

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

А. М. БАРХУДАРЯН, Р. А. МОВСЕСЯН

ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СКОРОСТЯХ ПОВЫШЕНИЯ И ПониЖЕНИЯ
УРОВНЯ ЖИДКОСТИ

Авторами ранее даны теоретические основы метода гидродинамического нивелирования [1, 2], принципиально отличающиеся от известного метода гидростатического нивелирования тем, что измерения выполняются в процессе непрерывного изменения уровня жидкости в сообщающихся сосудах и на основании этого метода разработана система гидродинамического нивелирования (СГДН). Подобные системы используются для систематических измерений осадок гражданских, промышленных и специальных сооружений. Они могут быть использованы и для определения превышений между наблюдаемыми точками путем введения соответствующих поправок за наклон поверхности уровня [1].

При гидродинамическом нивелировании на точность измерений оказывают влияние температура, вязкость жидкости и другие факторы, которые могут изменяться при измерениях от цикла к циклу [2]. В [2] рассматриваются методы, позволяющие учитывать влияние температуры на точность измерений. В [3] рассматривается возможность определения превышения точек с помощью гидродинамического нивелирования без введения поправок. Для этого в блок управления СГДН и системе электроники необходимо внести изменения, позволяющие производить измерения при вариации уровня жидкости. Исследования [3] произведены для случая, когда скорость поднятия и опускания уровня одинаковы. Однако, лабораторные исследования показали, что по разным причинам эти скорости могут отличаться друг от друга.

Целью настоящей работы является теоретическое исследование возможности определения превышения контролируемых точек с помощью СГДН при разных скоростях вариации уровня жидкости.

Незамкнутая система гидродинамического нивелирования показана на рис. 1. Предположим, что с момента $t = 0$ уравнительный бак поднимается со скоростью U . Жидкость движется по трубопроводам, соединяющим сосуды, в которых также происходят изменения уровня. В начале эти изменения и движение жидкости нестационарные, но для каждой системы после определенного промежутка времени t_0 процесс

практически становится стационарным и создается постоянная разность уровней.

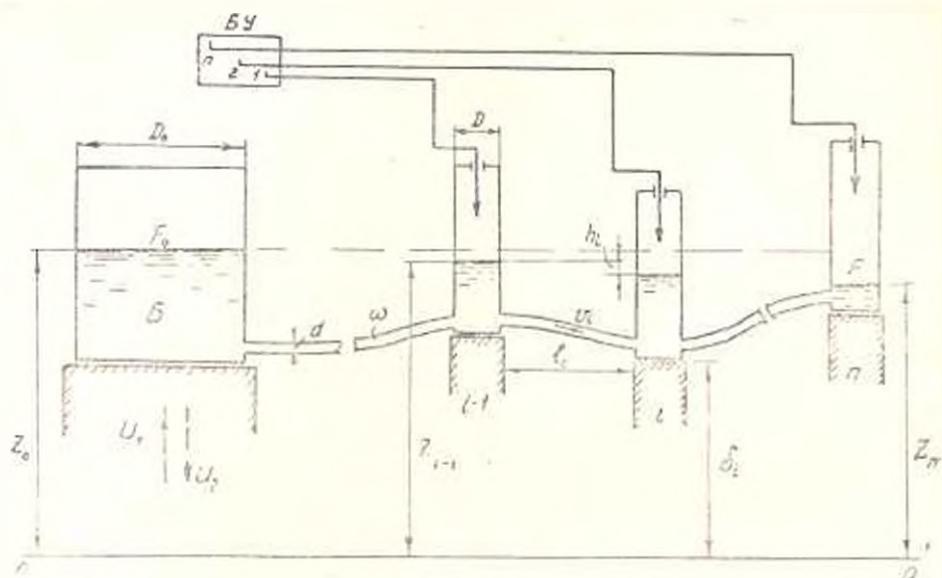


Рис. 1.

Уравнения нестационарного движения для отдельных участков, при постоянном диаметре соединяющих шлангов и одинаковом атмосферном давлении над свободными поверхностями жидкости, пренебрегая инерцией жидкости в сосудах, при одинаковых диаметрах измерительных сосудов следующие:

$$\left\{ \begin{aligned} Z' - Z_2 &= \frac{\alpha \omega^2}{2g} \left[\left(\frac{v_1 - v_2}{F} \right)^2 - \left(\frac{U_1 - v_1}{\omega} - \frac{v_1}{F_0} \right)^2 \right] + \frac{l}{g} \frac{dv_1}{dt} + \sum h_1; \\ Z_1 - Z_2 &= \frac{\alpha \omega^2}{2g} \left[\left(\frac{v_2 - v_3}{F} \right)^2 - \left(\frac{v_1 - v_2}{F} \right)^2 \right] + \frac{l}{g} \frac{dv_2}{dt} + \sum h_2; \\ &\dots \\ Z_{n-1} - Z_n &= \frac{\alpha \omega^2}{2g} \left[\left(\frac{v_n}{F} \right)^2 - \left(\frac{v_{n-1} - v_n}{F} \right)^2 \right] + \frac{l}{g} \frac{dv_n}{dt} + \sum h_n. \end{aligned} \right. \quad (1)$$

