

08

О некоторых новых возможностях использования волн цилиндрических излучателей

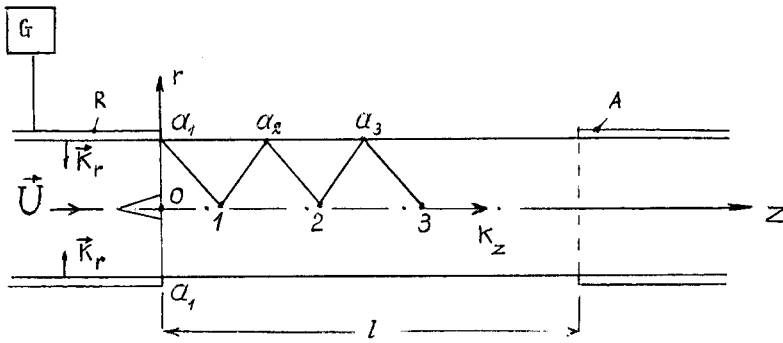
© И.А. Колмаков

Поступило в Редакцию 17 апреля 1998 г.

Рассматривается новый принцип измерения расхода на основе использования цилиндрических излучателей, обладающий существенными преимуществами перед известными. Обсуждаются преимущества использования подобных излучателей в волноводной технике.

В данном сообщении рассматриваются два аспекта использования акустических цилиндрических волн: в расходомерии и волноводной технике передачи информации, — при этом значительно расширяются возможности указанных прикладных областей акустики.

Для точного определения расхода необходимо знать скорость течения среды одновременно во всех точках радиального сечения канала (трубопровода) с "измеряемой" средой и, что не менее важно, чтобы первоначальная информация о потоке могла быть измерена с высокой точностью. При выполнении первого условия исключается присущая всем известным способам измерения расхода основная методическая погрешность. Значимость второго условия не требует пояснений. Далее рассматривается новый принцип измерения расхода с помощью волн, создаваемых цилиндрическим излучателем, исключаяющий названную погрешность, в котором выполняется и второе условие, так как измеряемой величиной в нем является частота, точность измерения которой весьма высока. Для краткости изложение нового принципа измерения дается на примере конкретного расходомера, принципиальная схема которого вместе с образующимся в среде внутри канала волновым полем совмещены на одном рисунке. С генератора электрических сигналов G на излучатель цилиндрических волн R подается короткий импульс возбуждения, под воздействием которого происходит излучение цилиндрической волны. Распространение волны сопровождается искривлением приторцевого участка волнового фронта и образованием вблизи



продольной оси OZ конуса. Конусообразная форма фронта обуславливает появление продольной компоненты импульса (или, в зависимости от амплитуды волны, движения среды как целого), возбуждающей бегущие от области с цилиндрическими волнами вдоль OZ плоские волны. После "отражения" от оси OZ образуется расходящаяся цилиндрическая волна, которая, достигнув стенки канала и отразившись от нее, вновь побежит к оси OZ . В момент отражения от продольной оси вновь образуются две бегущие в противоположные стороны плоские волны и т.д. Таким образом, от одного внешнего импульса в среде внутри канала образуется последовательность реверберационных цилиндрических (затухающих) волн и одновременно такое же число бегущих в одном направлении плоских волн. Если среда в канале неподвижна, то и торцевая плоскость цилиндрической волны a_1Oa_1 неподвижна. При движении среды со скоростью U торцевая плоскость a_1Oa_1 перемещается с той же скоростью. На рисунке "траектории" цилиндрических волн в плоскости a_1Oa_1 условно изображены при $U = 0$ прямой Oa_1 ; при $U \neq 0$ прямыми $a_11, 1a_2, a_22, \dots$, причем точка O соответствует времени $t_0 = 0$, 1 — времени t_1 и т.д., т.е. $t_1 = R_0(c + U)^{-1}$, $t_2 = t_1 + 2R_0(c + U)^{-1}, \dots$, где R_0 — радиус канала, c — скорость звука в среде. Следовательно, приемник П будет регистрировать частоту сигналов, измененную течением среды по доплеровскому типу: "источник" информативных сигналов — область с цилиндрическими волнами, генерирующей вдоль OZ плоские волны, движется вместе с потоком со

скоростью U относительно приемника сигналов A . Регистрируемая с помощью Π частота

$$\nu = \frac{c}{2R_0} \left(1 + \frac{U}{c} \right), \quad (1)$$

а объемный расход через канал с учетом (1) определится выражением

$$Q = \pi R_0^3 (2\nu - \nu_0), \quad \nu_0 = cR_0^{-1}. \quad (2)$$

Одновременно с объемным возможно измерение и массового расхода [1]: $Q_m = Q \cdot \rho$. В этом случае по частоте ν определяется c , по амплитуде акустического давления P' на преобразователе (выполняющем, например, одновременно и попеременно функции излучателя и приемника им же создаваемых цилиндрических волн) значение ρ' , так как $c = (P \cdot \rho^{-1})^{1/2}$. Наиболее важное достижение от использования цилиндрических волн состоит в том, что при каждом однократном распространении цилиндрической волны от стенки канала к его продольной оси произойдет "автоматическое" интегрирование значений скоростей во всех точках радиального сечения канала с потоком, так как в любой точке сечения снос волны в точности равен "мгновенному" значению скорости течения именно в этой точке. Следовательно, момент прихода цилиндрической волны к оси будет соответствовать точному значению скорости потока U (расхода) и, таким образом, регистрируемая приемником частота будет определять точное значение расхода. Реализуемость рассмотренного принципа измерения расхода подтверждается экспериментами.

Другое эффективное использование цилиндрических преобразователей возможно в технике передачи информации по акустическим волноводам. Ограничимся краткой констатацией преимуществ в подобных случаях. Как известно [2,3], использование нормальных волн в качестве информативных затруднено существованием у волноводов наборов критических частот. Плоские волны, возбуждаемые цилиндрическими излучателями, не являются нормальными и потому для них не существует критических частот (что также проверялось экспериментально). Следовательно, при использовании цилиндрических излучателей становится возможной передача информации в любом частотном диапазоне. Движение же среды в волноводе создает дополнительный канал управления частотой. Кроме того, некоторые эксперименты возможны только

при использовании цилиндрических излучателей, например, в случае взаимодействия встречных плоских волн, когда цуги первичных волн занимают всю внутреннюю область канала между излучателями.

Список литературы

- [1] *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Гидродинамика. М.: Наука, 1988. 733 с.
- [2] *Исакович М.А.* Общая акустика. М.: Наука, 1973. 495 с.
- [3] *Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П.* Теория волн. М.: Наука, 1979. 387 с.