

## ЖИДКОСТНЫЙ ИНДИКАТОР УРОВНЯ

Ю. К. ПЕТРОВ

Индикатор уровня предназначен в основном для выравнивания фундаментов больших машин. Обычно для этой цели употребляется геодезический нивелир. Средняя квадратическая ошибка измерений типовым нивелиром составляет  $\pm 0,3$  мм.

Жидкостный индикатор уровня может применяться там, где требуется большая точность измерений. Оптика типового нивелира не позволяет использовать его в тесных помещениях и в тех случаях, когда на площади измерений нет свободного кругового обзора. В таких случаях индикатор уровня может значительно облегчить задачу измерений.

Прибор действует по принципу сообщающихся сосудов. В качестве рабочей жидкости можно использовать любую жидкость с небольшим коэффициентом вязкости, например: воду, спирт и ртуть. Наиболее доступной рабочей жидкостью является вода.

### Описание прибора

Прибор (рис. 1) состоит из двух стоек *a* и *b*, соединенных шлангами с цилиндром *c*. В цилиндр вставлен поршень, жестко связанный с микрометрическим винтом, причем отсчет уровней при измерениях производится по шкалам микрометрического винта. Для соединений

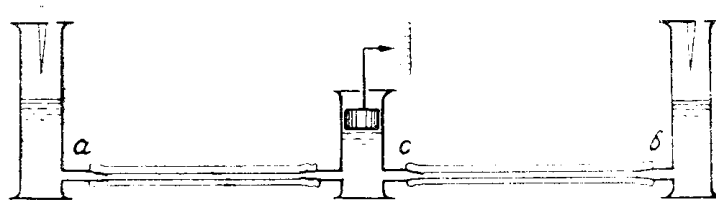


Рис. 1.

мы использовали два шланга из вакуумной резины с внутренним диаметром 6 мм по 8 метров длиной каждый. Радиус действия прибора составляет 16 м. Вакуумная резина выбиралась из соображений механической прочности.

В качестве рабочей жидкости использовалась водопроводная вода. Достаточно большая электропроводность водопроводной воды

позволила нам создать удобную систему индикации уровней при помощи наушников, для чего потребовалась простая электрическая схема (рис. 2). Сопротивление наушников в схеме равно 2200 ом, трансформатор понижающий—220/30 в. Контакты в стойках выполнены из серебряной проволоки диаметром 1 мм. При этом получается хороший контакт и на острие не образуется капля.

При желании вместо наушников можно использовать любой чувствительный стрелочный прибор. Момент соприкосновения острия

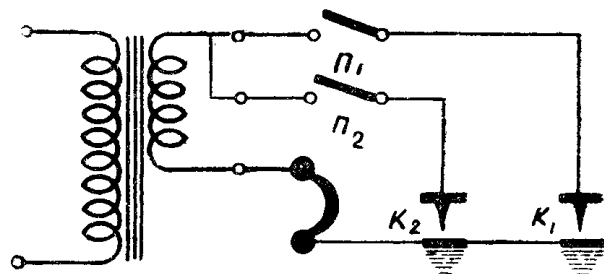


Рис. 2.

с уровнем воды можно определять и визуально. Острие отражается в поверхности воды, и видимый зазор между острием и отражением вдвое больше зазора между острием и уровнем воды. Последнее обстоятельство увеличивает точность визуального определения момента соприкосновения острия с уровнем жидкости, однако визуальное наблюдение не желательно, так как требует по крайней мере двух операторов.

Порядок работы при измерениях следующий.

Переключатели П<sub>1</sub> и П<sub>2</sub> (рис. 2) замыкаются, и микрометрическим винтом уровень воды в стойках поднимается до замыкания одного из контактов, причем момент замыкания отмечается по звуковому сигналу в наушниках. Одним из переключателей устраняется звуковой сигнал и тем самым определяется стойка, в которой произошло замыкание. Далее снимается отсчет со шкал микрометрического винта. Затем производится дальнейшая подача поршня до замыкания во второй стойке и снимается второй отсчет. Разность уровней определяется по разности двух отсчетов.

### Источники погрешностей

Если между стойками *a* и *b* существует разность температур  $\theta_1 - \theta_2$ , то будет возникать погрешность  $\Delta l$ , которую можно определять по формуле

$$\Delta l = [\alpha(\theta_1 - \theta_2) + \beta(\theta_1^2 - \theta_2^2) + \dots] l, \quad (1)$$

где  $\alpha$ ,  $\beta$  — коэффициенты теплового расширения воды,  
 $l$  — высота жидкости в стойке и шлангах.

В том случае, когда измерения производятся в одном помещении, разность температур едва ли будет превышать 1°C, и погрешность при высоте столба  $l = 100$  мм не выходит за пределы  $\pm 0,01$  мм.

Из-за поверхностного натяжения воды момент размыкания контакта при опускании уровня жидкости становится неопределенным. Неопределенность размыкания контактов будет вызывать значительные погрешности измерений, поэтому снимать отсчеты следует толь-

ко при замыкании контактов. Перед работой острия контакты обезжириваются спиртом, в противном случае на острие может образоваться капля, что приведет к грубой ошибке измерения.

Одним из источников погрешностей может быть наличие переходного процесса в момент измерений. Всякое измерение следует начинать после полного установления всех переходных процессов, связанных с наливанием воды в систему, переносом и установкой стоек, причем для нашего прибора достаточно выдерживать паузу в 3—5 минут. В процессе самих измерений влияние переходных процессов исключается.

Мы пользовались двумя шлангами одинаковой длины, при этом гидродинамические сопротивления в обоих шлангах получаются одинаковыми, и при работе микрометрическим винтом уровни в стойках поднимаются таким образом, что не образуется разность уровней, которая и является причиной переходного процесса.

Можно указать две погрешности, связанные с микрометрическим винтом: мертвый ход винта и люфт между ходовой гайкой винта и поршнем. Мы не принимали специальных мер для устранения мертвого хода, но обратили особое внимание на качество изготовления резьбы. Зазор между поршнем и гайкой был выполнен равным 0,05 мм. Обе погрешности практически приближаются к нулю при одностороннем ходе винта, что выполняется при работе только на замыкание контактов. Зависимость между ходом поршня  $l_0$  и высотой подъема воды в стойках  $l$  выражается формулой

$$l = \frac{S_0}{S_1 + S_2} l_0, \quad (2)$$

где  $S_0$  — площадь сечения поршня,

$S_1$  и  $S_2$  — площади сечения стеклянных стаканов стоек.

Влияние погрешности, связанной с винтом, пропорционально коэффициенту в правой части формулы (2), поэтому выгодно брать  $S_1 + S_2 > S_0$ .

В нашем случае  $S_1 = S_2 = 25 \text{ см}^2$ ,  $S_0 = 4 \text{ см}^2$ . Очевидно необходимо выбрать трубки с постоянным сечением  $S_1$  и  $S_2$ . Наиболее подходящими для этой цели будут мензурки и мерные стаканы.

При желании увеличить диапазон измеряемых высот, можно уменьшить площадь сечения стаканов в стойках, но при этом снижается точность измерений. Нами изготовлен вариант прибора, в котором  $S_1 = S_2 = S_0 = 4 \text{ см}^2$ , диапазон измеряемых высот равен 6 см, средняя квадратическая ошибка измерений составляет  $\pm 0,25 \text{ мм}$ . При испытаниях прибора разность уровней в 3 мм в течение 1 часа 30 минут была измерена двадцать раз. Средняя квадратическая ошибка одного измерения, вычисленная по результатам двадцати измерений, составляет  $\pm 0,02 \text{ мм}$ .