

УДК 528.381/385.001.2/571.56.65/

И. С. ПАНДУЛ, И. Н. КМЕТКО

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ УСТОЙЧИВОСТИ НИВЕЛИРНЫХ ШТАТИВОВ И ПЕРЕХОДНЫХ ТОЧЕК В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

В процессе нивелирования в районах многолетней мерзлоты одной из причин возникновения систематических ошибок является вертикальное перемещение штатива и реек. Наблюдения за устойчивостью различных видов переходных точек и разных типов штативов проводились севернее линии Полярного круга в широкой пойме р. Лены и частично в равнинной заполярной тундре. Цель исследований — определить порядок и направленность этих перемещений в условиях арктической зоны многолетней мерзлоты.

1. Наблюдения за устойчивостью штатива. Исследовались стандартные штативы высотой 1,5 м с металлическими наконечниками и высотой до 2 м с роговыми и деревянными наконечниками. Высокие штативы изготовлялись из обычных штативов путем удлинения концов ножек надтачками из сухих березовых брусков. Концы надтачек оставляли неокованными или напрессовывали на них коровьи рога. Делалось это для уменьшения подтаивания мерзлого грунта, так как роговые и деревянные наконечники обладают меньшей теплопроводностью, чем металлические.

Для выполнения исследований нивелир Ni-004 или НА-1 устанавливали в 6 м от грунтового репера и брали отсчет по инварной рейке, установленной на репере, с точностью до 0,1 деления отсчетного барабана. Через 10—15 мин брали второй отсчет. Затем нивелир переставляли в другое место на то же расстояние от репера и повторяли наблюдения. Одна серия наблюдений состоит из 10—15 пар таких отсчетов. Наблюдения серий выполнялись в различных погодных условиях. Результаты исследований сведены в табл. 1. За временной интервал принят двухминутный промежуток времени — среднее время работы инструмента на станции при нивелировании II-го класса.

Из данных таблицы видно, что на мерзлом грунте наиболее интенсивно оседает штатив с металлическими наконечниками.

В одних случаях штатив был устойчивым, в других — выпирался грунтом. При проверке оказалось, что ножки штатива попадали в твердый талый грунт.

Ненарушенный снеговой или моховой покров, сквозь который ножки штатива проходят до мерзлоты, уменьшает степень оседания инструмента. Удаление дерна под ножками стандартного штатива вызывает интенсивное оседание, а при таянии снегов пользоваться такими штативами вообще нельзя (см. табл. 1).

На сухом песчаном грунте оба типа штативов оседают примерно одинаково, но и здесь целесообразно применять штативы с роговыми или деревянными наконечниками. Роговые наконечники предохраняют ножки штатива от преждевременного износа и защищают их во время подтаивания. Приведенные данные показывают, что штатив на мерзлых

и сыпучих грунтах преимущественно оседает. Возникающая вследствие этого ошибка является систематической. Поэтому при производстве нивелирных работ в северных районах страны надо особо строго соблюдать попеременность при визировании: взгляд назад—вперед-назад (нечетная станция) и взгляд вперед—назад-вперед (четная станция). Видимо, стоит подумать об изменении формы записи в журнале применительно к такой методике наблюдений.

Таблица 1

Перемещение штатива на различных грунтах

Грунт участка	Дата наблюдений	Число измерений	Перемещение штатива за 2 мин, мм			Вид штатива
			Наибольшее	Среднее	Наименьшее	
Мерзлый суглинок с ненарушенным моховым покрытием	30 мая	20	-0,004	-0,002	0,000	Удлиненный с деревянными наконечниками
	29 мая	20	-0,103	-0,060	-0,020	Стандартный
Мерзлый суглинок с прожилками льда. Мох под ножками штатива снимался	4 августа	25	-0,024	-0,007	0,000	Удлиненный с деревянными наконечниками
	5 августа	25	-1,847	-0,878	-0,307	Стандартный
Мерзлый иловатый суглинок под 10—15-сантиметровым снежным покровом	18—19—23 мая	130	±0,033	-0,003	0,000	Высокий с роговыми наконечниками
Мерзлый илистый грунт с 10-сантиметровым моховым покрытием	28 июля	30	±0,023	-0,004	±0,003	Высокий с роговыми наконечниками
	30 июля	18	Работать нельзя. Пузырек уровня часто совсем уходит под оправу (12 раз)			Стандартный
Сухой песок (песчаный пляж)	2 августа	16	±0,016	-0,005	±0,004	Высокий с роговыми наконечниками
	1 августа	20	±0,017	-0,007	±0,004	Стандартный

Исследования показали, что высокие штативы повышают устойчивость инструмента; они более удобны в работе, позволяют увеличивать длину плеча на склоне и тем самым сокращать количество станций на наклонных трассах. Высокие штативы (1,9—2,0 м) целесообразно включить в ГОСТ, заменив в них металлические наконечники наконечниками из твердой пластмассы с малым коэффициентом теплопроводности. Головку штатива желательно снабжать шаровой пятой (как в штативе фирмы «Эртель»), что позволит быстрее устанавливать вертикальную ось инструмента в отвесное положение.

