

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

А. М. БАРХУДАРЯН, Р. А. МОВСЕСЯН, П. В. АМБАРЦУМЯН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕВЫШЕНИЙ ПРИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМ  
НИВЕЛИРОВАНИИ

При гидродинамическом нивелировании на точность определения перемещений оказывают влияние температура, вязкость жидкости, диаметр трубопроводов и другие факторы, которые при измерениях от цикла к циклу могут изменяться [1—3].

В настоящей статье приводятся результаты исследования, подтверждающие возможность применения метода гидродинамического нивелирования для измерения относительного перемещения и определения превышений между контролируемыми точками с исключением ошибок, связанных с изменениями температуры и других параметров системы.

На нивелируемых точках устанавливаются  $n$  одинаковых, сообщающихся друг с другом сосудов. В них имеются неподвижные штоки-сигнализаторы  $J_1, J_2, \dots, J_n$ , от которых при контакте с жидкостью на блок управления и регистрации передаются сигналы. Сосуды и уравнивательный бак последовательно соединены друг с другом гибкими прозрачными шлангами. Можно применять как открытую, так и замкнутую систему, когда последний сосуд соединяется с уравнивательным баком. При его поднятии в системе создается нестационарное движение и жидкость от уравнивательного бака движется по направлению к измерительным сосудам, вследствие чего уровень жидкости в сосудах непрерывно поднимается. Через некоторое время создается установившееся движение [2] и с этого момента во всех сосудах уровни жидкости поднимаются практически с одинаковыми скоростями. Контакты жидкости с сигнализаторами происходят одновременно и это фиксируется соответствующими счетчиками.

Имея показания счетчиков при двух замерах, можно определить значение превышений отметок площадок, где смонтированы сосуды.

В [1—3] получены уравнения нестационарного движения и неразрывности жидкости в отдельных участках системы. Дана методика определения закономерности изменения уровней жидкости в сосудах и времени установления стационарного движения с применением ЭВМ. Параметры системы и скорость поднятия уравнивательного бака выбира-

ют так, чтобы контакты жидкости с сигнализаторами происходили после установления стационарного движения, для которого получено:

$$\begin{cases} Z - Z_1 = h_1; \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ Z_{i-1} - Z_i = h_i; \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ Z_{m-1} - Z_m = h_m, \end{cases} \quad (1)$$

где  $Z_i$  — высота уровня в сосуде, отсчитываемая от поверхности сравнения 0—0;  $h_i$  — потери энергии на  $i$ -ом участке:

$$h_i = (1 + \beta) \frac{32 l_{ip} \gamma_p}{g d_p^2} v_i \quad (2)$$

или

$$h_i = K_i v_i, \quad (3)$$

где

$$K_i = (1 + \beta) \frac{32 l_{ip} \gamma_p}{g d_p^2}; \quad (4)$$

$\nu$  — кинематический коэффициент вязкости жидкости в момент измерения;  $d_p$  — диаметр шлангов;  $l_i$  — длина трубопровода, соединяющего соседние сосуды;  $g$  — ускорение свободного падения.

Из уравнений неразрывности при стационарном движении следует:

$$\frac{dZ}{dt} = \frac{dZ_1}{dt} = \dots \dots \dots = \frac{dZ_n}{dt} = \frac{F_0 U}{F_0 + nF}, \quad (5)$$

тогда скорость жидкости на отдельных участках шланга равна:

$$v_i = \frac{F_0 U'}{F_0 + nF} \cdot \frac{F}{\omega} (n - i + 1) = A (n - i + 1) U, \quad (6)$$

где

$$A = \frac{F_0 F}{\omega (F_0 + nF)}; \quad (7)$$

$F_0$ ,  $F$ ,  $\omega$  — соответственно, площади сечения уравнительного бака, измерительного сосуда и шланга;  $U$  — скорость поднятия бака.

Для определения превышений между контролируемыми точками предлагается метод применения двухскоростного подъемника.

Измерение производится в два этапа. На первом этапе уравнительный бак поднимается со скоростью  $U_1$ . В момент контакта жидкости с сигнализатором  $J_k$  контрольного сосуда пьезометрическая линия расположена по  $a - a_1$ , а с сигнализатором  $J_i$  — по  $b_1 - b$  (рис.).

Из рисунка следует:

$$H_{i-k} = \Delta h_{i-k} + \sum_{j=k+1}^i h_j, \quad (8)$$

где  $\sum_{j=k+1}^i h_j$  — суммарные потери энергии между контрольным и  $i$ -ым сосудами при первом этапе;  $\Delta h_{i-k}$  — превышение острья сигнализатора  $J_i$  относительно острья  $J_k$ , или

$$H'_{i-k} = \Delta h_{i-k} + U_1 A \sum_{j=k+1}^i K_j (n-j+1). \quad (9)$$

На втором этапе уравнительный бак поднимается со скоростью  $U_2$ . Пусть  $U_2 = mU_1$ , тогда пьезометрические линии, соответственно, будут  $a-a_2$  и  $b_2-b$ , и вместо (9) получим:

$$H'_{i-k} = \Delta h_{i-k} + U_2 A \sum_{j=k+1}^i K_j (n-j+1) \quad (10)$$

или

$$H'_{i-k} = \Delta h_{i-k} + mU_1 A \sum_{j=k+1}^i K_j (n-j+1). \quad (11)$$

Так как оба этапа следуют один за другим за сравнительно короткий промежуток времени, то температура жидкости и параметры системы не меняются, следовательно, значение  $K_j$  при двух этапах для каждого участка остается постоянным.

