

## КОНТРОЛЬ РАЗНОСТИ УРОВНЕЙ ЖИДКОСТИ В СМЕЖНЫХ РЕЗЕРВУАРАХ

### Введение

Для систем охлаждения тепловых и атомных электростанций используют воду расположенных в непосредственной близости водохранилищ. Чтобы предотвратить попадание водорослей и других посторонних продуктов в систему охлаждения в водохранилище устанавливают сетку, после которой производят забор охлаждающей жидкости. В процессе эксплуатации такой системы возможно засорение заграждающей сетки, что приводит к снижению ее пропускной способности, а значит и объема охлаждающей жидкости, поступающей в систему охлаждения электростанций. Поэтому возникает необходимость текущего контроля пропускной способности заграждающей сетки. С этой целью производят текущий контроль уровня охлаждающей жидкости до и после заграждающей сетки.

До настоящего времени контроль уровней осуществляют с помощью двух поплавковых уровнемеров, один из которых устанавливается до заграждающей сетки, а второй – после нее. На рис.1 приведена возможная схема установки уровнемеров, где 1 – измерительная труба уровнемера 4, установленного до заграждающей сетки 2, а 3 – измерительная труба уровнемера 5, установленного после заграждающей сетки 2.

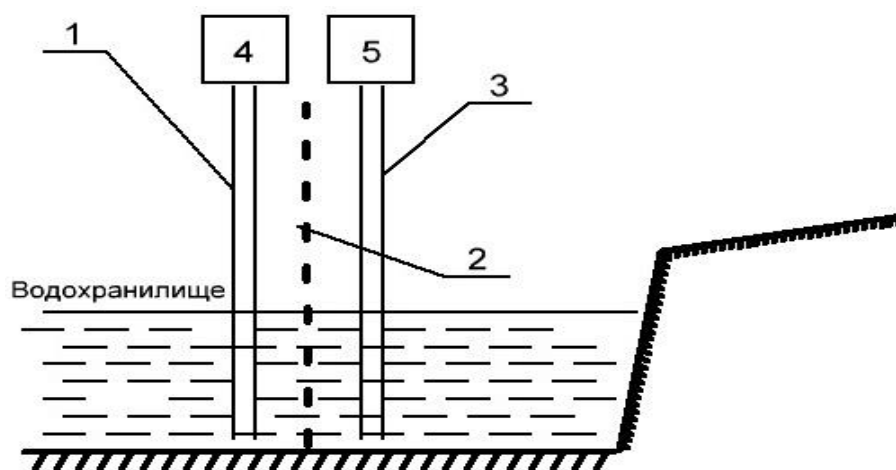


Рис.1. Установка уровнемеров

К недостатку использования двух отдельных устройств измерения уровня следует отнести необходимость дополнительной системы измерения разности уровней, которая несет информацию о пропускающей способности заграждающей сетки. Кроме того, необходим текущий контроль работоспособности каждого уровнемера.

В работе рассмотрена возможность создания специализированного уровнемера, обеспечивающего синхронный текущий контроль уровней и разности уровней жидкости в двух смежных резервуарах.

### Основная часть

В [1, 2] предложен вариант использования уровнемера с плоской акустической волной для контроля уровня и скорости потока в безнапорных водоводах. В этом варианте общий волноведущий тракт разветвлялся на два отдельных канала, один из которых использовался для контроля уровня, а второй, заканчивавшийся трубкой Пито, – скорости потока.

Если первый из волноведущих каналов расположить в водохранилище до разделительной сетки, а второй (без трубки Пито) – после нее, то такой вариант уровнемера обеспечит

возможность синхронного контроля уровней жидкости до и после заградительной сетки, а также разности уровней в обеих частях водохранилища.

Структурная схема такого уровнемера, который может быть реализован как в акустическом, так и радиочастотном диапазонах волн, приведена на рис. 2.

