

Таким образом, точность и эффективность нивелирования осадочных марок в стесненных условиях с помощью обычной стеной штриховой рейки значительно снижается в результате уменьшения длины штриха, видимого в поле зрения трубы. Так, при визировании на плоскость рейки под углом, равным $2-3^\circ$, значение погрешности в измеренном превышении составляет 0,26 мм. В случае уклонения рейки от отвесного положения, погрешность увеличивается и достигает 0,36 мм.

Нивелирование осадочных марок в стесненных условиях промышленных предприятий целесообразно проводить с помощью поворотной рейки, снабдив ее круглым уровнем.

Переносная нивелирная рейка позволяет установить инструмент в нужном месте от ряда колонн, повышает точность нивелирования и производительность труда геодезистов, а также увеличивает диапазон измеряемых превышений на станциях по сравнению со шкаловыми марками.

Предложенную конструкцию поворотной рейки можно применять при привязках к стенным маркам, а также в любых других условиях.

Список литературы: 1. *Брайт П. И.* Геодезические методы измерения деформаций оснований и сооружений. — М.: Недра, 1965. 2. *Белоус Н. П.* Исследование влияния внешних условий на геодезические измерения при строительстве промышленных и уникальных сооружений. — Автореф. дис. ...канд. техн. наук. — Л., 1975. 3. *Ганьшин В. Н., Репалов И. М.* Геодезические работы при строительстве и эксплуатации подкрановых путей. — М.: Недра, 1972. 4. *Грузин Н. Е.* Анализ точности и снижение трудоемкости геодезических работ при эксплуатации мостовых электрических кранов. — Автореф. дис. ...канд. техн. наук. Львов, 1972. 5. *Михелев Д. Ш., Рунов И. В., Голубцов А. И.* Геодезические измерения при изучении деформаций крупных инженерных сооружений. — М.: Недра, 1977. 6. Руководство по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений (НИИО и ПС им. Н. М. Герсеванова. — М.: Госстрой, 1975. 7. *Соколов В. И.* Совершенствование геодезических работ на промышленных предприятиях. — Автореф. дис. ...канд. техн. наук, 1974.

Работа поступила в редколлегию 27 апреля 1979 года.

УДК 528.48

Н. Г. ЦАБЕКА

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСЕДАНИЙ НИВЕЛИРНЫХ ШТАТИВОВ НА АСФАЛЬТОВОМ ПОКРЫТИИ

Как известно, на твердых грунтах нивелирные штативы оседают и выпучиваются, на мягких — только выпучиваются, что вносит в измеренные превышения погрешность порядка 0,02... 0,18 мм [4, 6].

Оседание штативов на асфальтовом покрытии в солнечную погоду отмечают многие нивелировщики. Так, в работе [3] рекомендуется для уменьшения оседаний штативов устанавливать их в углубления, пробитые в асфальте. Однако специальных исследований по этому вопросу еще недостаточно.

Поэтому на территории одного из заводов Днепропетровска проведены специальные исследования.

Программой исследования предусматривалось определение величины оседаний нивелирных штативов на асфальтовом покрытии в летнюю солнечную погоду в зависимости от физико-механического состава асфальта, его «свежести», температуры, высоты штатива над асфальтовым покрытием и массы инструмента.

Для этого выбрано два участка с асфальтовым покрытием: площадка у склада и отстойка у цеха, где асфальт уложен с разницей во времени около десяти лет.

Известно, с течением времени асфальт подвергается различным воздействиям как химическим, так атмосферным и механическим, что приводит к его уплотнению и «старению» [2]. Следовательно, асфальтовое покрытие отстойки цеха отличается своей «свежестью» по сравнению с асфальтовым покрытием площадки у склада.

На основании анализа установлено, что асфальт обоих участков содержит битум марки БН-IV, минеральный порошок, песок, а поверхность покрыта щебнем с размером зернин 5...10 мм. Твердость битума определена при помощи иглы пенетromетра и составила на площадке у склада 1,7 мм, а на отстойке у цеха 8,0 мм.

Толщина слоя асфальта соответственно 14 и 9 см.

Исследование оседаний штативов проводилось в мае и июне 1979 г. (продолжительность наблюдений с 7.00 до 19.30) с помощью выверенных нивелиров НА-1 и НЗ и в трех комплексах: утром, в полдень и вечером, с перестановкой штативов в начале каждого комплекса. Приборы в процессе наблюдений защищали от прямых солнечных лучей топографическими зонтами. Параллельно измеряли двумя термометрами температуру асфальта и слоя воздуха на высоте инструмента.

