

П. В. ПАВЛИВ, З. Р. САВЯК

К ВОПРОСУ УЧЕТА ПОГРЕШНОСТЕЙ, ЗАВИСЯЩИХ ОТ ПРЕВЫШЕНИЙ, ПРИ ВЫСОКОТОЧНОМ НИВЕЛИРОВАНИИ

В советской и иностранной литературе, а также в решениях Международной геодезической ассоциации подчеркивается необходимость дальнейших исследований погрешностей высокоточного нивелирования, накопление которых обусловлено различными факторами. Особую роль в механизме накопления ошибок высокоточного нивелирования играют погрешности, зависящие от превышений, среди которых первое место занимает неточность делений шкал нивелирных реек. Сложность выявления и учета названных погрешностей обусловлена, во-первых, тем, что точность деления и компарирования шкал нивелирных реек меняется и, в первую очередь, под действием температуры. Учет неточности делений шкал нивелирных реек,

а также их изменений представляет собой сложный процесс, а поэтому не всегда удастся достичь желаемых результатов. Исключение указанных погрешностей результатов измерений имеет очень важное значение для повышения точности высокоточного нивелирования и, прежде всего, при изучении современных вертикальных движений земной коры, где наряду с нивелированием, выполненным согласно требованиям действующих инструкций, используют результаты нивелирования предыдущих лет, представленные каталогами отметок. Другие материалы по результатам нивелирования в большинстве случаев не сохраняются.

Современные геодезические инструменты и методика выполнения работ систематически совершенствуются, что дает возможность по результатам повторного нивелирования, разработав определенную методику, выявлять и исключать ошибки предыдущих нивелировок. Кроме того, есть основания предполагать, что и современные нивелиры и комплекты реек имеют свои, свойственные только им и требующие более полного учета, источники погрешностей, в том числе и зависящих от величины превышений. Анализ проведенных исследований [2] показывает, что для решения поставленной задачи можно применить корреляционный анализ. Изучив корреляционную связь между разностями превышений Δh_τ , полученными из результатов нивелирования между одними и теми же точками в разные периоды или в одно и то же время, но разными комплектами инструментов, и установив степень зависимости этих разностей от величины превышений h , можно в значительной мере учесть и исключить исследуемые погрешности.

Допустив, что между названными величинами существует статистическая корреляционная взаимосвязь, выражаемая уравнением:

$$\Delta h_\tau = a + \tau_h h, \quad (1)$$

и применив ту же обработку исследования, что и в работе [2], можно определить коэффициент τ_h , выражающий величину систематического расхождения 1 м превышения, измеренного двумя различными комплектами инструментов, и a — средне-статистическое значение ошибки на 1 м превышения, зависящей от других факторов. Исключив величину $\tau_h \cdot h$ из соответствующих превышений, можно значительно улучшить результаты измерений.

Предложенная методика использована для обработки результатов нивелирования, выполненного в 1974 г. по программе 1-го класса комплектами инструментов $Ni\ 004$, $Ni\ 007$ и $Ni\ 002$ на полигоне Павлово [1]. Так как при помощи трех инструментов $Ni\ 004$ нивелирование указанного полигона выполнено 7 раз, точность результатов значительно выше по сравнению с нивелированием, соответственно выполненным 3 и 5 раз комплектами $Ni\ 007$ и $Ni\ 002$. Таким образом, есть основание

Приведение измеренных превышений к эталонным

Число станций, L , км	Средние превышения, полученные нивелирами, м			Δh_z		Превышения, приведенные к эталонным		Δh_z	
	Ni 004	Ni 007	Ni 002	Ni 007	Ni 002	Ni 007	Ni 002	Ni 007	Ni 002
$\frac{14}{0,65}$	+7,07888	+7,07849	+7,07850	-0,39	-0,38	+7,07874	+7,07929	+0,14	+0,41
$\frac{12}{0,51}$	+11,35013	+11,34972	+11,34893	-0,41	-1,20	+11,35013	+11,35020	00	-0,07
$\frac{8}{0,36}$	+0,82323	+0,82322	+0,82338	-0,01	+0,15	+0,82325	+0,82347	-0,02	-0,24
$\frac{10}{0,47}$	-4,11149	-4,11145	-4,11137	+0,04	+0,12	-4,11160	-4,11183	-0,11	-0,34
$\frac{12}{0,55}$	-9,19337	-9,19319	-9,19294	+0,18	+0,43	-9,19352	-9,19397	-0,15	-0,60
$\frac{10}{0,45}$	-5,94690	-5,94668	-5,94674 [$\Delta h_z \Delta h_z$] m	+0,22 +0,4027 $\pm 0,26$	-0,16 1,8318 $\pm 0,55$	-5,94689	-5,94740	0,0547 $\pm 0,09$	-0,50 0,9562 $\pm 0,40$

считать нивелирование, выполненное инструментами *Ni 004*, эталонным. Обработка отклонений Δh_t от эталонных значений превышений h , полученных в результате нивелирования тех же участков комплектами инструментов *Ni 007* и *Ni 002*, выполнена рекомендованным в работе [2] способом.

Ниже приведены параметры корреляционной связи между Δh_t и h , полученные в результате такой обработки:

для комплекта *Ni 007* — $r_1 = 0,77$; $\tau_h = +0,036$; $a = -0,02$;

для комплекта *Ni 002* — $r_1 = 0,91$; $\tau_h = +0,112$; $a = -0,36$,

где r_1 и τ_h — коэффициенты корреляции и регрессии.

Как видим, между разностью Δh_t и величиной превышения h в рассматриваемых случаях существует явная корреляционная связь, которая близка к функциональной. Поэтому есть основания принять коэффициенты регрессии τ_h за значения систематических величин отклонений на 1 м измеренного превышения и соответственно ввести поправки в превышения и, таким образом, в значительной мере ослабить суммарное влияние погрешностей, зависящих от величины превышений. Результаты приведения измеренных превышений к эталонным приведены в таблице.

Анализ значений среднеквадратических отклонений, полученных до и после введения поправок показывает, что таким способом можно значительно улучшить результаты нивелирования.

Примененная выше методика обработки результатов высокоточного нивелирования позволяет глубже анализировать механизм действия и накопления погрешностей, зависящих от разнообразных факторов, полнее их исключить и, таким образом, по-новому подойти к вопросу оценки точности и совершенствования методики выполнения высокоточного нивелирования.

Далее следует отметить, что примененным способом можно исключать ошибки не только из превышений тех участков нивелирных линий, где выполнено повторное нивелирование, но и из превышений других линий, при нивелировании которых применялись идентичная методика и такие же инструменты.

Кроме того, для своевременного выявления инструментальных погрешностей, зависящих от превышений, требования «Приложения 10» действующей инструкции [3] следует дополнить так, чтобы можно было своевременно выявлять степень влияния рассматриваемых погрешностей на результаты нивелирования. Для решения этой задачи необходимо иметь эталонный полигон с превышениями не менее 10 м между надежно закрепленными точками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурилков Т. Първи резултати при измерване с новия компенсаторен нивелир *Ni 002*. — «Изв. Главного управления геодезии и картографии», 1974, № 3 (Болг.).

2. Павлив П. В. Исследование ошибок, зависящих от превышений, при нивелировании вдоль рек. — «Геодезия, картография и аэрофотосъемка», 1966, вып. 5.

3. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. М., «Недра», 1974.

Работа поступила в редколлегию 12 мая 1975 года. Рекомендована кафедрой инженерной геодезии и таксации леса Львовского лесотехнического института.