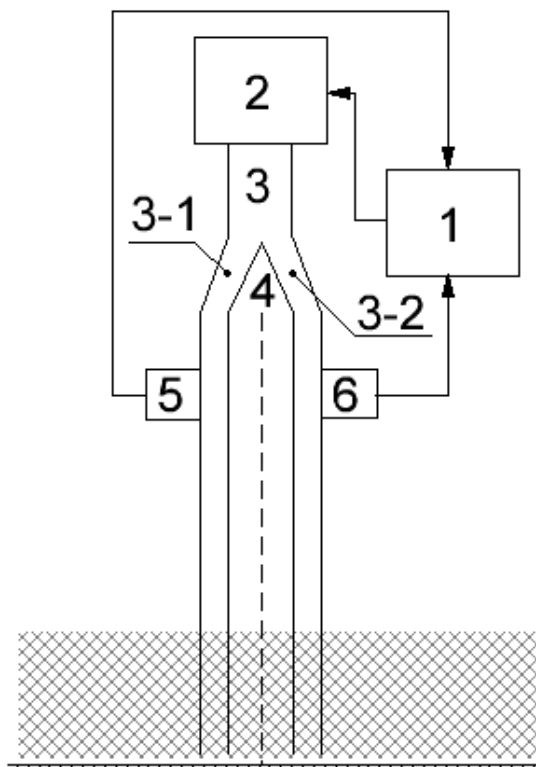


Рис. 2. Уровнемер для контроля разности уровней жидкости

В состав уровнемера для контроля разности уровней жидкости входят:

1 – процессорный блок управления и обработки результатов измерения уровней в обоих каналах;

2 – источник излучения импульсного сигнала;

3 – волновод общий, 3-1 – волновод канала перед заградительной сеткой, 3-2 – волновод канала после заградительной сеткой;

4 – заградительная сетка;

5 – приемник сигнала канала до заградительной сетки;

6 – приемник сигнала канала после заградительной сетки.

Уровнемер (рис. 2), реализованный в акустическом диапазоне волн, работает следующим образом. После подключения питания в блоке обработки 1 вырабатывается импульс запуска (ИЗ) (рис. 3, а), который поступает в источник излучения, где преобразуется в акустический импульсный сигнал, который излучается в общий волноведущий тракт 2.

В тройнике общего волноведущего тракта 3 [3] происходит разделение импульсного акустического сигнала на два канала:

3-1 – волновода, установленного до разделительной сетки;

3-2 – волновода, установленного после разделительной сетки.

