
Слушал: ст. техн. *Иванов*

Октябрь 1964 г.

ВЕДОМОСТЬ ПРЕВЫШЕНИЙ И ВЫСОТ ПУНКТОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ НА УЗЛЫ СВЯЗИ

№ секций	Тип и номер нивелирного знака, тип центра, год закладки	Описание местоположения нивелирного знака	Расстояние в км	Расстояние от начального пункта в км	Дата исполнения прямого / обратного хода	Число штативов прямого / обратного хода	Измеренные превышения прямого хода в мм: правое п	Измеренные превышения прямого хода в мм: левое л	Измеренные превышения прямого хода в мм: среднее	Измеренные превышения обратного хода в мм: среднее	Измеренные превышения обратного хода в мм: правое п	Измеренные превышения обратного хода в мм: левое л	Разности превышений в мм: (п — л)прям, d_1	Разности превышений в мм: (п — л)обр, d_2	Разности превышений в мм: $п_{прям} - п_{обр}$, d_3	Разности превышений в мм: $л_{прям} - л_{обр}$, d_4	Разности превышений в мм: $п_{ср} - л_{ср}$, d_5	Разности превышений в мм: (прям — обр)ср, d_6	Среднее превышение в м	Поправка за переход к нормальным высотам в мм	Поправка из уравнивания в мм	Уравненное превышение в м	Высота над уровнем моря в м	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	Грунт. реп. 41, тип 121, 1941 г.	Чилик, станц., в 1,5 км к вост. от нее, по дороге на станц. Жана-Арык, в 20 м к югу от дороги Контрольный репер 2008 в верхней плоскости монолита		0,0																			491,002	Высота выписана из «Каталога высот марок и реперов нивелирования I и II классов (разрядов)», т. II, изд. 1950 г. (№ по каталогу 12136)
																			—1,100*				489,902*	
37_{V_2}			7,6		26—27. VIII 1—3. IX	78 78	+7824,9	+7825,5	+7825,2	—7828,1	—7825,7	—7830,5	—0,6	+4,8	—0,8	—5,0	—2,7	—2,9	+7,8266 +7,8194*	0,0	+1,7	+7,8283		
	Грунт. реп. 1235, тип 121, 1944 г.	Чилик, станц., в 9,0 км к вост. от нее, по дороге на станц. Жана-Арык, в 10 м к югу от дороги Контрольный репер 2002 в верхней плоскости монолита		7,6																			498,830	
																			—1,105*				497,725*	
37_{V_1}			10,1		31. VIII 5—8. IX 28—30. VIII	104 104 104	—5638,7 —5637,9	—5638,1 —5640,5	—5638,4 —5639,2	+5633,9	+5632,8	+5635,0	+1,0	—2,2	—5,5	—4,3	+1,6	—4,9	—5,6364	0,0	+2,1	—5,6343		
						ср.	—5638,3	—5639,3	—5638,8															
	Фнд. реп. 501, тип 140, 1963 г.	Жана-Арык, станц., в 4,5 км к сев.-вост. от нее, на 5 пк, 87-й км ж. д., в 50 м к югу от ж.-д. полотна		17,7																			493,196	Высота выписана из «Ведомости превышений и высот пунктов нивелирования I класса», 1963 г. Линия 12
		Контрольный репер 1516 в плите																	—1,123				492,073*	
		Сумма . . .	17,7				+2186,6	+2186,2	+2186,4	—2194,2	—2192,9	—2195,5	+0,4	+2,6	—6,3	—9,3	—1,1	—7,8	+2,1902	0,0	+3,8	+2,1940		

Привязка и перекрытие по линии нивелирования II класса Жана-Арык — Карсакпай, 1944 г.



Условные обозначения:

Линия нивелирования I класса, 1963 г.

Привязка узлового пункта и перекрытие

Линии нивелирования II класса прежних лет

Уничтоженные знаки

Разность высот исходных данных . . $H_к - H_н = +2,1940$.

Полученная невязка . . . . . $V_{пол} = -3,8$ *мм*.

Допустимые невязки . . . . . $V_{доп} = \pm 9\sqrt{L} = \pm 37,8$ *мм*.

Поправки на 1 км хода . . . . . $-\frac{V}{L} = +0,2$ *мм*.

Разность превышений участка . . $h_{стар} - h_{нов} = -7,2$ *мм*.

Допустимо . . . . . ± 9 *мм* $\sqrt{L} = 9\sqrt{7,6} = \pm 24,8$ *мм*

Вычислял: техник *Петров*
Считали: читал техник *Петров*, слушал ст. техник *Иванов*
Октябрь 1964 г.

Примечание: Значком * отмечены превышения прежних лет.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

gost.e-ecolog.ru