где n — число измерительных сосудов; Z_i — высота уровня жидкости; v_i — средняя скорость жидкости в соединяющем шланге; $\sum h_i$ — суммарные потери энергии на данном участке; α — коэффициент, учитывающий неравномерное распределение скорости в сечении шланга; ω , F_0 — площади живого сечения шланга и бака; F — площадь измерительного сосуда.

Пусть в момент касания жидкости острия сигнализатора J_k пьезометрическая линия устанавливается на уровне $a_1 - a_1$, а при касании острия J_1 — на уровне $a - a$. Тогда из рис. 2 следует:

$$H'_i = \Delta h_{i-k} + \sum_{j=k+1}^i h'_j$$

или

$$H'_i = \Delta h_{i-k} + AU_1 \frac{F}{\omega} \sum_{j=k+1}^i (n-j+1) K_j. \quad (9)$$

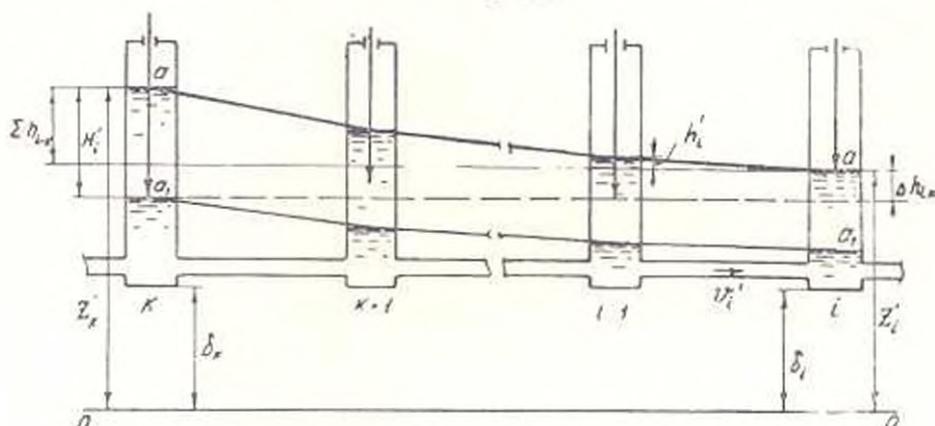


Рис. 2.

После того, как жидкость касается острия последнего сигнализатора, происходит фиксация показаний всех счетчиков на блоке управления и поднятие бака Б продолжается еще на некоторую высоту. После остановки бака Б и установления в системе равновесия жидкости, измерительный бак опускается вниз со скоростью U_2 . Дополнительное поднятие на некоторую высоту произойдет для того, чтобы отрыв жидкости от любого сигнализатора при опускании бака происходил после установления стационарного движения.

При этом в момент отрыва жидкости от острия сигнализатора J_k пьезометрическая линия будет на уровне $b - b$, и из рис. 3 следует:

$$Z'_i - Z'_k = \sum_{j=k+1}^i h'_j \quad (10)$$

или

$$H'_i = -\Delta h_{i-k} + AU_2 \frac{F}{\omega} \sum_{j=k+1}^i (n-j+1) K_j. \quad (11)$$

Если обозначить соотношение $U_2/U_1 = m$, вместо (11) получим:

$$H'_i = -\Delta h_{i-k} + mA U_1 \frac{F}{\omega} \sum_{j=k+1}^i (n-j+1) K_j. \quad (12)$$

Решая совместно (9) и (12), определим:

$$\Delta h_{i-k} = \frac{mH'_i - H'_i}{m+1}. \quad (13)$$

При стационарном режиме движения скорости поднятия или опускания уровня жидкости в баке и сосудах будут одинаковы и равны:

$$u = \frac{UF_0}{F_0 + nF} \quad \text{или} \quad u = UA.$$

Если за единицу времени в блок управления поступает сигнал N_0 , то поднятие уровня жидкости, соответствующее одному импульсу, будет:

$$\Delta H_i = \frac{u}{N_0} \quad \text{или} \quad \Delta H_i = \frac{UA}{N_0}.$$

