

УДК 621.534

О ПРОГРАММЕ RUDIP ДЛЯ РАСЧЁТА ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗОНДОВ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ

Гимадиев А.Г., Самарский университет, г. Самара, gimadiev_ag@mail.ru
Быстров Н.Д., Самарский университет, г. Самара
Устинов А.В., Самарский университет, г. Самара

Ключевые слова: пульсации давления, измерение, динамическая погрешность, корректирующий элемент, частотная характеристика, методика расчёта, программа расчёта, диалоговый режим.

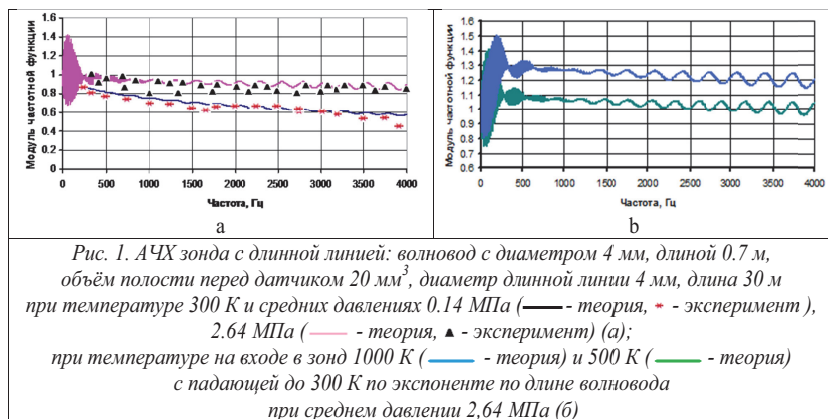
Пульсации давления газа являются одними из основных параметров, учитываемых при доводке газотурбинных двигателей и других энергетических установок [1,2]. Для получения достоверной информации о пульсационном состоянии узлов двигателей необходимо, чтобы динамическая погрешность измерения пульсаций давления не превышала 5...10 % в частотном диапазоне 5...5000 Гц. Ряд фирм поставляют высокотемпературные датчики пульсаций давления, но часто температура газа в объектах контроля превышает допустимые для датчиков величины, а их чувствительность иногда недостаточна для регистрации слабых пульсаций давления. Поэтому возникает необходимость в присоединении датчика к процессу при помощи волноводного канала (волновода). Известно, что в волноводе происходят резонансные колебания, обуславливающие дополнительную динамическую погрешность измерения пульсаций давления. Для повышения достоверности информации в структуре измерительного канала применяют корректирующие элементы (КЭ). Устройство, состоящее из датчика пульсаций давления, волновода, присоединенного к процессу, и КЭ в технической литературе получило название акустического зонда (АЗ). В докладе рассмотрены КЭ с распределенными и сосредоточенными параметрами, указаны их преимущества и недостатки. Анализ проводится без учёта погрешности самого датчика пульсаций давления.

Программа RUDIP для расчета частотных характеристик АЗ разработана на основе импедансного метода с учётом высокочастотных энергетических потерь по длине каналов [3]. В соответствие с указанным методом построен алгоритм расчета частотных характеристик акустических зондов с корректирующими элементами, разработанными авторами. Программа RUDIP построена на алгоритмическом языке C++ Builder. Программный набор RUDIP содержит 21 файл: исполняемый файл RUDIP1.EXE и 20 файлов изображений. Программа позволяет рассчитывать АЧХ,

ФЧХ, модуль и аргумент акустической входной проводимости АЗ, выбрать параметры подводящего канала и корректирующих элементов, обеспечивающих измерение в требуемом диапазоне частот с допустимой динамической погрешностью.

В программе расчёта частотных характеристик АЗ RUDIP учтены: тип датчика (давления, перепада давления); тип волновода (однородный, неоднородный по температуре, неоднородный по площади поперечного сечения, неоднородный по температуре и площади поперечного сечения); наличие КЭ (без КЭ, с КЭ); схема коррекции АЧХ зонда (с длинной линией, с пучком капиллярных каналов, с пористым поглотителем колебаний, с сосредоточенными дросселями, с автоматически регулируемым дросселем); предусмотрено графическое построение характеристик, хранение данных в виде графиков и таблиц; обеспечивается диалоговый ввод и изменение параметров АЗ.

Результаты расчёта АЗ с длинной линией подтверждаются многочисленными экспериментальными данными, например, заимствованными из работы [4] (рис. 1).



Остаточную динамическую погрешность зонда, обусловленную несогласованностью КЭ с волноводом, предлагается компенсировать цифровой коррекцией по разработанной авторами программе на основании расчётных или экспериментальных полученных на стенде данных его АЧХ.

Анализ коррекции частотных характеристик АЗ при помощи RUDIP позволил сделать следующие выводы:

- в общем случае динамическая погрешность АЗ зависит от параметров объекта контроля на его входе (среднего давления и спектра его пульсаций, температуры газа), от диаметра, длины и неоднородности волновода, объёма полости на входе в датчик и объёмной подагливости

его чувствительного элемента, степени согласованности параметров КЭ с волноводом;

- длинная «бесконечная» линия, несмотря на её массу и габариты, является одним из эффективных КЭ АЗ, длина которой, в зависимости от среднего давления, может достигать 20-50 м, причём, чем выше давление, тем больше должна быть длина согласованной линии;

- при применении длинной линии всё таки возникает динамическая погрешность в области низких частот, обусловленная четверть-волновым резонансом самой длинной линии с волноводом, а также резонансом волновода с полостью на входе в датчик;

- в случае применения коротких волноводов и стабильного среднего давления в качестве корректирующего элемента АЗ целесообразно применять малогабаритные акустические РС-фильтры;

- температурная неоднородность волновода приподнимает амплитудно-частотную характеристику зонда в степени $\frac{1}{4}$ от отношения температур на входе в зонд и датчик давления.

Список литературы

1. Акустические методы и средства измерения пульсаций давления / *В.П. Шорин, Е.В. Шахматов, А.Г. Гимадиев, Н.Д. Быстров*. Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2007. 132 с.
2. *Zinn H., Habermann, M.* Developments and experiences with pulsation measurements for heavy-duty gas turbines (2007) Proceedings of the ASME Turbo Expo, 1, pp. 639-648.
3. *Гимадиев А.Г., Быстров Н.Д., Устинов А.В.* Разработка методики и программы расчёта неоднородных газовых измерительных цепей // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета), №3 (34), часть 2, 2012. С. 263-268.
4. *Фурлетов В.И., Дубовицкий А.Н., Ханян Г.С.* Определение частотной характеристики измерительной системы «датчик колебаний давления-волновод» при повышенных параметрах газа // Развитие средств и методов испытаний авиационных двигателей (Сборник статей). Колл. авторов М.: ЦИАМ, 2010. 252 с.