ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
при СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

У К А З А Н И Я
ПО ВЫЧИСЛЕНИЮ СКОРОСТЕЙ СОВРЕМЕННЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО МАТЕРИАЛАМ ПОВТОРНОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

Утверждены Главным
управлением геодезии
и картографии
при Совете Министров
СССР

ОНТИ ЦНИИГАиК
Москва 1974

gost.e-ecolog.ru

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
при СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

У К А З А Н И Я
ПО ВЫЧИСЛЕНИЮ СКОРОСТЕЙ СОВРЕМЕННЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО МАТЕРИАЛАМ ПОВТОРНОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

Утверждены Главным
управлением геодезии
и картографии
при Совете Министров
СССР

ОНТИ ЦНИИГАиК
Москва 1974

УДК 528.I:[528.389:55I.24]

Указания предназначены для практического руководства при вычислении скоростей современных вертикальных движений по результатам повторного нивелирования линий I, II классов и городских сетей.

Составлены в ЦНИИГАиК И.Н.Мещерским и В.Е.Торчинским.

После окончания работ по повторному нивелированию линий государственного нивелирования I и II классов, а также повторному нивелированию сети города необходимо сопоставить результаты, полученные в разные годы, и вычислить скорости вертикальных движений. Итогом такого сравнения являются: "Ведомость сопоставления результатов нивелирования разных лет по линии или объекту", "График скоростей современных вертикальных движений по линии" или "Карта скоростей современных вертикальных движений по объекту" и "Каталог среднегодовых скоростей вертикальных движений знаков".

I. Сопоставление результатов повторного нивелирования на линиях I и II классов.

Прежде чем приступить к сопоставлению результатов повторного нивелирования I и II классов, необходимо тщательно изучить все имеющиеся материалы на данной линии, полученные в разные годы разными организациями. Такими материалами являются: ведомости превышений, отчёты организаций, выполнявших работы на данной линии или объекте, а также опубликованные и неопубликованные каталоги высот марок и реперов.

При сопоставлении результатов нивелирования в первую очередь используют ведомости превышений и только при их отсутствии можно выбирать данные, приведенные в отчётах и каталогах.

При вычислении и оформлении результатов следует руководствоваться "Инструкцией по вычислению нивелировок", М., "Недра", 1971.

Все вычисления выполняют "в две руки" с обязательной считкой. Расхождения результатов вычислений недопустимы. Все записи должны быть ясными и четкими, числа следует писать с интервалами, отделяющими разряды. Исправление вычислений следует делать аккуратно, путем срезки ошибочной части. На каждом вычислительном

документе должна быть подпись вычислителя и дата вычислений. Сличка материалов фиксируется подписями обоих исполнителей.

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

Прежде чем приступить к сопоставлению результатов нивелирования, находят все знаки, которые нивелировались два раза и более. В ведомость включают все знаки, независимо от типа, года закладки и сохранности, а также футштоки, мореографы и водомерные посты.

Сопоставление результатов повторного нивелирования производят в "Ведомости сопоставления результатов нивелирования разных лет по линии или объекту". В первую графу ведомости выписывают порядковый номер знака (приложение I). Во вторую графу - номер или название знака, год закладки и тип. В третьей графе дают описание местоположения знака. Описание берут из ведомости последнего нивелирования. В графу 4 выписывают расстояние между смежными знаками с точностью 0,I км. Расстояния между смежными сохранившимися знаками при первом и втором нивелированиях могут различаться, в этих случаях в ведомость выписывают среднюю длину. Если расхождения в длинах большие, то должно быть дано объяснение: например, линии нивелирования идут по разным трассам.

Затем вычисляют расстояния от первого до всех остальных знаков линии (графа 5). Расстояние между первым и последним знаками является длиной линии повторного нивелирования.

В графы 6 и 7 выписывают значения измеренных превышений в метрах $h_{нов}$ и $h_{стар}$ между одноименными знаками, полученные при повторном и первом нивелированиях. В случае, если на данной линии было проведено три и более нивелирований, то "Ведомость сопоставления результатов нивелирования разных лет" составляется отдельно для каждой пары нивелирований.

На линиях повторного нивелирования, если первое и второе нивелирования выполнялись по программе I или II классов, превышения выписывают с точностью до 0,I мм. Если же первое нивелирование было выполнено более грубо или если превышения первого нивелирования известны с точностью I мм, то оба превышения выписываются с точностью до I мм. Выписанные в ведомость превышения должны быть исправлены лишь поправками за среднюю длину метра комплекта реек. Поправки за переход к нормальным высотам или ортометрические поправки и поправки за уравнивание вводить не следует.

