

УДК 681.12:534.232-8

Е.А. Бережной, В.А. Зенин, к. т. н.

ОАО «Полтавский ГОК»

В.М. Литовченко, Г.Ю. Народницкий, к. ф-м. н.

ЧП НТФ «ЛІТ»

Опыт применения ультразвуковых уровнемеров для измерения уровня сыпучих материалов

Ультразвуковые уровнемеры являются наиболее простыми и дешевыми неконтактными уровнемерами, с метрологическими характеристиками, удовлетворяющими требованиям автоматизации внутреннего учета на предприятиях. Стоимость ультразвуковых уровнемеров ниже, чем радиолокационных, а надежность в процессе эксплуатации выше.

Погрешность ультразвуковых уровнемеров больше радиолокационных за счет гораздо более сильной зависимости скорости ультразвука от температуры и влажности воздуха, чем радиолокационных сигналов [1]. Однако, при измерении уровня сыпучих материалов, имеющих, как правило, неровную наклонную поверхность, и ультразвуковые и радиолокационные уровнемеры измеряют уровень не на оси датчиков, а в области с довольно значительными поперечными размерами (обычно около 10% от расстояния до поверхности). Эта неопределенность в месте формирования отраженного сигнала дает погрешность на 1 – 2 порядка больше погрешности радиолокационного уровнемера и, в итоге, погрешность измерения уровня сыпучих материалов для обоих типов уровнемеров очень близка. Затухание ультразвука и электромагнитных волн в запыленном воздухе определяется, в основном, рассеянием на частицах пыли, и также имеет близкое значение.

Основная часть публикаций по результатам эксплуатации ультразвуковых уровнемеров относится к уровнемерам для жидких сред (например [3, 4]). Сведения о результатах длительной эксплуатации ультразвуковых уровнемеров

для сыпучих сред практически отсутствуют и ограничиваются, как правило, лишь рекламными проспектами производителей.

На Полтавском горно-обогатительном комбинате с января 2001 года эксплуатируются 25 ультразвуковых уровнемеров «ЛИНАР», изготовленных предприятием НТФ «ЛПТ» (г. Харьков). Уровнемеры установлены в бункерах для хранения руды высотой до 18 метров. Предварительные исследования показали, что эти уровнемеры имеют точностные и эксплуатационные характеристики не хуже ультразвуковых уровнемеров «Милтроникс». В то же время, уровнемеры «ЛИНАР» имеют существенно меньшую стоимость и больший энергетический запас, необходимый при большой концентрации пыли.

За время эксплуатации уровнемеров было несколько выходов их из строя из-за влияния вибрации на источник питания. После усовершенствования конструкции источника питания, уровнемеры работают стабильно, не нуждаясь в какой либо подстройке, регулировке и т.п.

Основные технические и метрологические характеристики установленных на обогатительной фабрике уровнемеров следующие:

- диапазон измерений 0 – 18 м;
- пределы допускаемой погрешности $\pm 1\%$ от верхней границы диапазона измерений;
- индикация цифровая: 4 цифры с младшим разрядом 1 см;
- выход: унифицированный сигнал постоянного тока 4 – 20 мА (возможен интерфейс RS232 или RS485)
- габаритные размеры датчиков (для диапазона 18 м) не более 400x200x200 мм.

Измерительно-вычислительные блоки расположены на удалении от 5 до 20 м от датчиков в специальных шкафах (возможно удаление до 500 м.)

Следует отметить, что основные отличия ультразвуковых уровнемеров «ЛИНАР» от ультразвуковых уровнемеров других фирм – это глубокая адаптация под конкретные задачи конструкции датчиков, режимов работы и алгоритмов обработки сигналов. Изготовлению уровнемеров «ЛИНАР» предшествует, как правило, тщательное изучение условий работы уровнемера, на основании которого выбираются характеристики аппаратуры и вид обработки.

При выборе режимов работы ультразвукового уровнемера и создании соответствующей аппаратуры необходимо учитывать, что при работе с сыпучими материалами диапазон изменения даже средних уровней принимаемых флуктуирующих сигналов на одном и том же расстоянии может достигать 50 – 60 дБ (в основном зависит от максимального наклона поверхности и запыленности воздуха). Вторая особенность рассматриваемых условий работы уровнемера – необходимость обеспечить небольшую «мертвую зону» (минимальное измеряемое расстояние от датчика до поверхности) при одновременном высоком энергетическом потенциале, требуемом на максимальном расстоянии. При этом необходимо учитывать зависимость от частоты ультразвука отражающей способности статистически неровной поверхности сыпучих материалов [2]. В результате, в зависимости от конкретных задач, в широких пределах меняется частота ультразвука, длительность сигналов, параметры автоматической регулировки усиления, алгоритмы обработки. Все это создает предпосылки для надежной работы уровнемеров.