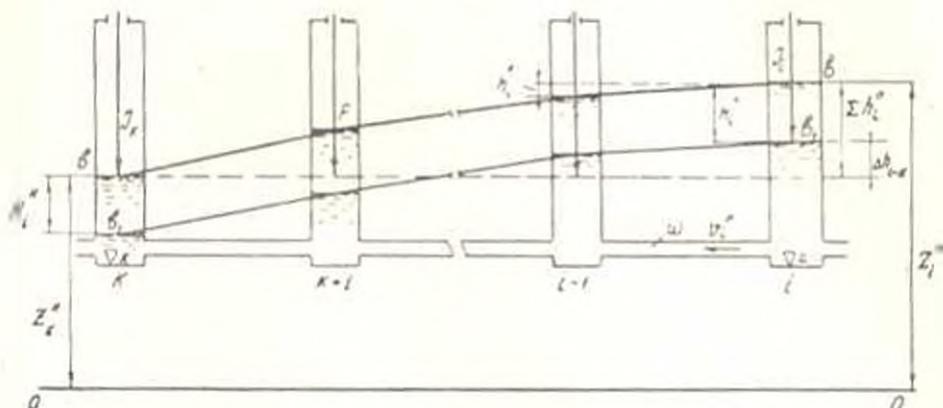


Рис. 3.

Вертикальные расстояния H_i и H_i^* между пьезометрическими линиями (рис. 2 и 3) можно вычислить, имея показания соответствующих счетчиков N_i и N_k на блоке управления:

$$H_i = \frac{AU_1}{N_0} (N_i - N_k); \quad H_i^* = \frac{AU_2}{N_0} (N_i - N_k). \quad (14)$$

Учитывая (14), из (13) получим:

$$\Delta h_{i-k} = m \frac{AU_1}{N_0} \cdot \frac{(N_i' - N_i) - (N_k' - N_k)}{m+1} \quad (15)$$

или

$$\Delta h_{i-k} = \frac{AU_2}{N_0} \cdot \frac{(N_i' - N_i) - (N_k' - N_k)}{m+1}. \quad (16)$$

Зная расстояние z_l от острия сигнализатора до основания сосуда, легко определить превышения площадок, на которых смонтированы сосуды:

$$z_l - z_k = z_l + \Delta h_{i-k}. \quad (17)$$

Таким образом, выражение (13) является общим и позволяет вычислять превышения между контролируемыми точками с точностью 0,1 мм при различных скоростях поднятия и опускания уравнительно-

го бака. Так как замеры при поднятии и опускании уравнительного бака следуют один за другим при одинаковой температуре жидкости, то исключается влияние температуры на точность измерения.

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

Ա. Մ. ԲԱՐՆՈՒԴԱՐՅԱՆ, Ռ. Ն. ՄՈՎՍԵՅԱՆ

ՀԻԿՐՈՒԻՆԱՄՈՎ ՀԱՐԹԱԶԱՓՈՒՄԸ ՀԵՂՈՒԿԻ ՄԱԿԱՐԿԱԿԻ ՏԱՐԲԵՐ ԱՐԱԳՈՒԹՅԱՄԲ ԲԱՐՁՐԱՅՄԱՆ ԵՎ ԻՋԵՑՄԱՆ ԳԵՊՓՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Քերված են հեղուկի մակարդակի տարրեր արագությամբ բարձրացման և իջեցման ղեկըրում հիդրոդինամիկ հարթաչափման տեսական հետազոտության արդյունքները: Հաժասարակչոոչ աժաղանի բարձրացման և իջեցման ժամանակ կատարված շափումների արդյունքներով որոշվում են վերադանցումները հակվող կետերի միջև:

Այդ եղանակով որոշվում են նաև ուղղաձիղ տեղափոխումները ժամանակի ընթացքում՝ բացառելով ջերմային փոփոխությունից առաջացող սխալները:

Լ Ի Ն Ե Ր Ա Տ Ր Ա

1. *Мовсесян Р. А., Бархударян А. М.* Теоретические основы метода гидродинамического нивелирования. — Геодезия и аэрофотосъемка, 1976, № 1, с. 9—14.
2. *Бархударян А. М., Мовсесян Р. А.* Учет влияния температуры на точность измерений при гидродинамическом нивелировании. — Геодезия и аэрофотосъемка, 1981, № 6, с. 12—16.
3. *Трозян К. Р.* Определение превышения точек с помощью гидродинамического нивелирования. — Изв. АН АрмССР (сер. Наука и земля), 1980, № 6, с. 96—102.