В графу 8 выписывают разности между превышениями, полученными при повторном и первом нивелированиях, по формуле:

$$\Delta h = h_{нов} - h_{стар}, \qquad (I)$$

где $h_{нов}$ и $h_{стар}$ - значения измеренных превышений между сохранившимися знаками, полученные при повторном и первом нивелированиях.

Подсчитывают накопление этих разностей $\Sigma \Delta h$ по линии нивелирования относительно первого знака и выписывают их в графу 9.

Вычисляют и выписывают в графу IO интервал времени между повторными нивелированиями ΔT:

$$\Delta T = T_{нов} - T_{стар}, \qquad (2)$$

где Т нов - год последнего нивелирования,

Тстар - год первого нивелирования.

В случае, если одно из нивелирований выполнялось на протяжении нескольких лет, а точное время измерений на данной секции установить невозможно, то вычисляют среднюю дату с точностью до одного года. Вычисляют скорости современных движений между смежными знаками по формуле:

$$\Delta V = \frac{\Delta h}{\Delta T}, \qquad (3)$$

здесь $\Delta h = h_{нов} - h_{стар}$,

ΔT - интервал времени между повторными нивелированиями. Скорости вертикальных движений вычисляют с точностью 0,0I мм/год или 0,I мм/год, если превышения известны с точностью соответственно 0,I мм и I мм. Результаты вычислений записывают в графу II.

В последней графе ведомости подсчитывают накопления скоростей $\Sigma \Delta V$ по линии относительно первого знака.

В конце "Ведомости сопоставления результатов нивелирования разных лет" приводят результаты сопоставления превышений в узлах. Образец записи дан в приложении 2. Для каждого узла приводят упрощенную схему, на которой показывают расположение знаков, которые нивелировались два и более раза.

Приводят данные, характеризующие оба нивелирования: протя-

женность линии нивелирования в разные годы, названия и год издания инструкций, по которым выполнялось нивелирование, классы и способы нивелирований, применявшиеся нивелиры и рейки, накопления разностей превышений $d = h_{прямо} - h_{обр.}$ по линии или участку линии, случайные и систематические ошибки и формулы, по которым производились вычисления этих ошибок (приложение 3).

После этого по каждой линии повторного нивелирования I и II классов должен быть составлен "График скоростей современных вертикальных движений по линии". На горизонтальной оси графика в масштабе откладывают расстояния от первого до всех остальных знаков и выписывают их номера. Условными знаками на графике показывают тип знака. Горизонтальный масштаб выбирают в зависимости от длины и числа знаков на линии. Как правило, горизонтальный масштаб - I:200 000 - I:1000 000. По вертикальной оси в масштабе 5:I или10:I откладывают скорости движений отдельных знаков относительно первого. В случае, если два знака находятся на расстоянии меньше чем I км один от другого и скорости их различаются меньше, чем на I мм/год, на график можно выписывать номер только одного знака, а скорость движений показывать среднюю. Подписывают название линии, годы нивелирований, вертикальный и горизонтальный масштабы. Образец графика приведен в приложении 4.

После выполнения всех вычислений и составления графика приступают к составлению "Каталога среднегодовых скоростей вертикальных движений знаков". При составлении каталога следует руководствоваться "Инструкцией по составлению каталогов высот пунктов нивелирования", М., "Недра", I97I. В "Каталоге среднегодовых скоростей вертикальных движений знаков" даются изменения высот знаков относительно начального знака линии и скорости движений всех знаков. Описание местоположения знаков в каталоге дают сокращенное (Приложение 5). В конце каталога приводятся скорости движений знаков в узлах.

II. Сопоставление результатов повторного нивелирования в городах

Для изучения современных вертикальных движений земной поверхности в городах используют результаты повторного нивелирования I, II и IV классов.

Прежде чем приступить к изучению современных вертикальных движений на территории города, следует установить, проходят ли ли-нии или линия повторного государственного нивелирования I и II классов через этот город. При наличии таких линий составляют "Ведомости сопоставления результатов нивелирования разных лет" на участок длиной 70-100 км. Город должен находиться примерно на середине участка. Эти данные позволяют выявить движения территории города относительно окружающей местности. Как правило, участки линий должны оканчиваться фундаментальными реперами. Образец "Графика скоростей современных вертикальных движений на участок линий" приведен в приложении 6.