Таким образом, на Крайнем Севере следует применять высокие штативы с роговыми или деревянными наконечниками, среднее оседание которых на мерзлом грунте составляет 0,002 мм за 1 мин.

2. Наблюдения за устойчивостью переходных точек. Для выяснения характера изменения положения переходных то-

чек по высоте в условиях многолетней мерзлоты были проведены специальные исследования. В качестве переходных точек были взяты: а) металлические костыли длиной 35—40 см, диаметром 2—4 см, б) деревянные башмаки высотой 10—20 см и диаметром 35—50 см; в) деревянные колья длиной 35 и 70 см, диаметром 9—12 см.

Таблица 2  
Перемещение разных видов переходных точек в различных грунтах

Грунт участка	Вид и размер переходной точки	Дата наблюдений	Число измерений	Изменение положения (мм) через		
				1 мин	3 мин	4 мин
Мерзлый иловатый суглинок под 10—15-сантиметровым снежным покровом	Металлический костыль длиной 35 см; диаметр 2 см	21—23 мая	50	+0,004	+0,004	+0,002
	Деревянный башмак высотой 20 см; диаметр 50 см	21 мая	50	+0,004	+0,008	+0,006
	Деревянный кол длиной 35 см; диаметр 9 см	21 мая	30	0,000	0,000	0,000
	Деревянный кол длиной 70 см; диаметр 12 см	21 мая	30	+0,004	+0,017	+0,013
Мерзлый суглинок под сплошным моховым покрытием	Металлический костыль длиной 40 см; диаметр 4 см	24 мая	50	+0,007	+0,025	+0,029
	Деревянный башмак высотой 10 см; диаметр 35 см	25 мая	50	+0,005	+0,027	+0,034
Мерзлый илистый суглинок с прожилками льда под снежным покрытием	Металлический костыль длиной 40 см; диаметр 4 см	19—28 мая	50	+0,003	+0,011	+0,002
	Деревянный башмак высотой 20 см; диаметр 50 см	18—21 мая	50	-0,011	-0,014	-0,008
Мерзлый илистый суглинок под моховым покрытием	Металлический костыль длиной 35 см; диаметр 2 см	26—27 июля	50	-0,005	+0,001	+0,005
Мерзлый суглинок с прожилками льда. Мох и дерн перед забивкой костыля снимался	Металлический костыль длиной 35 см; диаметр 2 см	6 августа	50	-0,013	-0,010	-0,007
Сухой песок (песчаный пляж)	Металлический костыль длиной 40 см; диаметр 4 см	2 августа	20	-0,045	-0,064	-0,046

Опытные измерения выполнялись теми же инструментами, которые применялись при исследовании вертикальных перемещений штативов. Нивелир на штативе с роговыми или деревянными наконечниками прочно устанавливали на кольях. В 6 м от него забивали костыль (или другой вид переходной точки). По рейке, установленной на переходной

точке, брали отсчет с точностью 0,1 деления барабана микрометра. Через 1 мин брали второй отсчет, после чего рейку снимали с переходной точки. Через 2 мин рейку вновь аккуратно ставили на переходную точку и брали третий, а через 1 мин четвертый отсчет. Затем костыль забивали в другом месте, но на том же расстоянии от инструмента, и повторяли наблюдения. Десять таких наблюдений составляли одну серию. Программа исследований рекомендована ЦНИИГАиК.

Для первых двух видов переходных точек было выполнено в разное время в различных грунтах по пять серий наблюдений; для третьего вида — по три серии. Особое внимание обращалось на тщательную забивку костылей и кольев, на прочную установку башмаков. Деревянные башмаки и колья исследовались только в весенний период (май), до интенсивного снеготаяния.

Результаты исследований представлены в табл. 2. Данные этой таблицы свидетельствуют о том, что все виды исследованных переходных точек преимущественно выпирают в мерзлом грунте и абсолютные величины перемещений невелики. Деревянный кол большего диаметра по сравнению с меньшим сильнее выпирает из мерзлого грунта, что вполне закономерно, забить его в мерзлоту трудно. Это, несмотря на хорошую устойчивость, ограничивает их практическое применение при нивелировании. Деревянные башмаки достаточно устойчивы и удобны в работе.