На участках исследовали по четыре нивелирных штатива: три стандартных, деревянных с цельными ножками, и один металлический — раздвижной. Длина деревянных штативов 1,5 и 1,7 м, а масса вместе с приборами 12, 11, 12 и 6 кг. Первые два штатива устанавливали на разной высоте над поверхностью асфальта, третий и четвертый — на высоте, удобной для наблюдений. При этом на кончике ножек третьего штатива во избежание оседаний одевали дисковые ограничители, изготовленные из текстолита в виде круга радиусом 3 см и толщиной 5 мм с вырезанным в центре дисков отверстием по форме острия кончике штатива. Фиксацию дисков на поверхности асфальта производили тремя стопорными винтами.

Методика наблюдений на станции заключалась в одновременном производстве отсчетов четырьмя наблюдателями по штриховой прецизионной рейке, укрепленной на стене здания в 6 м от инструментов. Отсчеты брали сериями по три в серии и через каждые полчаса с точностью до 0,1 деления барабана оптического микрометра и до 0,1 деления шкалы рейки нивелиром НЗ.

Таблица 1

Оседание штативов с приборами (мм) различной массы (кг) при их установке по высоте (h) у цеха

Время	Температура, °C		Масса 12 кг	Масса 11 кг	Масса 12 кг	Масса 6 кг
	асфальта	воздуха	$h_1=0,86$	$h_2=1,54$	штатив с ограничителями $h_3=1,79$	штатив металлический $h_4=1,44$

Утренний комплекс наблюдений

7.30	+14,0	+14,0	0	0	0	0
8.00	15,0	14,8	-0,42	-0,17	+0,010	0
8.30	16,1	15,0	0,71	0,43	-0,060	0
9.00	16,8	16,0	1,04	0,60	+0,010	0
9.30	18,2	17,2	1,33	0,87	+0,014	0
10.00	18,6	18,9	1,53	1,03	0,011	0
10.30	19,0	20,6	1,78	1,38	+0,014	0
11.00	20,00	22,0	2,16	1,65	-0,013	0
11.30	-21,0	+24,0	-2,61	1,99	+0,014	0

Полуденный комплекс наблюдений

11.35	+21,1	+24,1	0	0	0	0
12.00	28,8	25,0	1,91	2,52	-0,070	0
12.30	32,0	26,0	-8,57	6,64	-0,090	0
13.00	36,1	26,4	30,51	13,47	-0,10	-4,0
13.00	37,0	27,3	52,82	19,95	-0,060	-7,5
14.00	37,9	27,3	59,71	24,30	-0,012	-14,5
14.30	38,0	27,3	66,82	26,45	-0,010	-17,5
15.00	40,0	27,4	72,00	27,34	-0,060	-20,5
15.30	40,1	+27,8	-74,85	27,53	-0,080	-21,5

Вечерний комплекс наблюдений

15.35	+41,0	+27,8	0	0	0	0
16.00	+38,0	27,6	-36,25	-6,85	-0,080	-1,0
16.30	32,0	26,2	45,90	12,79	-0,050	1,5
17.00	30,2	26,0	46,06	12,36	-0,030	1,5
17.30	29,0	25,0	46,27	12,27	0	1,5
18.00	27,2	24,2	46,46	12,38	-0,050	1,5
18.30	26,0	24,0	46,52	12,38	+0,020	1,5
19.00	24,0	+23,0	46,52	12,38	+0,020	1,5

Всего на участках получено по двадцать шесть серий отсчетов. Оседание штативов вычисляли по формуле

$$S_i = a_i - a_1, \quad (1)$$

где a_i и a_1 — средние отсчеты i -й и первой серий наблюдения.

вре-
по
ния
рии
ана
иве-

Результаты вычислений S_i приведены в табл. 1, 2. Так как поверхность асфальта нагревалась быстрее, чем слой воздуха на высоте инструмента, проверено наличие корреляционной связи между переменными величинами. Коэффициент корреляции вычисляли из 122 выборок по формуле из работы [1]. Он оказался равным $r=0,89$.