После выполнения повторного нивелирования сети города так же, как при сопоставлении результатов повторного нивелирования на линиях I и II классов, вначале выявляют все знаки, которые нивелировались два и более раза. Составляют схему старых и новых нивелирных линий города в удобном для работы масштабе, на которой показывают все знаки, нивелировавшиеся повторно.

Особенностью сети повторного нивелирования города является то, что она состоит из коротких линий, которые образуют, как правило, полигоны, при этом нивелирование различных участков сети города может выполняться в разные годы и линии могут идти по разным трассам. Поэтому при составлении "Ведомости сопоставления" следует обращать внимание не только на номера знаков, но и на то, когда и каким классом нивелировалась та или иная секция. Схема сети повторного нивелирования города показана в приложении 7.

После изучения всех имеющихся материалов повторного нивелирования и составления схемы сети приступают к вычислению скоростей вертикальных движений. Вычисления и обработку материалов проводят в том же порядке и той же последовательности, что и при повторном нивелировании на линиях I и II класса. Составляют "Ведомость сопоставления результатов нивелирования разных лет", "Графики скоростей современных вертикальных движений по линиям" и приводят данные, характеризующие точность обоих нивелирований.

После составления "Ведомости сопоставления" и "Графика скоростей современных вертикальных движений по линиям" выполняют анализ результатов повторного нивелирования по невязкам скорос-

тей современных вертикальных движений полигонов и приступают к уравниванию. На схему (приложение 7) выписывают скорости вертикальных движений по линиям между узловыми точками, длины линий в км, невязки скоростей полигонов. "Ведомость сопоставления", "Графики скоростей" и характеристики линий являются основным материалом для отбора линий и знаков, включаемых в сеть повторного нивелирования города. При отборе знаков используют "Графики скоростей". Из общего уравнивания исключают все явно неустойчивые и ненадежные знаки, которые на "Графиках скоростей" образуют "пики", т.е. скорости этих знаков отличаются от скорости расположенных вблизи других знаков более чем на 3 мм/год. Эти знаки желательно осмотреть на местности, сделать заключение о причинах таких изменений скоростей, и о возможности использования их при последующих нивелирных работах в городе.

При отборе линий сети повторного нивелирования следует руководствоваться невязками скоростей современных вертикальных движений для уравнивания полигонов и характеристиками линий нивелирования. Невязки скоростей полигонов подсчитывают суммированием скоростей по линиям. Если в полигонах имеются большие невязки скоростей (больше 5 мм/год), то их уменьшают путем замены одних линий повторного нивелирования другими или путем исключения отдельных линий из сети повторного нивелирования.

При наличии разрывов на линиях повторного нивелирования, т.е. тогда, когда неизвестно значение перемещения в одном из нивелирований, скорости движений в начальной и конечной точках разрыва считаются одинаковыми.

После отбора линий приступают к уравниванию скоростей современных вертикальных движений. Как правило, уравнивание производят на ЭВМ методами посредственных или условных измерений с учётом весов скоростей движений по линиям между узловыми точками.

Одна из устойчивых точек, желательно, общая для нивелирной сети города и для линии повторного нивелирования I или II классов, проходящей через город, и, по возможности, с известной скоростью, принимается за "исходную". Сведения о знаках, имеющих скорости вертикальных движений, расположенных на Европейской территории СССР, могут быть получены в ЦНИИГАиК или выбраны с "Карты совре-

менных вертикальных движений земной коры Восточной Европы" масштаба I:2500 000.

При вычислении весов отдельных линий пользуются формулой:

$$P = \frac{10}{(m_1^2 + m_2^2)\,\ell}\left(\frac{\Delta T}{20}\right)^2, \qquad (4)$$

где m_1 и m_2 - случайные ошибки на I км хода, полученные при первом и втором нивелированиях, ℓ - длина линии повторного нивелирования в км, ΔT - интервал времени между повторными нивелированиями в годах. В случае, если случайные ошибки m_1 и m_2, а также ΔT у всех линий сети повторного нивелирования одни и те же, или если неизвестны значения m_1 и m_2, то вес линий вычисляют по формуле:

$$P = \frac{10}{\ell} \qquad (5)$$

Если линия состоит из нескольких отрезков, пронивелированных с разной точностью или через разные интервалы времени, то вычисляют общий обратный вес для всей линии:

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{P_1} + \frac{1}{P_2} + \cdots + \frac{1}{P_n}, \qquad (6)$$

где $\frac{1}{P_1}, \frac{1}{P_2} \ldots \frac{1}{P_n}$ - обратный вес каждого отрезка линии.

