

ГИДРОПОРШНЕВАЯ СИСТЕМА НИВЕЛИРОВАНИЯ

Рассматривается возможность использования поршневого устройства в системе гидродинамического нивелира, что позволит производить измерения точек фундамента объектов, находящихся на разных высотах. Контрольные датчики, с помощью которых определяются деформации фундаментов, могут выставляться друг относительно друга на разные высоты. Предложенная модифицированное устройство приведет не только к уменьшению погрешности высотных измерений, но и времени измерения, а также дает возможность осуществить постоянный контроль за высотным положением исследуемых точек земной поверхности.

Ключевые слова: гидродинамический нивелир, датчик уровня, подъемное устройство, распределительный бак, поршневое устройство, поршень, счетный импульс, блок управления, радиальные щели, кронштейн, опорный датчик

Во всех разработанных системах гидронивелирования, одной из разновидностей которых является система СГДН-10Д [1], подъемное устройство с распределительным баком и датчики уровня

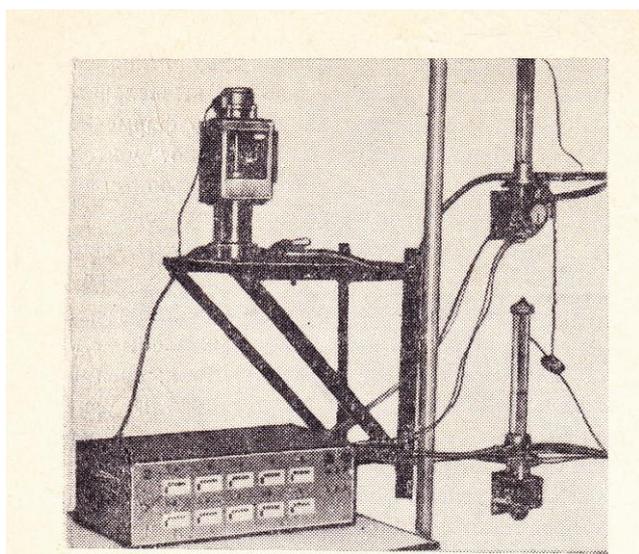


Рис.1. Общий вид системы гидродинамического нивелирования с поршневым устройством (СГДН-ПУ)

необходимо устанавливать приблизительно в одной горизонтальной плоскости. Испытания систем в производственных условиях показали, что в некоторых случаях подъемное устройство с распределительным баком необходимо устанавливать намного ниже уровня датчиков, а датчики выставлять друг относительно друга на разные высоты, это делает систему универсальной. На выполнение одного цикла измерений уходит 40...50 мин [2].

Для сокращения времени измерения, оперативного снятия показаний всех датчиков автором разработана система гидродинамического нивелирования с поршневым устройством (СГДН-ПУ), общий вид которого дан на рис.1.

На рис.2 приведена принципиальная схема СГДН-ПУ. Система состоит из "n" одинаковых датчиков уровня, сообщающихся друг с другом и с поршневым устройством ПУ с помощью трубопроводов. Вся система сообщающихся датчиков заливается рабочей жидкостью, причем поршневое устройство заливается полностью так, чтобы не было воздушных пузырей. При равномерном перемещении вниз поршня (практическое постоянство скорости перемещения поршня достигается реверсивным двигателем РД-09) в поршневом устройстве ПУ рабочая жидкость начинает равномерно подниматься в датчиках уровня. При этом регистрация отсчетов в каждом датчике

ведется поканальным счетчиком импульсов, тем самым определяется перемещение поршня до момента касания игольчатого электрода с поверхностью жидкости в соответствующем датчике уровня.

Допустим, что до начала измерений жидкость в системе находится в равновесии. Начиная с момента времени t , поршень в ПУ опускается с постоянной скоростью « v ». Из условия неразрывности среды в разные моменты времени для отдельных сосудов можно записать

$$A_0 \cdot v_0 = Av_1 \rightarrow \frac{dZ}{dt} = -\frac{A}{A_0} v_1$$

$$v_1 A_d = v_1 A - v_2 A \rightarrow \frac{dZ_1}{dt} = -\frac{A}{A_d} (v_1 - v_2)$$

$$\frac{dZ_2}{dt} = -\frac{A}{A_d} (v_2 - v_3) \tag{1}$$

$$\frac{dZ_{n-1}}{dt} = -\frac{A}{A_d} (v_{n-1} - v_n)$$

где Z_i – высота уровня жидкости в i -ом датчике относительно некоторой горизонтальной плоскости;

v_i – скорость жидкости в i -ом отрезке трубопровода;

A_d – площадь внутреннего сечения датчика уровня;

A – площадь сечения трубопровода;

A_0 – площадь внутреннего сечения сосуда поршневого устройства.