Таблица 2

Оседание штативов с приборами (мм) различной массы (кг) при их установке по высоте (h) на площадке у склада

Время	Температура, °С		Масса 12 кг	Масса 11 кг	Масса 12 кг	Масса 6 кг
	асфальта	воздуха	$h_1=1,11$ м	$h_2=1,54$ м	штатив с ограничителем $h_3=1,43$ м	штатив металлический $h_4=1,44$ м
Утренний комплекс наблюдений						
7.00	+15,3	+14,1	0	0	0	0
7.30	15,9	14,1	-0,48	-0,03	-0,015	0
8.00	18,00	15,3	0,54	0,04	-0,095	0
8.30	19,1	16,2	0,64	0,08	0	0
9.00	20,8	17,2	0,65	0,20	+0,095	+0,50
9.30	22,0	18,5	0,68	0,31	+0,050	0
10.00	24,8	19,3	0,69	0,32	+0,042	+0,50
10.30	25,00	20,1	0,70	0,42	0	+0,50
11.00	26,3	21,0	0,80	0,46	+0,050	0
11.30	+26,3	+21,1	-0,92	-0,48	+0,051	+0,50
Полуденный комплекс наблюдений						
11.35	+26,3	+21,1	0	0	0	0
12.00	26,3	21,2	-0,05	0	+0,013	+0,50
12.30	27,0	22,1	-0,42	0	-0,070	0
13.00	28,3	22,3	1,52	-0,02	-0,089	+0,50
13.30	28,5	23,0	2,24	-0,04	-0,017	+0,50
14.00	28,6	23,1	2,63	0,05	-0,013	+0,50
14.30	30,2	23,1	3,67	0,23	-0,015	+0,50
15.00	30,5	23,1	4,08	0,31	-0,013	+0,50
Вечерний комплекс наблюдений						
15.30	+29,3	+23,0	0	0	0	0
16.00	26,2	23,0	-0,49	-0,40	+0,035	0
16.30	26,0	23,0	0,88	0,44	-0,064	0
17.00	24,2	23,0	1,03	0,48	+0,045	0
17.30	24,0	22,8	1,05	0,48	+0,090	0
18.00	24,0	22,0	1,06	0,50	+0,011	0
18.30	22,0	21,2	1,13	0,52	+0,017	0
19.00	+21,3	+20,7	-1,23	-0,58	+0,025	0

Надежность коэффициента корреляции проверена по критерию В. И. Романовского при $n \geq 50$:

$$\sigma(r) = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

Связь считается установленной, если выполняется условие

$$|r| \geq 3\sigma(r) \quad (3)$$

Так как $(0,89 > 0,09)$, то наличие прямолинейной корреляционной связи между температурой асфальта и слоем воздуха можно считать установленной.

В процессе наблюдений замечено, что штативы, размещенные на неодинаковой высоте над поверхностью асфальта, оседают на разные величины. Для этого рассчитаны усилия ножек штатива на асфальт [5] при высоте установки штативов $h_1 = 0,86$ м и $h_2 = 1,54$ м (рис. 1). Полагая, что ножки в основании

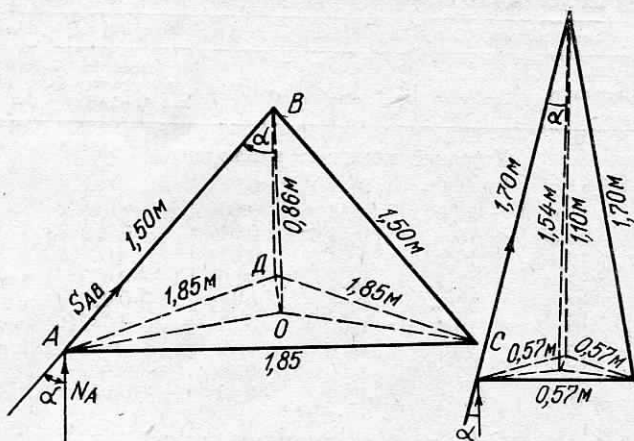


Рис. 1. Расчет усилия ножек штатива на асфальт.

штатива соединены шарнирно, а расстояние на поверхности асфальта между кончиками равно ($AD = DC = CA$), считаем и реакции нормального давления в точках A , C и D также равными и вычисляем по формуле

$$N_i = \frac{P(AB) + P(BC) + P(BD) + P}{3}, \quad (4)$$

где $N_i = N(A) = N(C) = N(D)$ — реакции нормального давления в точках A , C , D ; $P(AB) = P(BC) = P(BD) = 2$ кг — масса ножек штатива; $P = 5$ кг — масса прибора.