В результате уравнивания получают вероятнейшие значения скоростей вертикальных движений всех или только узловых точек и значение ошибки единицы веса. Если в результате уравнивания получены значения скоростей только узловых точек, то затем вычисляют скорости вертикальных движений остальных знаков, распределяя невязку пропорционально расстоянию между смежными знаками.

Полученные в результате уравнивания значения скоростей всех знаков наносят на топографическую схему, план или карту в масштабах I:50 000 - I:100 000. Эти данные являются основой для проведения изолиний на "Карте скоростей современных вертикальных движений города". Если сеть города нивелировалась первый раз в течение I-3 лет и второй раз также в течение I-3 лет, а при уравнивании нивелирной сети города оба раза за исходный брали один и тот же репер, отметку которого не изменяли, то для составле-

ния карты можно воспользоваться разностями высот одноименных знаков, полученными при первом и втором уравниваниях.

В этом случае скорости вертикальных движений знаков вычисляют по формуле:

$$V_i = V_{исх.} + \frac{H^i_{нов} - H_{стар}}{\Delta T}, \qquad (6)$$

где V_i – скорость вертикальных движений в точке i,

$V_{исх.}$ – скорость вертикальных движений в исходной точке,

$H_{нов}$ и $H_{стар.}$ отметки точки i, полученные при первом и втором уравниваниях,

ΔT – интервал времени между повторными нивелированиями.

Ш. Перечень материалов, подлежащих сдаче.

"Ведомость сопоставления результатов нивелирования разных лет по линии или объекту", "График скоростей современных вертикальных движений по линии", "Карта скоростей современных вертикальных движений по объекту" являются составной частью отчета по нивелированию и сдаются на хранение согласно "Инструкции по составлению технических отчетов о геодезических, астрономических, гравиметрических и топографических работах".

Принятый ОТК "Каталог среднегодовых скоростей вертикальных движений знаков" вместе с графиками, схемой, на которой показывают расположение нивелирных линий и отдельных местных предметов, данными, характеризующими точность повторного нивелирования, в одном экземпляре направляют в ЦНИИГАиК, а второй оставляют в предприятии для постоянного хранения.

Дополнительные затраты на составление ведомостей, каталогов, графиков и карт должны быть предусмотрены в сметах на нивелирные работы.

Приложение № I

В Е Д О М О С Т Ь

сопоставления результатов нивелирования разных лет по линии Тернополь-Баскунчак

№ пп	Вид, номер, тип нивелирного знака и год закладки	Сокращённое описание местоположения нивелирного знака	Расстояние между знаками /км/	Расстояние от первого знака /км/	Измеренные превышения $h_{нов}$ /м/	Измеренные превышения $h_{стар}$ /м/	Разность превышений Δh /м/	Накопление разностей превышений $\Sigma\Delta h$/м/	Интервал времени ΔT лет	$\Delta V = \frac{h_{нов} - h_{стар}}{\Delta T}$ мм/год	$V = \Sigma\Delta V$ мм/год
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
I.	Фунд. реп.249 1935 г.	Тернополь, станция, в I,4 км к ю.в. от неё		0,0				0,0000			0,00
			0,8		-I6,0077	-I6,0057	-0,0020		2I	-0,I0	
2.	Марка б/№ 1935г.	Тернополь, город, ул.Островского 89		0,8				-0,0020			-0,I0
			2,I		- I,2458	- I,2469	+0,00II		2I	+0,05	
3.	Марка б/№	Тернополь, город, ул.Львовская		2,9				-0,0009			-0,05
			9,5		-3,3804	-3,3664	-0,0I40		I2	-I,I7	
4.	Гр.реп. 3481 1945 г.	Шлахтинцы, станция, в 0,I км к с.в. от неё		I2,4				-0,0I49			-I,22
			8,2		+65,7070	+65,7040	+0,0030		I2	+0,25	
5.	Фунд. реп.27I3 1945 г.	Збараж, станция, в 7,5 км к ю.в. от неё		20,6				-0,0II9			-0,97