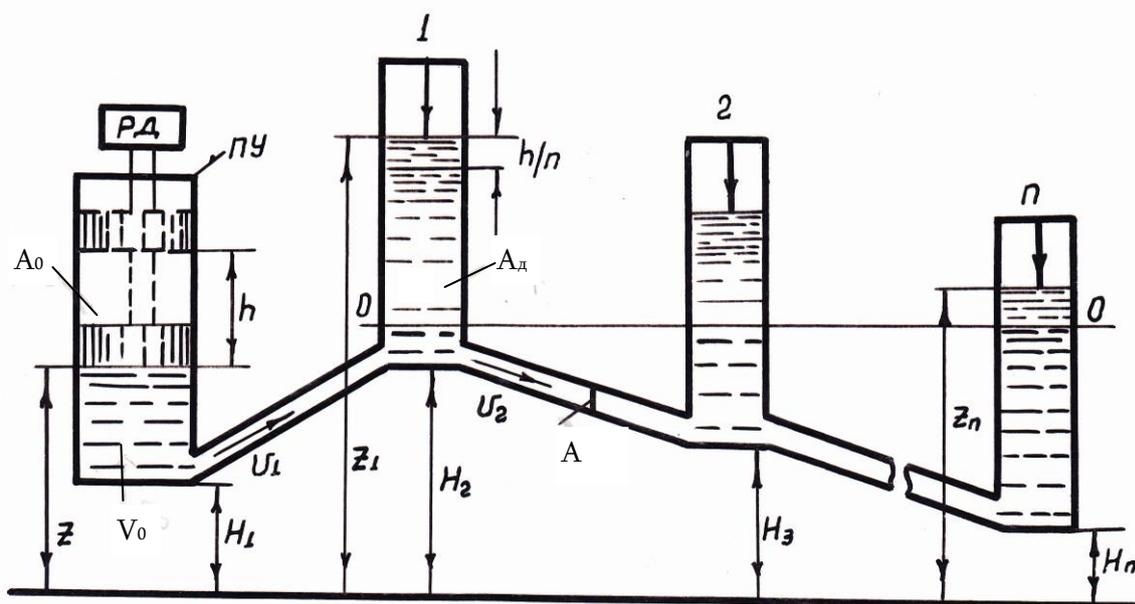


Рис.2. Принципиальная схема СГДН-ПУ

Система уравнений для одномерного неустановившегося движения жидкости на отдельных участках имеет вид:

$$Z - Z_1 = \frac{\ell}{g} \frac{dv_1}{dt} + \frac{P_{\text{ат}}}{\gamma} - \frac{P(t)}{\gamma} + kv_1$$

$$Z_1 - Z_2 = \frac{\ell}{g} \frac{dv_2}{dt} + kv_2$$

$$Z_{n-1} - Z_n = \frac{\ell}{g} \frac{dv_n}{dt} + kv_n$$

где ℓ – длина отрезка трубопровода между соседними датчиками (отрезки имеют одинаковую длину);
 $P(t)$ – давление под поршнем; $P_{\text{ат}}$ – атмосферное давление

$$k - \text{коэффициент потерь по длине трубопровода } k = \left(\frac{32\nu\ell}{gd^2} \right)$$

ν – кинематический коэффициент вязкости жидкости,

d – диаметр трубопровода (точнее, живого сечения потока жидкости).

Решая системы уравнений (1) и (2) при начальных условиях, $t=0, Z=Z_1=Z_2=\dots=Z_n$ и учитывая, что $dZ/dt=v$, получим закономерность изменения уровня жидкости в каждом датчике.

Превышение любой i -ой контрольной точки (марки) относительно опорной определяется по следующей формуле:

$$H_{i-\text{оп}} = a(N_i - N_{\text{оп}}); \quad (3)$$

где a – цена счетного импульса, выраженная в единицах длины,

$N_i, N_{\text{оп}}$ – число импульсов, зарегистрированное поканальным счетчиком.

Цену счетного импульса можно определить аналитически или экспериментально, это зависит от количества датчиков в системе.