Усилие ножек штативов на асфальт определяем по формуле

$$S_i = \frac{N_i}{\cos \alpha}, \quad (5)$$

где α — угол наклона ножек штатива к вертикальной оси инструмента, получаемый из треугольников AOB или BOC , BOC следующим образом:

$$\alpha = \sin B = AO/AB. \quad (6)$$

Считая высоту первого штатива над поверхностью асфальта равной 0,86 м, а второго — 1,54 м, по формулам (4)–(6) по-

лучим следующие результаты: $N_1=3,9$ кг, $\alpha_1=54^\circ 25'$, $S_1=6,7$ кг;
 $N_2=4$ кг, $\alpha_2=24^\circ 41'$, $S_2=4,4$ кг.

Следовательно, усилие штатива на асфальт зависит от его высоты над поверхностью асфальта или угла наклона ножек штатива, т. е. чем меньше высота и наклон ножек, тем будет большим усилие штатива на асфальт и оседание, и наоборот.

Усилие штатива на асфальт можно рассматривать как функцию от переменного угла α :

$$S_i = f(\alpha). \quad (7)$$

В свою очередь, штатив, установленный на дисковых ограничителях, испытывает значительно меньшее оседание. Однако изучить его на дисковых ограничителях с помощью нивелира НА-1 зачастую затруднительно, так как на результаты может влиять внешняя среда.

Для исследования оседания штативов на дисковых ограничителях был изготовлен специальный прибор (рис. 2). Он включает: измерительный механизм 1, в качестве которого использован индикатор с ценой деления равной 0,01 мм; кронштейн 2 с зажимным винтом 3, что позволяет привести подвижную стержень механизма в соприкосновение с ин-

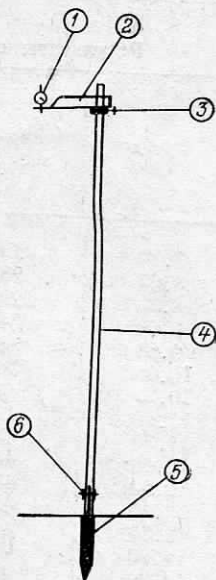


Рис. 2. Прибор для исследования оседания штативов на дисковых ограничителях.

струментом; две раздвижные металлические трубки 4; металлический штырь 5 длиной 40 см, который, прорезая асфальт, забивается в грунт на глубину 30 см, что обеспечивает устойчивость прибора по высоте в процессе испытаний. Металлическая трубка 4 надевается на головку штыря и стопорится винтом 6.

Штативы с дисковыми ограничителями исследовали на отсыпке у цеха, где наблюдается наибольшее размягчение асфальта. Эти исследования должны решить вопрос об эффективности применения дисковых ограничителей к окончательным нивелирным штативам при производстве работ в летнюю солнечную погоду.

Подвижный стержень индикатора приводили в соприкосновение с нивелиром, наблюдатель поочередно стоял у каждой ножки штатива по 15 с. Отсчеты по индикатору и секундомеру брали в начале и в конце подхода к штативу. Затем в соответствии с программой нивелирования II кл. имитировали наблюдения реек для нечетной и четной станций, обходя штатив со стороны одной, а потом — двух ножек с одновременным производством отсчетов по шкале индикатора и секундомера. Временной интервал наблюдений реек — 2 мин.

Результаты приведены в табл. 3, они подтверждают эффективность применения дисковых ограничителей к наконечникам нивелирных штативов.

Анализ данных табл. 1—3 позволяет сделать следующие выводы и дать рекомендации по установкам штативов на асфальтовом покрытии:

1. Оседание нивелирных штативов на асфальтированной поверхности в летнюю солнечную погоду зависит от степени раз-