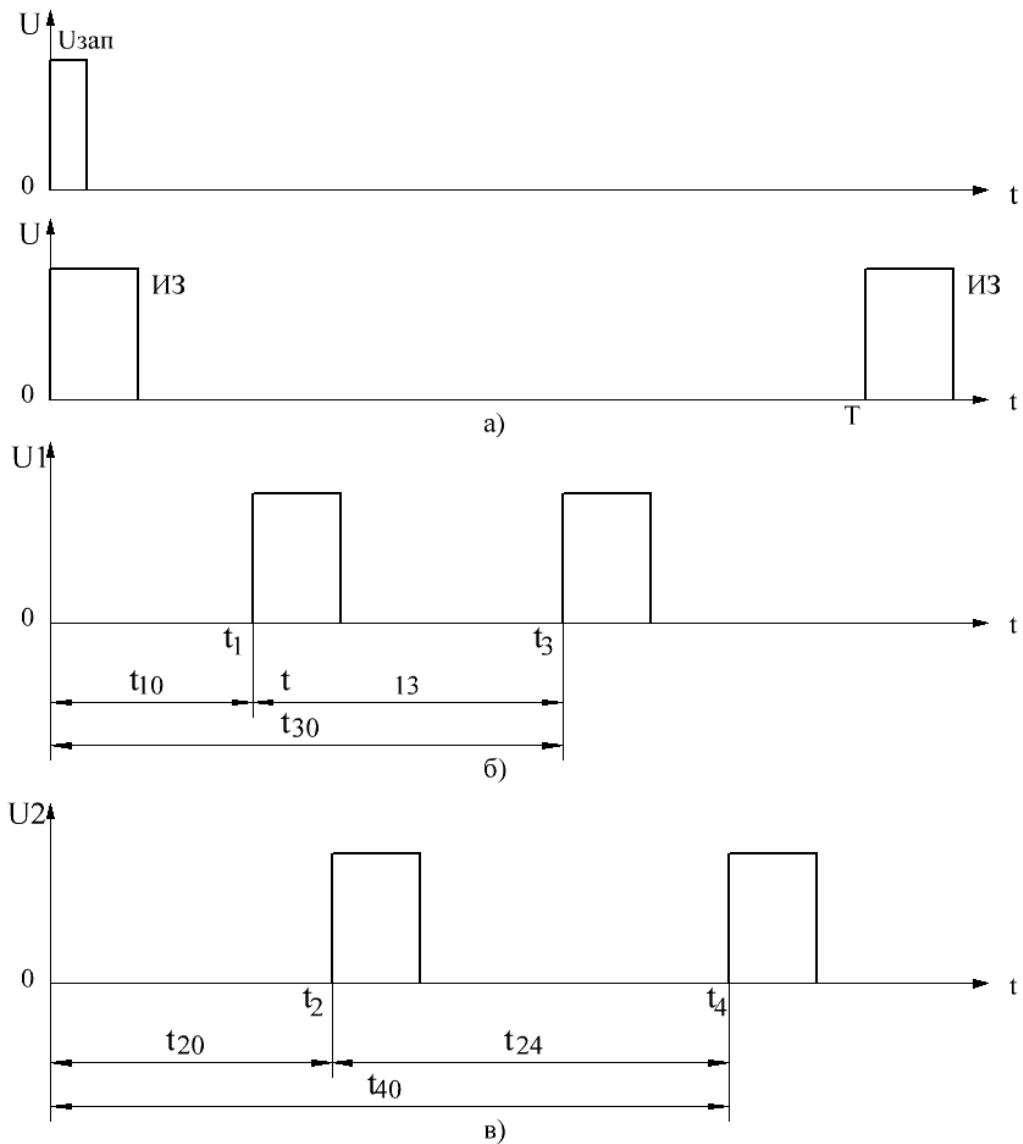


Рис. 3. Временные диаграммы

Излученный (прямой) сигнал (рис. 3, а) по волноведущему тракту 3-1 в момент времени  $t_1$  достигает плоскости установки приемника 5 канала до заградительной сетки, поступает на его вход, где усиливается и преобразуется в видеоимпульс (рис. 3, б), который поступает в блок обработки 1. Одновременно излученный (прямой) сигнал по волноведущему тракту 3-2 в момент времени  $t_2$  достигает плоскости установки приемника 6 канала после заградительной сетки, поступает на его вход, где усиливается и преобразуется в видеоимпульс, который также поступает в блок обработки 1.

Пройдя плоскости установки приемников 5 и 6, излученные сигналы по волноведущим трактам 3-1 и 3-2 достигают поверхности жидкости. Отраженные сигналы в моменты времени  $t_3$  и  $t_4$  вновь поступают на входы приемников 5 и 6, где они усиливаются и преобразуются в видеоимпульсы (рис. 3, в), поступающие также в блок обработки 1.

В блоке обработки вычисляются временные интервалы  $t_{31} = t_3 - t_1$  и  $t_{42} = t_4 - t_2$ , которые используются для расчета расстояний  $R_1$  и  $R_2$  (рис. 4) от плоскостей установки приемников 5 и 6 до поверхности жидкости соответственно до и после заградительной сетки 4.

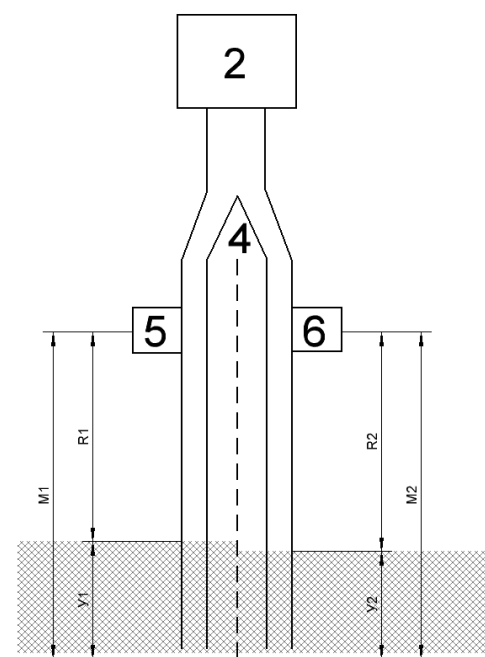


Рис. 4. Контролируемые расстояния и уровни

На рис. 4  $M_1$  и  $M_2$  – максимальные уровни жидкости от дна резервуара (водохранилища),  $R_1 = V(t^0)t_{31}/2$  и  $R_2 = V(t^0)t_{42}/2$  – расстояния от плоскостей установки приемников 5 и 6 до поверхности жидкости до и после заградительной сетки,  $V(t^0)$  – скорость распространения акустической волны, а  $Y_1 = M_1 - R_1$  и  $Y_2 = M_2 - R_2$  – измеряемые уровни жидкости от дна резервуара.

Применение единого для обоих каналов источника излучения импульсного сигнала 2 позволяет определить разность уровней между плоскостями установки приемников 5 и 6 (рис. 4)  $M_2 - M_1 = V(t^0)\Delta t$ , которая позволяет исключить погрешность высот установки приемников над дном резервуара (водохранилища).