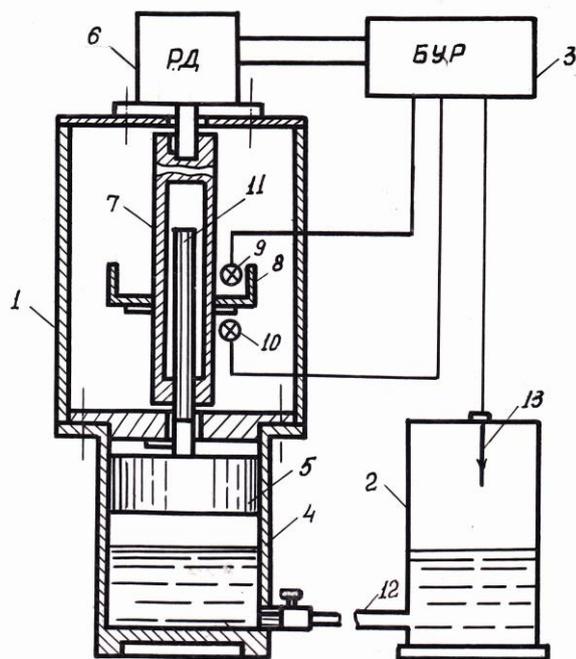


Рис.3. Схема гидропоршневой системы нивелирования (СГДН-ПУ)

На рис.3 дается схема поршневого устройства, в которой входят поршневое устройство 1, датчики нивелиры 2 и блок управления и регистрации счетных импульсов (БУР) 3. Поршневое устройство состоит из сосуда 4, поршня 5, электродвигателя 6, на вал которого насажена вращающаяся колонка 7, насаженной на колонку 7 диска с радиальными щелями 8, по обе стороны которого расположены осветительная лампочка 9 и фотоприемник 10, находящиеся на одной оси и жестко связанного с корпусом ПУ; несущей колонки 11, связанной с поршнем 5; отрезков трубопроводов 12, соединяющих поршневое устройство 1 с датчиками 2; игольчатого электрода 13. Электродвигатель 6, осветительная лампочка 9, фотоприемник 10 и игольчатый электрод 13 соединены электрическими проводами с БУР.

По команде с БУР запускается электродвигатель, вал которого вращает колонку и диск. Модулированный свет (прерывистый) падает на фотоприемник и далее по проводам в виде электрического сигнала поступает на счетчик импульсов БУР. Одновременно с запуском электродвигателя начинает поступательно перемещаться вниз несущая колонка с поршнем, вытесняя жидкость из сосуда в датчики. Как только жидкость коснется электрода, прекращается поступление счетных импульсов на счетчик. Один оборот модулирующего диска с радиальными щелями (в нашем примере диск содержит 120 радиальных щелей) соответствует перемещению поршня по вертикали на шаг δ винта поршневого устройства ПУ. Объем жидкости вытесненный поршнем, распределится по всем датчикам уровня. Следовательно, можно написать, что

$$\frac{\delta \pi D_c^2}{4} = \frac{\delta \pi d_g^2}{4} n h \quad (4)$$

где D_c – внутренний диаметр сосуда поршневого устройства, ; d_g – внутренний диаметр датчика уровня, n – число датчиков в системе, h – высоту подъема уровня жидкости в датчике при перемещении поршня на шаг δ винта в ПУ.

Из формулы (4) следует:

$$h = \left(\frac{D_c}{d_g} \right)^2 \frac{\delta}{n} \quad (5)$$

Допусти, что $D_c=80$ мм, $d_g=32$ мм и $\delta=4$ мм. Для $n=4$ по формуле (5) находим $h=6,25$ мм. Обычно высота h пропорциональна количеству счетных импульсов N , т.е. $h=a \cdot N$, откуда цена счетного импульса $a=0,052$ мм. Чаще значение «а» определяют экспериментально, используя выражение (3) для определения превышения i -ой точки относительно опорной:

$$\Delta H_{i-оп} = a[(N_i'' - N_{оп}'') - (N_i' - N_{оп}')] \quad (6)$$

где значения N_i'' и $N_{оп}''$ измеряются во втором (последующем) измерительном цикле, а N_i' и $N_{оп}'$ – в первом (предыдущем) цикле измерений. Вертикальное смещение $\Delta H_{i-оп}$ при этом определяют с помощью специального кронштейна с установленным на нем контрольным датчиком уровня по показаниям индикатора часового типа, используемого в качестве эталона.

Опытный образец гидропоршневой системы нивелирования прошел лабораторные исследования (рис.1). Лабораторные исследования системы СГДН-ПУ были проведены для сравнения значений цены импульсов, полученных аналитически и экспериментально, а также для оценки точности измерения.