В ходе испытаний ультразвуковых уровнемеров и начального периода их эксплуатации проводились исследования влияния условий измерений на величину рассеянных поверхностью сыпучих сред сигналов принимаемых уровнемерами. При этом, было обнаружено следующее:

1) Диапазон частот ультразвука от 15 до 50 кГц является, по видимому, оптимальным для работы с сыпучими средами в условиях запыленности. При меньшей частоте ультразвука сложно обеспечить требуемую небольшую ширину диаграммы направленности приемно-излучающей системы, а при более высокой частоте ультразвука уже становится недопустимо большим затухание ультразвука в запыленной среде.

2) При отсутствии наклона поверхности сыпучей среды и расстоянии до нее до трех метров, средняя амплитуда сигналов изменялась не более, чем в 3 раза, что удовлетворительно объясняется вариациями среднего квадратичного наклона неровностей поверхности. В соответствии с результатами расчета интенсивности акустических сигналов, рассеянных статически неровной поверхностью в приближении Кирхгофа, при высоте неровностей больше длины волны

ультразвука, диаграмма рассеяния поверхности определяется средним квадратичным наклоном неровностей поверхности [5]. В частном случае изотропной поверхности и приема сигналов в обратном направлении, амплитуда (давление) P рассеянных сигналов пропорциональна величине $D(\theta, \gamma)$:

$$D(\theta, \gamma) = \frac{1}{\delta_\gamma \cos^2 \theta} e^{-t g^2 \theta / 4 \delta_\gamma^2} \quad (1)$$

где θ - угол падения ультразвука на поверхность, δ_γ - средний квадратичный наклон неровностей. При нормальном падении ультразвука на поверхность, $\theta = 0$,

$D(\theta, \gamma) = 1/\delta_\gamma$. Изменения среднего квадратичного наклона неровностей в 2 – 3 раза приводит к такому же изменению средней амплитуды сигналов (амплитуды отдельных рассеянных сигналов могут сильно флуктуировать в соответствии с распределением Рэля [6] из-за некогерентного характера рассеянных сигналов).

3) При наклоне поверхности до 45° средняя амплитуда сигналов уменьшается в 3 – 5 раза, что соответствует среднему квадратичному наклону по (1) около 0,4 (угол наклона неровностей γ около 20°).

4) В целом, из-за изменения наклона неровностей поверхности и отличий в наклонах поверхности, средняя амплитуда сигналов может изменяться в 10 -20 раз.

5) Запыленность приводит к уменьшению принятых сигналов в указанном диапазоне частот на расстоянии до 20 метров в 10 -100 раз.

В ходе эксплуатации уровнемеров регулярно проводились контрольные измерения уровня контактным методом, с помощью опускаемого груза на мерной ленте. Отличия показаний уровнемера и результатов контрольных измерений не превышали 10 см при расстоянии между датчиком уровнемера и поверхностью до 18 метров.

Приведенные результаты показывают перспективность использования ультразвуковых уровнемеров «ЛИНАР» для измерения уровня сыпучих сред, с неровной наклонной поверхностью, в условиях значительной запыленности.

Библиографический список

1. Народницкий Г.Ю. Анализ метрологических характеристик ультразвуковых уровнемеров/ Украинский метрологический журнал.-2001.-№1.-С.58-60.
2. Народницкий Г.Ю. Об учете длины волны излучения при расчетах энергетических характеристик рассеяния морской поверхностью / Изв. АН СССР. Физика атм. и океана. – 1979. - №11. – С.1223-1225.
3. Жмылев А.Б., Лисицинский Л.А., Топунов А.В. Испытание нового ультразвукового уровнемера «ВЗЛЕТ УР» / Измерительная техника. – 2001. - №2. – С.70-72.
4. Глотов Е.В., Федоров В.Л. Конверсионная продукция : комплекс ультразвуковых приборов контроля и регулирования жидких сред / Приборы и системы управления. – 1996. - №8. – С. 26-27.
5. Акустика океана. – Под ред. Л.М. Бреховских. Часть 4. М. : Изд. «Наука», 1974. - 693с.
6. Акустика океана. – Под ред. Л.М. Бреховских. Часть 3. М. : Изд. «Наука», 1974. - 693с.

РЕФЕРАТ

К статье «Опыт применения ультразвуковых уровнемеров для измерения уровня сыпучих материалов»

Рассмотрены особенности применения ультразвукового уровнемера для измерения уровня сыпучих средств с неровной наклонной поверхностью в условиях значительной запыленности. Приведены результаты эксплуатации уровнемеров на горно-обогатительном комбинате.

Features of application of a ultrasonic level gauge for measurement of a level of loose means with a rough inclined surface in conditions of a significant dust content are considered. Results of operation of level gauges at ore dressing combine are resulted.

Ключевые слова: ультразвуковой уровнемер, сыпучая среда, неровности, рассеяние, запыленность