

В. И. КИБАЛЬНИКОВ, В. Н. НЕВИНЧАНЫЙ

## ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОГИБОВ МОСТОВЫХ ПРОЛЕТОВ

В практике испытания мостов при определении прогибов пролетных строений обычно пользуются прогибомерами различных конструкций. Однако применение этих приборов весьма затруднительно или совсем невозможно при испытании мостов, сооруженных над глубокими и бурными реками или ущельями. В таких случаях может быть применен метод геометрического нивелирования с использованием высокоточных нивелиров НБ, НА-1, НПГ.

В нашей практике применялись нивелиры НА-1 и специально изготовленные подвесные круглые металлические реечки диаметром 24 мм, длиной 600 мм\*. На реечках были нанесены штрихи толщиной в 1 мм с интервалами 5 мм. Реечки подвешиваются снизу к несущим балкам моста с помощью струбцин или специально изготовленных проволочных скоб. Нивелирование выполняется способом «совмещения».

Рассмотрим методику и организацию проведения полевых работ по определению прогибов мостовых пролетов методом геометрического нивелирования на примере испытания речного моста. Работа выполнена испытательной станцией Фрунзенского политехнического института. В ней, кроме авторов, принимали участие инженеры Л. Р. Белозовский и В. П. Чуднецов.

Мост характеризуется следующими данными: длина моста 148 м с пролетами 40+68+40 м, ширина проезжей части — 10,5 м, высота промежуточных опор — 38,7 м. Берега реки крутые, скальные, неудобные для установки нивелиров. Последний фактор характерен для большинства мостовых переходов в горных районах. В таких случаях успех работы в основном зависит от правильности выбора нивелирных станций. Площадки для установки нивелиров должны выбираться на береговых склонах вблизи моста с таким расчетом, чтобы горизонтальная линия визирования проходила ниже опорных частей на 30—40 см. При этом с нивелирных станций должен просматриваться по всей длине и ширине моста низ пролетных строений с подвешенными на нем реечками. Общий вид моста показан на рис. 1.

Горизонт основания площадки определяется с помощью технического нивелирования, исходя из равенства

$$H = H_0 - i - 0,3 \text{ м},$$

где  $H$  — отметка основания площадки;

$H_0$  — средняя отметка нижнего пояса балок моста;

$i$  — высота инструмента, м.

\* В необходимых случаях реечки могут быть соединены между собой винтами до требуемой длины.

Площадки должны быть удобными для работы и соответствовать требованиям техники безопасности. Штативы следует устанавливать жестко в специально подготовленные гнезда. Реечки подвешиваются под мостом обычно по следующей схеме (рис. 2).

Для контроля за стабильным положением нивелиров реечки в точках *A* и *B* закрепляются вне моста на жесткой основе.



Рис. 1. Общий вид моста.

Нивелирование выполнялось одновременно двумя исполнителями с противоположных берегов по следующей программе:  
на правом берегу со станции № 2 — ход прямо

$B - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8$ ,

ход обратно

$8 - 7 - 6 - 5 - 4 - 3 - 2 - 1 - B$ ,

на правом берегу со станции № 2 — ход прямо

$A - 12 - 9 - 10 - 8 - 7 - 5 - 6$ ,

ход обратно

$6 - 5 - 7 - 8 - 10 - 9 - 11 - A$ .

При такой схеме наблюдений точки 5—6—7—8 являются связующими, они же выполняют функции контрольных точек.

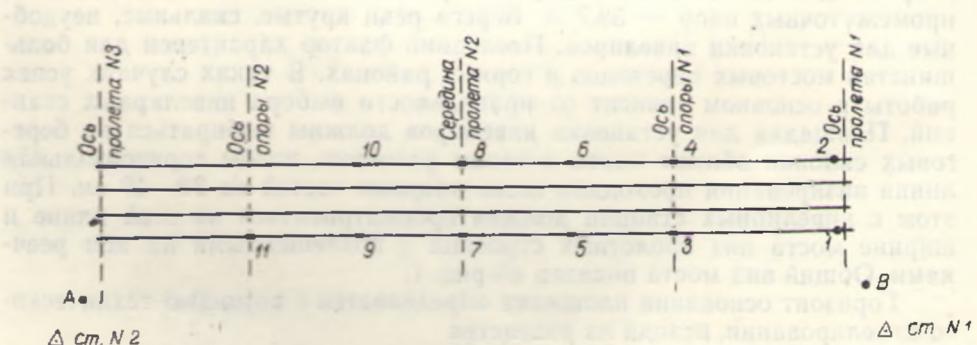


Рис. 2. Схема подвески реечек.