Данные вычислений  $t_{31}$ ,  $t_{42}$  и  $\Delta t = t_{10} - t_{20}$  позволяют определить уровни жидкости  $Y_1$  и  $Y_2$ , а также разность уровней до и после заградительной сетки:

$$Y_1 - Y_2 = (M_1 - M_2) - 0,5V(t^0)(t_{31} - t_{42}) = V(t^0)[\Delta t - 0,5(t_{31} - t_{42})].$$

Для устранения взаимного влияния условий распространения акустических волн в каналах до и после заградительной сетки 4 (рис. 2) в уровнемере, выполненном в акустическом диапазоне, устройство разделения общего канала 3 на каналы 3-1 и 3-2 должно удовлетворять условию [3]

$$S_3 = S_{3-1} + S_{3-2},$$

где  $S_3$ ,  $S_{3-1}$  и  $S_{3-2}$  – соответственно площади внутренних сечений общего и разделенных волноведущих трактов.

Данное требование позволяет установить соотношение внутренних диаметров цилиндрических труб, используемых в качестве звуководов акустических волн  $D_3 = \sqrt{2}D_{3-1} = \sqrt{2}D_{3-2}$ , где  $D_3$  и  $D_{3-1} = D_{3-2}$  – соответственно внутренние диаметры труб общего 3 и разделенных 3-1 и 3-2 звуководов.

Использование двухканального приемного тракта при общем источнике акустических колебаний обеспечивает возможность синхронного контроля уровней жидкости в каждом

канале и разности уровней до и после заградительной сетки. При этом обеспечивается автоматический учет различия высот плоскостей приемников над плоскостью дна резервуара.

В расходомере для безнапорных водоводов [1] был использован акустический приемопередатчик АП-7Т уровнемера ЗОНД-3М [4], в котором время прихода прямого и отраженного сигналов регистрируется в момент превышения заданного порога передним фронтом первого колебания самого импульсного сигнала, что позволяет измерить уровень жидкости с абсолютной погрешностью не хуже  $\pm 1$  мм. Данную величину погрешности уровнемер должен обеспечивать при контроле уровней охлаждающего масла в двух смежных резервуарах при допустимом диапазоне изменения уровней не более нескольких сантиметров.

Диапазон изменения уровней жидкости в водохранилищах систем охлаждения тепло и атомных электростанций может превышать рабочий диапазон приемопередатчика АП-7Т, который составляет 10 – 12 м. Поэтому для контроля уровней жидкости в системах охлаждения ТЭС и АЭС необходимо использовать приемопередатчик АП-70Т уровнемера -3М, рабочий диапазон которого превышает 20 м. В отличие от АП-7Т в приемопередатчике АП-70Т время прихода прямого и отраженного сигналов регистрируется в момент превышения заданного порога передним фронтом огибающей импульсного сигнала. Поэтому абсолютная погрешность контроля уровня уровнемера с датчиком АП-70ВТ составляет около  $\pm 1$  см, что вполне удовлетворяет требованиям к контролю уровней жидкости в системах охлаждения ТЭС и АЭС.

### **Выводы**

Двухканальный уровнемер с единым источником сигнала обеспечивает синхронный контроль уровней и разности уровней жидкости в двух смежных резервуарах и двух частях водохранилища до и после разделительной сетки.

В составе уровнемера ЗОНД-3М имеются приемопередатчики, обеспечивающие необходимый диапазон контроля уровней и погрешность его измерения как в системах охлаждения ТЭС и АЭС, так и в системах охлаждения специализированных двигателей.

### **Список литературы:**

1. Жуков Б.В., Одновол А.В., Борбульов С.І., Сосновчик Д.М. Патент на корисну модель № 82450. Пристрій для вимірювання об'ємної витрати рідини у відкритих каналах і закритих трубопроводах без напору. 12.08.2013.
2. Жуков Б.В., Одновол А.В., Акустический уровнемер – расходомер для контроля расхода жидкости в безнапорных водоводах // Радиотехника. 2016. Вып. 184.
3. Ржевкин С.Н. Курс лекций по теории звука. Москва : МГУ, 1960. 336с.
4. Жуков Б.В., Солярский Н.Ф. и др. Низкочастотные модификации акустических преобразователей уровнемера “ЗОНД-3М”// Датчики и системы. 2007. №3. С.42 - 46.

*Поступила в редколлегию 03.02.2021*

### *Сведения об авторах:*

**Жуков Борис Владимирович** – канд. техн. наук, старший научный сотрудник отдела физических основ радиолокации; Институт радиофизики и электроники им А.Я. Усикова НАН Украины, Украина; e-mail: [zhukov@ire.kharkov.ua](mailto:zhukov@ire.kharkov.ua)

**Одновол Андрей Владимирович** – младший научный сотрудник; Институт радиофизики и электроники им А. Я. Усикова НАН Украины, Украина.