Таблица 3

Результаты оседаний штативов с дисковыми ограничителями

Время	Температура, °С		Оседание штатива через 45 мм	Программы наблюдений	
	асфальта	воздуха		ЗППЗ	ПЗПЗ
				оседание штатива через двухминутный интервал, мм	
7.30	+25,0	+23,8°	0	0	-0,001
8.00	28,9	26,1	-0,001	0	-0,004
8.30	29,0	26,2	0	0	0
9.00	31,0	28,1	0	-0,004	+0,004
9.30	33,8	28,7	+0,009	0	+0,010
10.00	38,1	31,0	-0,005	-0,012	+0,007
10.30	41,0	35,0	-0,013	0	+0,024
11.00	42,0	36,0	0	-0,007	-0,002
11.30	42,6	36,3	-0,010	+0,011	-0,001
12.00	43,1	36,6	0	0	0
12.30	43,6	37,0	0	0	+0,001
13.00	45,0	37,2	-0,001	0	0
13.30	44,9	37,2	-0,001	-0,003	-0,003
14.00	46,0	38,2	-0,002	-0,001	0
14.30	45,0	38,0	0	0	-0,008
15.00	47,0	38,8	0	+0,010	+0,004
15.30	45,0	35,0	-0,011	0	+0,001
16.00	41,0	34,0	0	0	0
16.30	38,0	32,3	0	0	0
17.00	37,0	32,0	0	0	0
17.30	35,4	31,0	0	0	0
18.00	34,2	30,2	0	0	0
18.30	33,3	29,4	0	0	0
19.00	32,1	29,2	0	0	0
19.30	+30,0	+28,1	0	0	0

мягчения асфальта, его плотности и «свежести», а также от высоты и массы прибора.

2. Наиболее оседают штативы в полуденный период наблюдений.

3. Если за временной интервал принять трехминутный, что соответствует наблюдению пяти осадочных марок в одном направлении, оседание штативов на отмостке у цеха составило $S_1 = -0,69$ мм, $S_2 = -0,33$, $S_4 = -0,24$; на площадке у склада — $S_1 = -0,06$ мм, $S_2 = -0,003$ мм; $S_4 = 0$.

Таким образом, деревянные стандартные штативы с цельными ножками при нагреве асфальта до $+30$ °С на уплотнен-

ных асфальтах можно размещать на асфальтовом покрытии обычным способом и по возможности выше. При нагревании асфальта свыше $+30^{\circ}\text{C}$ штативы необходимо устанавливать на дисковые ограничители. Металлические раздвижные штативы с нивелирами НЗ можно устанавливать обычным способом в течение всего дня.

На «свежих» асфальтах деревянные штативы с цельными ножками при его нагревании до 18°C можно размещать обычным способом, но по возможности выше. При нагреве асфальта свыше $+18^{\circ}\text{C}$ штативы необходимо ставить на дисковые ограничители, а при температурах свыше $+36^{\circ}\text{C}$ нивелирные работы лучше прекращать. Металлические штативы с нивелирами НЗ при температуре асфальта свыше $+32^{\circ}\text{C}$ необходимо устанавливать на дисковые ограничители.

Список литературы: 1. *Большаков В. Д., Гайдаев П. А.* Теория математической обработки геодезических измерений. — М.: Недра, 1977. 2. *Крайнер Г. Д.* Асфальты, битумы и пески. — М.: Промстройиздат, 1952. 3. *Лебедев Н. Н.* Курс инженерной геодезии. — М.: Недра, 1974. 4. *Пандул И. С., Клетко И. Н.* Результаты исследований устойчивости нивелирных штативов в переходных точках в условиях Крайнего Севера. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка, 1973, вып. 17. 5. *Тарг С. М.* Краткий курс теоретической механики. — М.: Наука, 1970. 6. *Энтин И. И.* Высокоточное нивелирование. — Тр. ЦНИИГАиК, 1956, вып. 111.

Работа поступила в редколлегию 11 января 1980 года.

УДК 523.43

А. Л. ЦЕРКЛЕВИЧ, Э. М. ЕВСЕЕВА

О ВЗАИМОСВЯЗИ АНОМАЛЬНОГО ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ И ТОПОГРАФИИ ПЛАНЕТЫ (Земля, Марс, Луна)

Проблема связи аномалий силы тяжести с рельефом дневной поверхности Земли не нова, но по мере расширения наших знаний о недрах собственной планеты, а также с появлением данных о гравитационном поле и топографии Марса и Луны она приобретает новый смысл и значение. Из общих космогонических и тектонических гипотез известно, что в процессе эволюции планеты происходят крупные перемещения поверхностных и глубинных масс, приводящие к изменению во времени структуры гравитационного поля и облика планеты. Современное же гравитационное поле и рельеф планет отражает в известной мере весь предыдущий путь их геологического развития. Это обстоятельство свидетельствует о необходимости проведения анализа гравитационного поля и топографии планет с единых