Приложение № 2

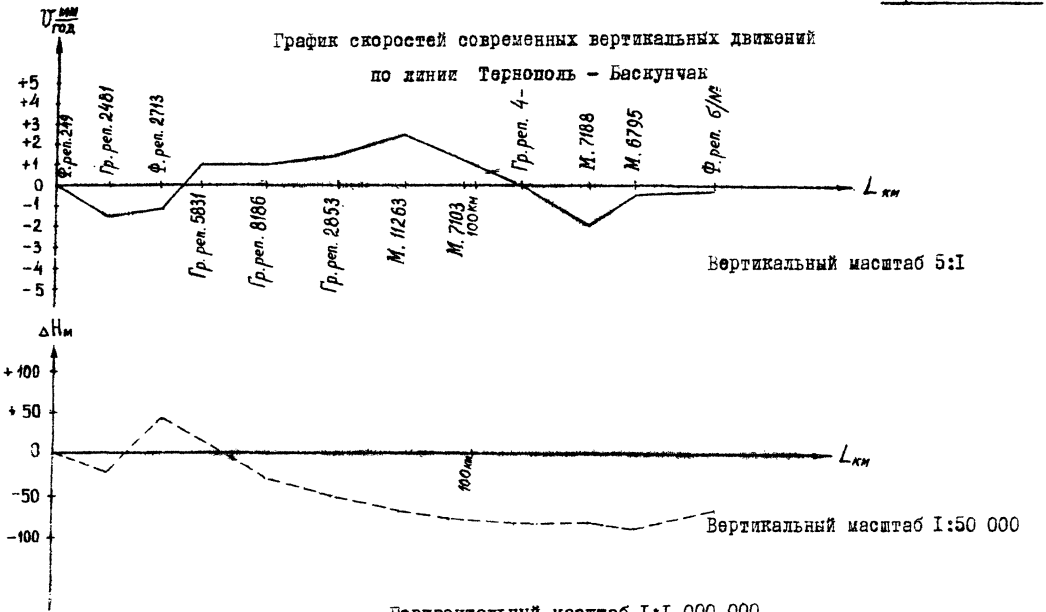
УЗЕЛ ТЕРНОПОЛЬ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
					1956 г.	1945 г.						
1	Фунд.реп. 249 1935 г.	Тернополь, станция, в 1,4 км к ю.в.	4,1	0,0	+13,0944	+13,1022	-0,0078	0,0	II	-0,71	0,0	Тернополь-Баскунчак, I. класс, МИПС, 1956 г.
				4,1				-0,0078			-0,71	
2	Марка 1975 1945	221 км м.д.	8,4		-8,3096	-8,3099	+0,0003		II	+0,03		
3	Марка 3019 1927 г.	230 км м.д.		12,5				-0,0075			-0,68	

Линия Тернополь - Баскунчак

Длина линии (км)	Год работ	Инструкция и год её издания	Класс нивелирования	Тип нивелира	Тип реек	Способ нивелирования	Накопление разностей (мм)	Случ. ош. η мм/км	Систем. ош. θ мм/км	Формулы, по которым вычисл ошибки
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
			Участок Тернополь - Лепесовка							
81,3	1946	Инструкция по нивелированию II класса. М.,1946	II	Гильдебранд	Деревянные шашечные	I-й способ трёх нитей	-	±1,75	±0,05	Лалле-мана
81,6	1958	Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов. М., 1955	I	Цейсс А	Инварные	Совмещения	-15,3	±0,59	±0,10	Ларине-Звонова

График скоростей современных вертикальных движений по линии Тернополь – Баскунчак



Горизонтальный масштаб I:I 000 000

Условные обозначения: _____ линия скоростей вертикальных движений знаков

– – – – – профиль местности

Приложение № 5.