При предварительном снятии дерна металлические костыли в обнаженной мерзлоте несколько оседают, что можно объяснить подтаиванием под прямым воздействием солнечных лучей. На речных пlesaх, покрытых сухим сыпучим песком, костыли оседают еще больше. Сравнительная однородность данных табл. 2 позволила усреднить их по видам переходных точек и типам грунтов (табл. 3).

Таблица 3

Среднее перемещение переходных точек в различных грунтах

Вид переходной точки и грунт участка	Число измерений	Изменение положения (мм) через		
		1 мин	3 мин	4 мин
Металлический костыль в мерзлом грунте с моховым или снеговым покрытием	200	+0,002	+0,010	+0,009
Металлический костыль в мерзлом грунте со снятым предварительно дерном (обнаженная мерзлота)	50	-0,013	-0,010	-0,007
Металлический костыль в сухом песке	20	-0,045	-0,064	-0,046
Деревянный башмак на мерзлом грунте	150	-0,001	+0,007	+0,011
Деревянный кол в мерзлом грунте	60	+0,002	+0,008	+0,006

Данные табл. 4 показывают, как изменяют положение различные виды переходных точек во время перемещения наблюдателя со станции на станцию. При изменениях, показанных в табл. 4, можно было бы ожидать накопления отрицательных расхождений между превышениями прямого и обратного ходов. Но после анализа 38 линий и участков нивелирования II-го класса, проложенных в разные годы на территории Якутии, выяснилось, что только 14 имеют отрицательные накопления, остальные — положительные. Следовательно, делать окончательно заключение пока преждевременно. Но уже сейчас можно сказать, что в северных условиях для нивелирных трасс надо выбирать участки местности с плотным грунтом.

Итак, в условиях Севера и Северо-востока страны для нивелирных трасс следует выбирать участки местности с наиболее твердым грунтом; заболоченные участки рекомендуется нивелировать в весеннее время по мерзлоте или малооттаявшему грунту.

Необходимо категорически отказаться от использования «временных реперов» (пни деревьев, валуны, устои и перила мостов и т. д.), которые в большей или меньшей степени подвержены перемещениям.

При нивелировании I-го и II-го классов применять только высокие (1,9—2,0 м) штативы с роговыми наконечниками.

Весной по снежному покрову в качестве переходных точек следует применять деревянные башмаки или тонкие металлические костыли длиной 20—25 см; в летнее и осеннее время независимо от характера грунта надо применять металлические костыли длиной 40—45 см.

Таблица 4

Среднее перемещение переходных точек во время перестановки инструмента

Вид переходной точки и грунт участка	Число измерений	Изменение положения рейки, мм		
		стоящей на переходной точке 1 мин	снятой с переходной точки в течение 2 мин	стоящей второй раз на переходной точке 1 мин
Металлический костыль в мерзлом грунте с моховым или снеговым покрытием	200	+0,002	+0,008	-0,001
Металлический костыль в мерзлом грунте со снятым предварительно дерном (обнаженная мерзлота)	50	-0,013	+0,003	+0,003
Металлический костыль в сухом песке	20	-0,045	-0,019	+0,018
Деревянный башмак на мерзлом грунте	150	-0,001	+0,008	+0,004
Деревянный кол в мерзлом грунте	60	+0,002	+0,006	-0,002

Нельзя устанавливать штативы или переходные точки на обнаженную мерзлоту. Ножки штатива или костыль должны проходить до мерзлоты сквозь ненарушенный снеговой или моховой покров. При мощном слое снега или при плотном дерне надо снять этот покров до твердого грунта, установить штатив или костыль и для предохранения от подтаивания грунта ножки штатива или костыль засыпать снегом. В летнее время во избежание смещения почвенного покрова при движении наблюдателя вокруг штатива верхний слой дерна надо снимать лопатой. Ножки штатива (или костыль) установить в углубления и засыпать землей или обложить мхом для предохранения от нагрева.

При производстве нивелирных работ в северных районах необходимо строго соблюдать попеременность при визировании. Для эффективного применения такой методики при нивелировании II-го класса следует пользоваться тремя костылями (третий костыль надо заблаговременно забивать впереди).

Все эти выводы справедливы не только для районов многолетней мерзлоты, но и для других районов страны при выполнении нивелирования зимой.

Работа поступила в редколлегию 10 июня 1971 года. Рекомендована кафедрой геодезии Львовского ордена Ленина политехнического института.