

Гидростатические датчики уровня

Как не ошибиться и что о них надо знать

Каким бы простым ни казался метод гидростатического измерения уровня, тем не менее, существуют некоторые особенности при выборе прибора, при установке и условиях дальнейшей эксплуатации которые необходимо учитывать.

В основе действия гидростатических датчиков уровня лежит закон пропорциональности между высотой столба жидкости и гидростатическим давлением этого столба:

$$P = \rho g h,$$

где P – гидростатическое давление столба жидкости, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения, ρ – плотность жидкости.

Особенности монтажа, выбора и применения

Существует три основных типа гидростатических уровнемеров – погружные, врезные и фланцевые, выделяемые по типу присоединения к процессу. Так же, так как этот фактор обуславливает специальные требования к материалам, из которых изготовлен прибор, имеет смысл выделять гидростатические уровнемеры по типу измеряемых сред: неагрессивная к нержавеющей стали, агрессивная к нержавеющей стали, пульпообразная, густая и абразивная среды. При

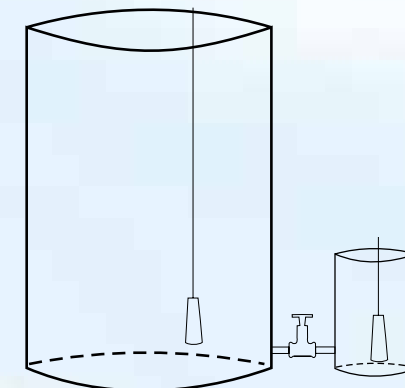
выборе метода измерения уровня, следует учитывать, что корректные измерения гидростатическими датчиками возможны только в средах с постоянной плотностью, так как гидростатическое давление зависит от плотности жидкости и величины уровня. При необходимости решения задачи измерения уровня в средах с меняющейся плотностью, возможна установка двух датчиков уровня. Один прибор устанавливается в емкость для отбора пробы. В емкости обеспечивается постоянный уровень и уровнемер измеряет

плотность, а данные со второго (собственно уровнемера) пересчитываются в контроллере с учетом текущей плотности среды, с которого уже скорректированный сигнал поступает в верхний уровень.

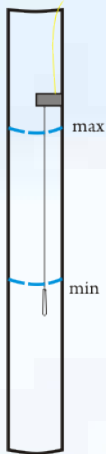
Гидростатические датчики уровня - датчики избыточного давления, которым необходима связь сенсора с атмосферой. У датчиков избыточного давления измеряемая среда ($P_{ср}$) и атмосферное давление ($P_{атм}$ бак) действуют с одной стороны чувствительного элемента и только атмосферное давление ($P_{атм}$) - с другой. Для открытых ёмкостей, $P_{атм} = P_{атм}$ бак. Таким образом, атмосферное давление в баке компенсируется атмосферным давлением вне его и датчик измеряет только давление среды.

Для измерения уровня в полностью закрытых емкостях, где создаётся избыточное давление (P изб.) между крышкой емкости и жидкостью, наиболее оптимальным будет применение гидростатических датчиков дифференциального давления. В этом случае, с помощью специального капилляра необходимо связывать датчик дифференциального давления с областью избыточного давления емкости.

Для подачи атмосферного давления в корпус погружного датчика уровня применяется специальный кабель, который помимо сигнальных линий несет еще и полую трубку, защищенную на обратном конце воздухопроницаемым, но водонепроницаемым фильтром. Корпус погружного датчика воздухопроницаем и должен быть водонепроницаем (степень пылевлагозащиты IP 68).

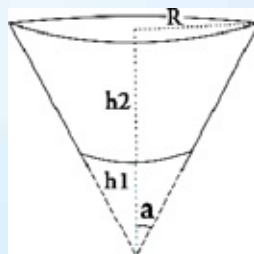


Длина кабеля должна быть больше максимального уровня жидкости в емкости. Так как в гидростатических датчиках уровня используется специальный кабель, то цена кабеля в цене датчика может быть очень существенна. При некоторых условиях можно уменьшить конечную стоимость прибора уменьшив длину кабеля. Для этого надо знать минимальный и максимальный уровень жидкости в емкости. Как только специальный кабель выведен в атмосферу, сигнал можно передавать далее и обычным кабелем. Технически, переход со специального кабеля в обычный реализуется с помощью клеммной коробки. В случае, когда в емкости всегда есть какой-то минимальный уровень, ниже которого измеряемая среда не опускается, прибор можно установить на фиксированной высоте и уровень учитывать как показания уровнемера плюс высота столба жидкости под ним.



При монтаже гидростатических уровнемеров, чтобы избежать влияния повышенного давления при закачивании жидкости, так как струя насоса может создавать область повышенного давления, датчики надо устанавливать на максимальном удалении от источника турбулентности.

С помощью гидростатического датчика уровня, можно измерять объём жидкости. Для цилиндрических и параллелепипедообразных емкостей используют формулу $V=S \cdot h$, где V – объём, S – площадь основания, h – высота. Для емкостей в форме усеченного конуса $V=\pi(h_2^3-h_1^3) / 3tg^2a$. Для ёмкостей сложных конфигураций емкость необходимо «разделить» на части и рассчитывать по формулам для параллелепипеда, цилиндра и конуса. Для горизонтально расположенных цилиндрических емкостей рекомендуется использовать BD Sensors RUS DMD 331-A-S, который позволяет калибровать выходной сигнал по табличным значениям, то есть достаточно точно учитывать кривизну емкости.