Система состоит из блока управления, поршневого устройства и четырех датчиков (D_1, D_2, D_3, D_4) (на рис.1 показан один датчик уровня - верхний), один из которых (D_1) был выбран в качестве опорного. Вначале был проведен "нулевой цикл" измерений, результаты которого приведены в табл.1.

Каждый измерительный цикл состоял из трех замеров, из которых были выведены средние значения. Затем контрольному датчику задавалось некоторое смещение по вертикали, и проводился контрольный цикл. Результаты такого цикла при смещении контрольного датчика на 2 мм приведены в табл.2.

Таблица 1

Результаты измерений

Номер замера	Число счетных импульсов в датчиках			
	Д ₁	Д ₂	Д ₃	Д ₄
1	149	218	284	199
2	149	218	283	199
3	148	218	284	199

Таблица 2

Результаты измерений при смещении контрольного датчика

Номер замера	Число счетных импульсов в датчиках			
	Д ₁	Д ₂	Д ₃	Д ₄
1	133	239	305	220
2	132	239	305	221
3	133	238	305	220

По результатам (табл. 1, 2) с помощью формулы (6) было выведено значение счетного импульса, которое равно $a=0,053$. Найденное экспериментальное значение «а» с небольшим отклонением согласуется с вычисленным выше аналитическим значением цены счетного импульса.

Лабораторные исследования системы с поршневым устройством показали, что для проведения одного цикла измерения необходимо затратить 5...10 мин., а средняя квадратическая ошибка точности измерений не превышает 0,1 мм.

Վ.Ն.Վարդանյան

ՄԱԿԱՐԴԱԿԱԶԱՓՄԱՆ ՀԻՂՈՄԽՈՑԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳ

Հրատարակման համար ներկայացվող նյութը «Մակարդակաչափման հիդրոմիտոցային համակարգ» տալիս է հնարավորություն ստեղծելու մի համակարգ, որը թույլ կտա կատարել օբյեկտների հիմքի տարբեր բարձրության վրա գտնվող կետերի գեոդեզիական չափումներ: Վերահսկողության անոթները, որոնց միջոցով որոշվում է հիմքի նստվածքները, կարող են ստեղծվել մեկը մյուսի նկատմամբ տարբեր բարձրությունների վրա: Հրատարակվող նյութը վերաբերվում է գեոդեզիական սարքաշինությանը, հատկապես բարձր ճշգրտությամբ վերազանցումների որոշման և երկրի մակերևույթի հետազոտվող կետերի բարձրության դիրքը մշտապես վերահսկող սարքերին:

Առանցքային բառեր. հիդրոդինամիկական նիվելիր, մակարդակի տվիչ, բարձրացնող սարք, բաշխիչ բաք, միտոցային սարք, միտոց, հաշվիչ ինպուլս. Ղեկավարման բլոկ, տրամագծային անցքեր, կալունակ, հենարանային տվիչ

HYDROPISTON LEVELING SYSTEM

The possibility of piston device usage in the hydrodynamic leveling system, which will allow to make metering of measuring point of objects, located at different heights. Control sensors, through which the deformations of foundations are determined, may be displayed relative to each other at different heights. The offered modified device leads not only to a reduction of errors of height measurements, but also the measurement time, and also makes it possible to carry out constant control over high-altitude position of the test points on earth surface.

Keywords: hydrodynamic level, level sensor, the lifting device, a distribution tank, the piston unit, the piston, count pulse, the control unit, the radial gap, bracket, the reference sensor

Литература

1. А.с. 480906 СССР. Способ гидродинамического нивелирования/ Р.А.Мовсесян, И.А.Гаплашвили, В.Н. Варданын (СССР). - 1975. -Бюлл. N30.
2. А.с. 1044975 СССР. Способ гидродинами-ческого нивелирования / А.М.Бархударян, Р.А.Мовсесян, П.В. Амбарцумян (СССР). - 1983. - Бюлл. N36.

Վարդանյան Վլադիմիր Նիկոլայի, ւ.գ.թ., դոց (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, Ինժեներական գեոդեզիայի ամբիոն, (+374) 93 597558:

Варданын Владимир Николаевич, к.т.н., доц. (РА, г. Ереван) – НУАСА, кафедра Инженерной геодезии, (+374) 93 597558.

Vardanyan Vladimir Nikolay, Doctor of Philosophy (Ph.D) in Engineering, associate prof. (Yerevan, RA) – NUACA, chair of Engineering Geodesy, (+374) 93 597558.

Ներկայացվել է՝ 05.02.2015

Ընդունվել է տպագրության՝ 10.02.2015