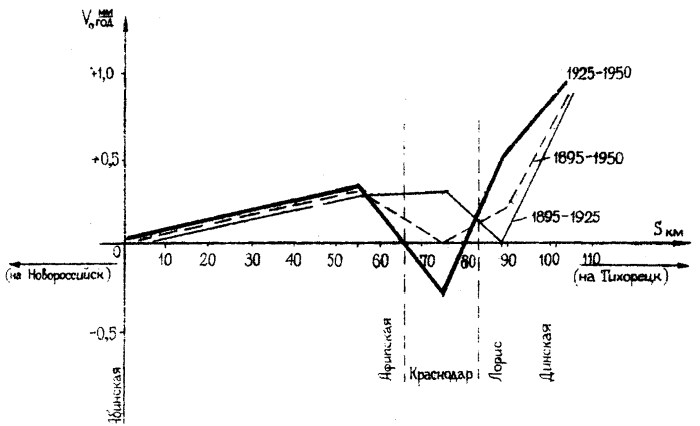
КАТАЛОГ СРЕДНЕГОДОВЫХ СКОРОСТЕЙ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗНАКОВ

№№ п.п.	Вид, №, тип знака и год закладки	Местоположение нивелирного знака (сокращенное)	Расстояния в км от начального знака	Накопление разностей превышений Σh (мм)	$V = \Sigma \Delta V$ мм/год
I	2	3	4	5	6
		Тернополь-Баскунчак			
			I935-I956 гг.		
I	Фунд.репер 249 I935 г.	Тернополь, станция	0,0	0,0	0,00
2	Марка б/№ I935 г.	Тернополь, город	0,8	-2,0	-0,I0
			I946 - I958 гг.		
3	Марка б/№	Тернополь, город	2,9	-0,9	-0,05
4	Гр.репер 2481 I945 г.	Шлехтинцы, станция	I2,4	-I4,9	-I,22
5	Фунд.репер 2713 I945 год	Збараж, станция, в 7,5 км к ю.з.от неё	20,6	-II,9	-0,97
6	Марка 0056	Збараж, станция	27,7	+I5,0	+I,27

Приложение № 6

ГРАФИК

скоростей современных вертикальных движений знаков на участке Абинская – Краснодар – Динская по линии Новороссийск – Тихорецкая



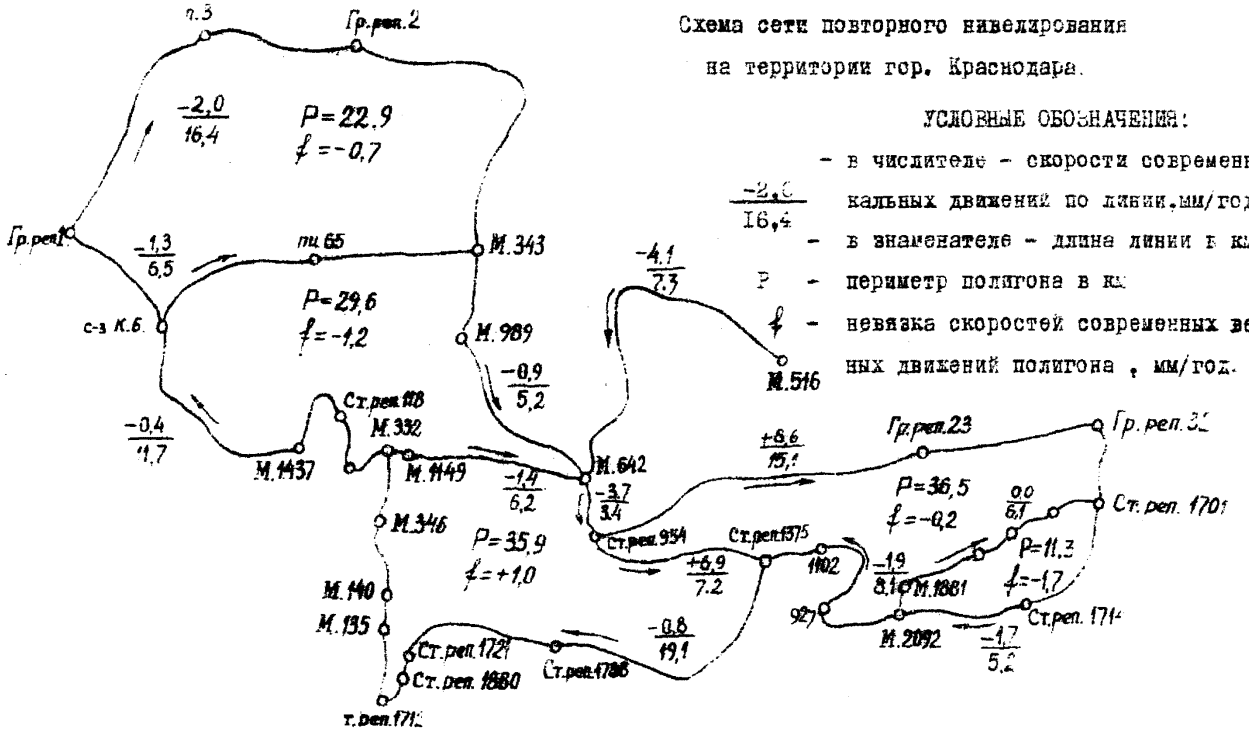


Схема сети повторного нивелирования на территории гор. Краснодара.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

$\frac{-2,0}{16,4}$ – в числителе – скорости современных вертикальных движений по линии, мм/год
в знаменателе – длина линии в км

P – периметр полигона в км

f – невязка скоростей современных вертикальных движений полигона, мм/год.