Измерение уровня в различных средах

Для измерения гидростатическими датчиками уровня сред неагрессивных к нержавеющей стали, наиболее оптимальны по соотношению цена/решение задачи - уровнемеры с корпусом из нержавеющей стали, керамическим пьезорезистивным сенсором с открытой или защищенной мембраной из нержавеющей стали. Открытая мембрана из нержавеющей стали подходит для случаев измерения загрязненной среды, но без включений могущих повредить мембрану.



Мембрана, закрытая защитным колпачком в таких средах быстро забивается отложениями и прибор начинает выдавать некорректные значения, поэтому, при выборе датчика с защищенной мембраной надо понимать уровень загрязнения среды, то есть частоту, с которой придется очищать мембрану. Это в свою очередь так же нежелательно, так как повышает риск повреждения мембраны при механической очистке. Другими словами, защищенную мембрану имеет смысл использовать для работы в средах с включениями крупнее технологических отверстий в колпачке предназначенных для доступа среды к мембране сенсора. Для сред с включениями могущими повредить мембрану, или сильно загрязненными, лучше использовать приборы с керамической мембраной.

Измерение уровня в агрессивных средах обуславливает исполнение мембраны, корпуса и уплотнения из специальных материалов некорродирующих или слабо корродирующих в измеряемой среде. Сегодня у BD Sensors RUS существуют решения для большинства использующихся в промышленности кислот, щелочей, растворов солей (например,



раствора гипохлорита натрия), морской воды. Например, погружной датчик уровня BD Sensors RUS LMK 858 с керамической мембраной, корпусом из PVDF, уплотнением из EPDM и кабелем с тефлоновым покрытием гарантированно «держит» серную кислоту (H₂SO₄) концентрацией от 5 до 98 % и температурой до 50 С.

Для погружных уровнемеров так же учитывают и материал, из которого изготовлен кабель. В уровнемерах БД Сенсорс РУС используются четыре типа кабеля: PVC- для воды и жидкостей на водной основе, PUR – для масел и маслообразных жидкостей, FEP – высокоагрессивных жидкостей (сильно концентрированных кислот и щелочей) и TPE для высокотемпературных сред до 125 С. При подборе уровнемера следует учитывать также и рабочую температуру измеряемой среды, так как высокие температуры могут выступать катализаторами или ускорять коррозию материалов, из которых изготовлен прибор. В каждом частном случае, под каждую агрессивную среду прибор подбирают по таблицам химической устойчивости веществ.



Сложность измерения уровня в пульпообразных, густых и абразивных средах обусловлена тем, что они требуют использовать мембрану незащищенную колпачком. В целом, оптимальным решением для таких сред являются приборы с керамическими мембранами, которые более устойчивы к абразивным средам и могут использоваться без защитных колпачков. Однако следует учитывать, что в общем случае, приборы с керамической мембраной предполагают большую погрешность по сравнению с металлической, а также не рекомендованы для использования в системах где возможны гидроудары.

Датчики уровня	LMP 331	LMP 331i	LMK 331	LMP 308/808 LMP 305/306/307	LMK 351	LMK 358/358H/858
Принцип измерения	Тензометрический			Емкостной		
Материал мембраны	Сталь		Керамика 96%	Сталь	Керамика 96%, Керамика 99,9%	
Тип давления	Избыточное, абсолютное		Избыточное, абсолютное	Избыточное	Избыточное	Избыточное
Диапазон измерения	от 4 кПа до 250 МПа	от 17 кПа до 60 МПа	от 60 кПа до 60 МПа	от 0,4 до 250 м.вод. ст.	от 4 кПа до 1 МПа	от 0,4 до 100 м.вод.ст.
Выходной сигнал	4...20 мА 0...10 В; 0...5 В 1...11 В; 1...6 В 0,5...4,5 В 0,8...3,2 В	4...20 мА 0...10 В	4...20 мА 0...10 В 0...5 В 1...11 В 1...6 В	4...20 мА 0...20 мА 0...10 В 0...5 В 1...11 В 1...6 В	4...20 мА	4...20 мА 4...20 мА / HART
Напряжение питания	12...36 В; 6...15 В 5 В	12...36 В	12...36 В	12...36 В	9...36 В	9...36 В
Основная погрешность	0,5 / 0,35 / 0,25 % / 0,1 % ДИ	0,1 % ДИ	0,5 % ДИ	0,5 / 0,35 / 0,25 % ДИ	0,35 / 0,25 % ДИ	0,2 / 0,35 % ДИ
Механическое присоединение	G 3/4", G 1/2", G 1/4", M20x1.5, M12x1, M10x1, M12x1.5, 1/2" NPT, 1/4" NPT и другие			Ø 17 - LMP 306 Ø 19 - LMP 305 Ø 27 - LMP 307 Ø 35 - LMP 308/808	G 1 1/2"	Ø 39.5 / Ø 45
Электрическое присоединение	DIN 43650, M12x1, Binder 723, Buccaneer, кабельный ввод PG7, полевой корпус и другие			Кабель. Материал оболочки: PVC, PUR, FEP	DIN 43650 и другие	Кабель. Материал оболочки: PVC, PUR, FEP
Материал корпуса	Сталь		Сталь, PVC, PVDF	Сталь, PVC	Сталь, PVC, PVDF	Сталь, PVC
Диапазон температуры измеряемой среды	-40...125 °С	-40...125 °С	-25...135 °С	-20...70 °С - LMK 308 0...50 °С - LMK 808	-25...125 °С	-10...70 °С - LMP 358 0...50 °С - LMP 858
Диапазон температур окружающей среды	-40...85 °С	-40...85 °С	-40...85 °С		-25...85 °С	
	Общепромышленные датчики	Высокоточные датчики	Датчики для измерения давления агрессивных сред	Погружные датчики уровня	Врезной датчик уровня для агрессивных сред	Погружные датчики уровня для агрессивных сред