

*А. Л. ОСТРОВСКИЙ, И. Н. КМЕТКО, В. О. ЛИТИНСКИЙ*

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ  
ВЫСОКОТОЧНОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ  
НА ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПОЛИГОНАХ И ПРЕЦИЗИОННЫХ  
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТАХ**

В последние годы в связи с организацией на территории СССР ряда стационарных полигонов, призванных следить за мобильностью земной коры, нивелирные работы нуждаются в дальнейшей разработке методики, способствующей достижению максимальной точности. Как известно, нивелирные ходы бывают значительные по протяженности, поэтому даже малые ошибки, тем более ошибки с преобладающей систематической составляющей, вносят в отметки марок и реперов ощутимые искажения. Если предположить, что любая из систематических ошибок или несколько различных систематических ошибок в совокупности могут достичь 0,5 мм на станции и не менять знака входа длиной прибли-

зительно 6 км (ход между рядовыми реперами), то сумма превышений будет искажена систематической ошибкой, равной 30 мм.

Основные ошибки нивелирования, имеющие тенденцию вызывать искажения систематического характера: а) нивелирная рефракция; б) температурные влияния на нивелир и рейки; в) вертикальные перемещения переходных точек и штатива; г) различие освещенности задней и передней реек; д) влияние электромагнитного поля ЛЭП на траекторию визирного луча.

Анализируя известные к настоящему времени методы учета нивелирной рефракции, приходим к выводу, что наиболее эффективными и легко применяемыми в производстве являются:

1) симметричная программа в процессе наблюдений относительно моментов изотермии в приземном слое воздуха [4];

2) учет нивелирной рефракции по колебаниям изображений в период неустойчивой температурной стратификации приземного слоя атмосферы [6].

В солнечную погоду при ориентировании нивелирного хода вдоль параллели односторонние температурные влияния на нивелир (НА-1) вызывают ошибку в измеренном превышении, достигающую в условиях средних широт 0,15 мм на станции, т. е. разность утренних и вечерних превышений равна 0,30 мм [2]. Однако в настоящее время нашей промышленностью выпускаются термостатированные нивелиры, используемые для высокоточного нивелирования (например, нивелиры Н05, Н2), которые практически исключают ошибки в нивелировании за счет температурных влияний на нивелир.

Иначе обстоит дело с температурными влияниями на инварные полоски нивелирных реек. В последние годы для учета ошибок в превышениях, вызываемых разностью температуры инварных полос реек при их компарировании и в процессе нивелирования; неодинаковым нагревом задней и передней реек в процессе полевых работ (особенно при направленности хода вдоль параллели и расположении объектов работ в горах), получены соответствующие формулы для вычисления поправок в результаты измерений и разработана методика их учета. Для введения поправок в измеренные превышения за счет разностей температуры задней и передней реек, применяют термодатчики, измеряющие температуру инварных полос.

Предлагаем элементарную методику нивелирования, позволяющую исключать ошибки, возникающие из-за неравномерного нагрева инварных реек. Для этого при нивелировании на станции обе рейки нужно повернуть в одну и ту же сторону, т. е. свободную рейку повернуть лицевой стороной в ту же сторону, что и рейку, по которой производят отсчетывание. Рассматриваемая ошибка в измеренном превышении будет, таким образом, сведена к минимуму [3].

Рекомендации, касающиеся компенсации или элиминации ошибок измеренных превышений, вызванных вертикальными перемещениями переходных точек и штатива для различных климатических зон СССР, приведены в [7]. Отметим некоторые из них:

начинать нивелирование на нечетной станции с правой, нивелировки, а на четной — с левой. В этом случае возможные ошибки уменьшаются на половину;

в процессе работы реечнику следует весьма аккуратно и однообразно устанавливать рейку на костыль без заметного толчка (особенно это касается повторных установок реек), а также аккуратно передвигаться около костыля и избегать каких-либо ударов о землю вблизи него в радиусе 2...3 м;

при переходе от прямого хода к обратному не только рейки, но и реечники должны меняться местами (учитывая индивидуальные особенности реечников), т. е. реечник с четной рейкой переходит на место реечника с нечетной рейкой и наоборот;

при нивелировании I и II классов не следует снимать рейку с переднего костыля (башмака) во время перехода наблюдателя на следующую станцию.

Ошибки в нивелировании, вызванные систематической неравномерностью освещения шкал реек, изучены экспериментально и рассмотрены в [7]. В среднем значение этой систематической ошибки на измеренное превышение из одной станции невелико ( $\pm 0,02$  мм).