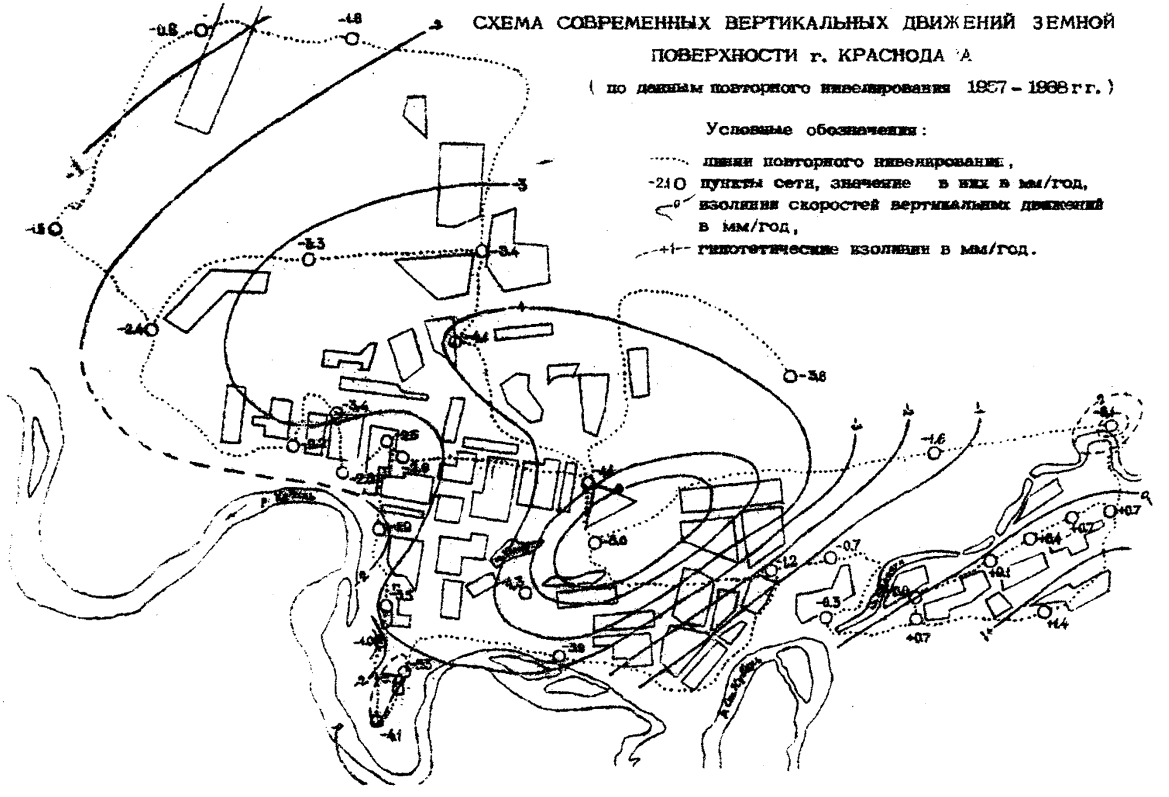


СХЕМА СОВРЕМЕННЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ г. КРАСНОДАРА
(по данным повторного нивелирования 1957 - 1968 гг.)
Условные обозначения:
линии повторного нивелирования,
пункты сети, значение в них в мм/год,
изолинии скоростей вертикальных движений в мм/год,
гипотетические изолинии в мм/год.

Редактор И.Н.Мещерский Корректор Е.Б.Борисова

Подписано в печать 13/VIII-7Уг. Формат 60х90/16. Печ.л.1,25
Уч.-изд.л.1,20 .Тираж 250 .Заказ 852. Бесплатно.

АиК, 125413, Москва, А-413, Онежская, 26.

gost.e-ecolog.ru