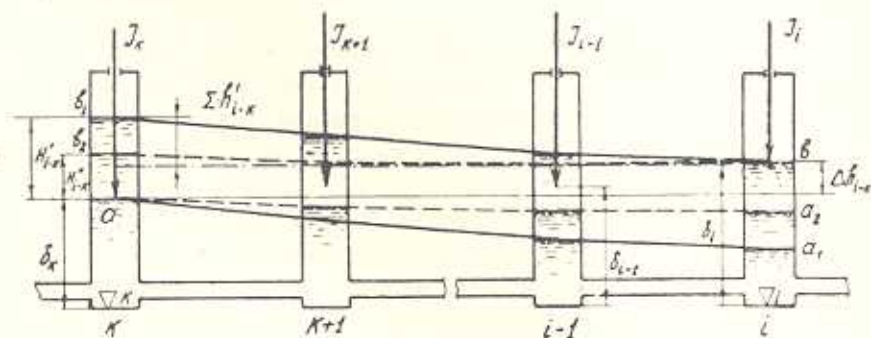


Рис.

Уравнение (9), умножая на  $m$  и совместно решая с (11), получим:

$$mH'_{i-k} - H'_{i-k} = m\Delta h_{i-k} - \Delta h_{i-k},$$

откуда

$$\Delta h_{i-k} = \frac{mH'_{i-k} - H'_{i-k}}{m-1}. \quad (12)$$

Так как

$$\begin{cases} H'_{i-k} = B_1(N'_i - N'_k), \\ H'_{i-k} = B_2(N'_i - N'_k), \end{cases} \quad (13)$$

где

$$B = \frac{U}{N_0 \left(1 + n \frac{F}{F_0}\right)}; \quad (14)$$

$N_0$  — число импульсов за единицу времени;  $N_j$  — показания счетчиков, то

$$\Delta h_{i-k} = \frac{mB_2(N_i - N_k) - B_2(N_i' - N_k')}{m-1} \quad (15)$$

или

$$\Delta h_{i-k} = \frac{(N_i' - N_k') - (N_i - N_k)}{N_0 \left(1 + n \frac{F}{F_0}\right) (m-1)} U_2. \quad (16)$$

Зная расстояние  $\delta_j$  от острья сигнализатора до основания измерительного сосуда, легко определить превышения площадок, на которых смонтированы сосуды:

$$\nabla_i - \nabla_k = \delta_k - \delta_i + \Delta h_{i-k}.$$

В случае необходимости определения относительного вертикального перемещения двух точек со временем, достаточно иметь превышения в начале и конце рассматриваемого промежутка времени и сравнить эти результаты.

Использование предлагаемого способа гидродинамического нивелирования по сравнению с существующими обеспечивает следующие преимущества:

а) возможность определения превышений между контролируемыми точками, не измеряя уровень жидкости в баке подъемного механизма, что упрощает и облегчает процесс измерения, т. к. измерение непрерывно меняющегося уровня жидкости на практике трудно осуществить простыми способами;

б) замеры следуют один за другим и практически температуру за это время можно считать постоянной, что повышает точность измерения;

в) система гидродинамического нивелирования, основанная на новом способе, позволяет определять не только смещения контролируемых точек, но и превышения между ними и может быть использована для регулярных наблюдений за деформациями инженерных сооружений.

ЕрПИ им. К. Маркса

7. I. 1982

Ա. Մ. ԲԱՐՍԵՂՅԱՆ Թ. Հ. ՄԱՌՆՅԱՆ Գ. Վ. ՀԱՄԲԱՐՉՈՒՄՅԱՆ

ՎԵՐԱԶԱՆՅՈՒՄՆԵՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ ՀԻՊՐՈԳՆԱՄԻԿ  
ՀԱՐԹԱԶԱՓՄԱՆ ԳԵՊԵՐՈՒՄ

Ա մ ֆ ո ֆ ո լ մ

Հողվածում բերված առևանգման հետազոտությունները բացահայտում են հարաբերական ուղղանից տեղափոխումների կամ զեֆորմացիաների և վերահսկման ենթական կետերի վերահսկումների որոշման հնարավորությունը

Հիրրողինամիկ հարթաչափման մեթոդով, բացառելով ջերմաստիճանի փոփոխման հետևանքով առաջացող սխալները:

Վերազանցումների որոշման նպատակով առաջարկվում է կիրառել երկու արագություն ունեցող վերամբարձ մեխանիզմ: Չափումներն իրականացվում են հավասարակշռող ավազանի տարրեր արագությամբ բարձրացման դեպքում և երկու շափումների արդյունքներով որոշվում են վերազանցումները հսկվող կետերի միջև:

## Լ Ի Ն Ե Ր Ա Տ Ր Ա

1. *Мовсисян Р. А., Бархударян А. М.* Теоретические основы метода гидродинамического нивелирования.— Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 1976, № 1, с. 9—14.
2. *Мовсисян Р. А., Бархударян А. М., Тапашвили И. А.* О влиянии ошибок динамического характера в гидростатической системе при монтажных работах.— Изв. вузов. Геодезия и картография, 1975, № 1, с. 29—34.
3. *Бархударян А. М., Мовсисян Р. А.* Учет влияния температуры на точность измерений при гидродинамическом нивелировании.— Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 1981, № 6, с. 12—16.