По материалам нивелировки были вычислены значения прогибов пролетных строений и деформации опор, которые приведены в табл. 1.

Из таблицы следует, что: 1) максимальная величина прогибов от действия осевой статической нагрузки равна 18,2 мм; 2) максимальная

величина прогибов в среднем пролете от действия внецентренной нагрузки равна 26,2 мм (при допустимом расчетном прогибе 46,6 мм); 3) размах прогибов в среднем пролете составляет 32,0 мм (при допустимом — 61,6 мм).

Таблица I

Вычисленные значения прогибов при различных схемах загружения

Схема загружения	Номера точек									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Загружение середины пролета № 2	-8,0	-5,7	0,7	-10,2	15,5	6,0	16,2	18,2	9,5	9,0
Внекентрен. загружение пролета № 2	-1,4	-6,0	1,0	1,7	10,0	17,0	12,0	26,2	5,5	17,0
Загружение середины 1 и 3 пролетов	4,9	3,0	0,5	1,0	-4,5	-3,5	-4,0	-5,8	-2,0	7,0
Загружение опоры № 3	1,0	1,8	0,2	0,7						

Следует отметить, что из-за недостаточной освещенности пространства под мостом, взятие отсчетов по отдельным реечкам было затруднено, а это снижает производительность и точность работы. Для устранения указанного недостатка следует применять искусственную подсветку или специальные светящиеся реечки.

Для того, чтобы определить точность замера деформации пролетных строений мостов описанным методом, мы провели следующие исследования.

На ровной площадке (примерно в створе) на расстояниях 30, 60 и 100 м от нивелира были установлены жесткие штативы с закрепленными на них измерительными столиками от аэропроектора мультиплекса (рис. 3). К вертикальным патрубкам столиков с помощью струбцин были жестко прикреплены реечки, по которым и производилось нивелирование способом «совмещения».

Измерения велись двумя исполнителями при спокойном состоянии атмосферы в утренние и дневные часы в течение двух дней. В начале наблюдений кронштейны столиков вместе с реечками были опущены в нижнее положение и на грибках ходовых винтов были установлены круглые отсчеты. Отсчеты по каждой реечке брались в следующем порядке: дальняя—ближняя—дальняя—ближняя—дальняя. После каждого приема высота столиков (совместно с реечками) поднималась последовательно на 10—15 мм и процесс нивелирования повторялся.

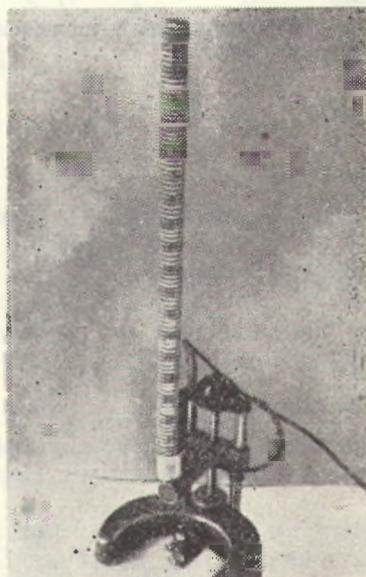


Рис. 3. Штатив с измерительным столиком.

до тех пор, пока не был пройден весь диапазон ходового винта. Разности между превышениями, полученные с помощью нивелира и измерительных столиков, были приняты за истинные ошибки, так как превышения с помощью столика определяются с ошибками порядка  $+0,02 \text{ мм}$ , что было установлено при специальном исследовании столиков.

Вычисленные средние квадратические ошибки измерений превышений приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Результаты исследования точности нивелирования**

Расстояния в м	Средние квадратические ошибки в мм
30	$\pm 0,3$
60	$\pm 0,2$
100	$\pm 0,9$

1. Способ геометрического нивелирования для определения прогибов мостов дает удовлетворительные результаты и может быть применен в случаях, когда использование прогибомеров становится затруднительным.

2. При нивелировании на расстоянии более 80 м следует применять рееки со штрихами толщиной 2 мм.

3. Для повышения точности нивелирования желательно усовершенствовать конструкцию реек и прибегать к соответствующей подсветке.

\* Примерно такие же ошибки были получены нами на связующих точках при испытании мостов.

Работа поступила  
3 апреля 1967 г.