Чтобы избежать в результатах измерений систематических погрешностей, рекомендуем распределять наблюдения симметрично по отношению направления хода к солнцу, чтобы погрешность, вызываемая неравномерным освещением реек, носила случайный характер.

В последние десятилетия в нашей стране прокладываются линии электропередач (ЛЭП) больших мощностей. Световой луч, проходящий в зоне действия электромагнитного поля (ЭМП) как ЛЭП больших мощностей, так и ЛЭП 6...10 кВ, претерпевает искажение своей траектории. По нашим исследованиям [1], превышение, измеренное в зоне влияния ЭМП ЛЭП при силе тока в линии 180...190 А и плечах 50...60 м, искажено на 4,9 мм.

Рекомендуем прокладывать нивелирные ходы на расстоянии не менее 50 м от ЛЭП, а при необходимости ее пересечения ход должен быть перпендикулярным к проводам линии и нивелир нужно устанавливать строго посередине под проводами, тогда искажения прямолинейности визирных лучей на заднюю и переднюю рейки будут взаимно исключаться в разности отсчетов по рейкам.

Специальные съемки показали, что зона действия ЭМП ЛЭП примерно равна 30 м в обе стороны от центрального провода (перпендикулярно к проводам) для ЛЭП 330 кВ и 40 м для ЛЭП 750 кВ.

Много нивелирных линий I, II классов проложено вдоль железных дорог, которые в последние годы электрифицируют. Если не учитывать высказанных замечаний, то результаты повторных нивелировок будут существенно отягощены ошибками, вызываемыми влиянием ЭМП линий на световой луч, а также на компенсаторные приборы (если таковы будут применяться) [9], а расхождения между результатами новых нивелировок и исполненных ранее могут быть неверно интерпретированы, и реальная точность таких сетей будет неизвестна.

При нивелирных ходах небольшой протяженности, требующих точности II класса, рекомендуем использовать комплект — точный нивелир НЗ или НЗК с насадкой, позволяющий смещать визирный луч на 12 мм и шашечные рейки [8].

Исследуя нивелиры, предлагаем учитывать рекомендации, приведенные в [5], а определяя угол  $i$  — брать отсчеты по рейке обычным способом и не устанавливать барабан микрометра на отсчет 50.

Отмеченные рекомендации по производству высокоточного нивелирования на геодинимических полигонах и при высокоточных инженерных работах станут полезными в дальнейших разработках методики повышения его точности, а часть из них можно внести в действующую инструкцию по нивелированию I, II, III и IV классов.

1. Кметко И. Н., Пандул И. С., Литинский В. О. Влияние электромагнитного поля ЛЭП на результаты геометрического нивелирования // Геодезия и картография. 1984. № 1. С. 27—29.
2. Кметко И. Н. Исследования влияния односторонних температурных воздействий на результаты высокоточного нивелирования // Геодезия, картография и аэрофотосъемка. 1969. № 10. С. 9—16.
3. Литинский В. О., Кметко И. Н. Наблюдения за осадками с применением шашечных и инварных реек // Экспресс-информация. Сер. Газовая пром-сть. 1985. Вып. 5. С. 16—17.
4. Островский А. Л., Кметко И. Н., Литинский В. О. Исследование нивелирной рефракции в ходах с затяжным уклоном // Геодезия, картография и аэрофотосъемка. 1982. Вып. 35. С. 85—89.
5. Островский А. Л., Кметко И. Н., Литинский В. О. К исследованию правильности хода фокусирующей линзы высокоточных нивелиров // Геодезия, картография и аэрофотосъемка. 1983. Вып. 38. С. 95—104.
6. Павлив П. В., Стаццишин И. И. Об исключении влияния рефракции при нивелировании // Геодезия и картография. 1979. № 9. С. 23—25.
7. Пандул И. С., Кметко И. Н. О систематических ошибках высокоточного нивелирования в районах многолетней мерзлоты // Геодезия и фотограмметрия. Ростов н/Д. 1981. С. 26—36.
8. Пандул И. С., Кметко И. Н., Литинский В. О. О точности нивелирования способом совмещения с применением шашечных реек // Геодезия и фотограмметрия в горном деле. Свердловск. 1981. С. 17—21.
9. Whalen C. T. Automatic Levels Affected by Magnetic Fields // ACSM Bulletin. 1984. April. P. 17.