

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СТЕНДОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ В КАЧЕСТВЕ АКУСТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЗОНДОВ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ

Быстров Н.Д., Гимадиев А.Г.

Самарский университет, г. Самара, bystrof-nd@yandex.ru

Ключевые слова: ГТД, газо-воздушный тракт, пульсации давления, акустический зонд, длинная линия.

Измерение и контроль пульсаций давления в воздушно-газовом тракте современных газотурбинных двигателей вошло в практику их стендовых доводочных испытаний.

Пульсации давления измеряют во входных устройствах [1,2], за компрессорами среднего и высокого давления [3,4], в камере сгорания [5], а в ряде случаев в выхлопных устройствах двигателя.

За последние годы произошли заметные перемены в использовании датчиков динамического давления в конструкции устройств для измерения пульсаций давления. Отдается предпочтение датчикам с пьезоэлементом в качестве чувствительного элемента, как обеспечивающего более широкий диапазон частот измерения. Двигателестроительным фирмам по-прежнему нужны датчики, выдерживающие не только высокие средние давления, но и порой высокие температуры рабочей среды, причём способные работать в течение продолжительного времени.

В этой связи измерение пульсаций давления в ГТД осуществляется с помощью акустических зондов. Подводящий волновод, входящий в состав зонда является резонирующим элементом, значительно искажающим передаваемые к датчику давления колебания.

Среди разнообразных корректирующих элементов зондов на практике особую роль играют неотражающие нагрузки в виде длинных линий. Производственниками в ряде стендовых испытаний используется более технологичное решение: применение, помимо подводящих металлических трубок, длинных стендовых измерительных линий, составленных из дюритовых шлангов или совокупности дюритовых шлангов и коротких отрезков металлических трубопроводов. В прилагаемом материале показаны результаты некоторых испытаний модельного зонда с несколькими видами акустических нагрузок для согласования его амплитудно-частотной характеристики.

Эксперименты по изучению влияния геометрических характеристик длинных линий, изготовленных из различных материалов, проводились на частотном стенде Самарского университета. Испытания проводились при средних давлениях до 14 кгс/см^2 , температурах 20^{+10} С и частотах до 850 Гц.

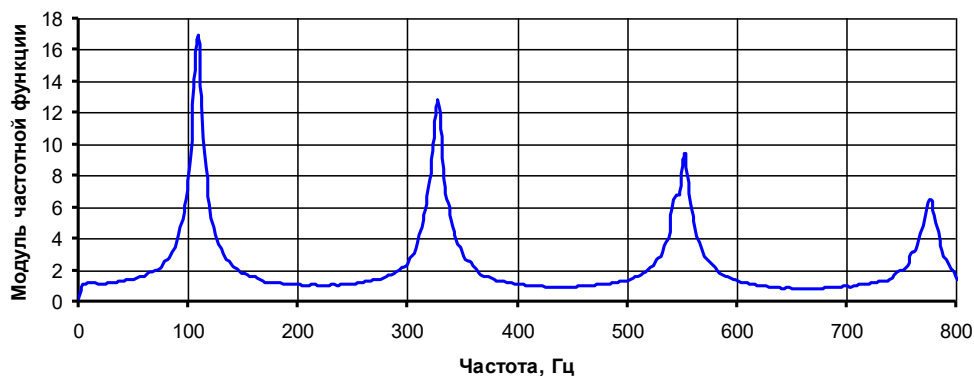


Рис. 1 – Экспериментальная амплитудно-частотная характеристика модельного акустического зонда с параметрами: среднее давление 4 кгс/см^2 , волновод D_{y6} из X18H9T длиной 0,79 м, приведённый объем полости датчика давления 100 мм^3 , без корректирующего элемента

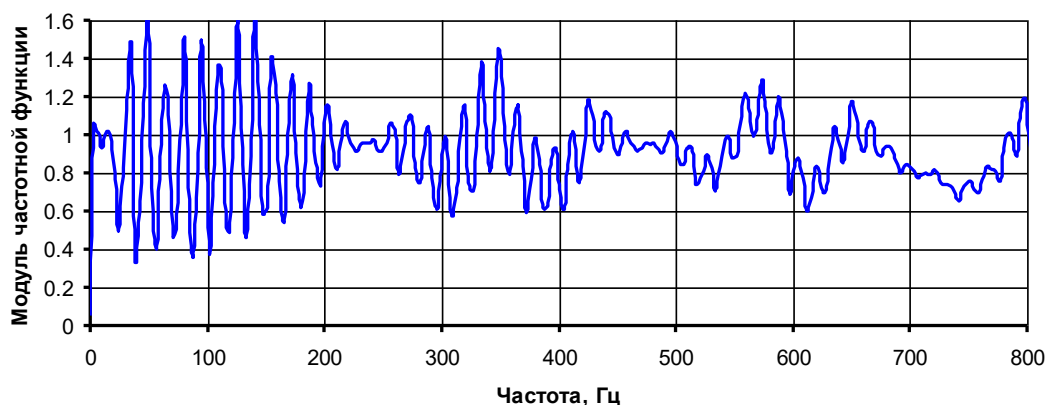


Рис. 2 – Амплитудно-частотная характеристика модельного акустического зонда с параметрами: среднее давление 4 кгс/см², волновод Ду6 из Х18Н9Т длиной 0,79 м, приведённый объем полости датчика давления 100 мм³, корректирующий элемент в виде двух последовательно соединенных гибких дюритовых шлангов Ду6 с длинами 1,8 м и 10 м

В результате проведенной экспериментальной работы была показана качественная возможность применения свободных стендовых линий, в том числе состоящих из наборов дюритовых шлангов в качестве согласованных нагрузок для акустических зондов, для измерения пульсаций давления в процессе стендовых испытаниях ГТД. Однако следует иметь в виду, что для получения количественных результатов, хотя бы с погрешностью не более 15...20%, потребуется проведение дополнительных исследований.

Список литературы

1. Исследование частотных характеристик акустического зонда для измерения пульсаций давления во входном устройстве газотурбинного двигателя / В.Н. Иваненко, Т.Г. Александрова, Е.С. Дягилева, А.Г. Гимадиев, Н.Д. Быстров // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). 2015. Т. 14. № 3-2. С. 491-500.
2. Устройство для измерения пульсаций давления газа / А.Г. Гимадиев, С.А. Касьянов, Е.С. Дягилева, Н.Д. Быстров / Патент на полезную модель RU 184246 U1, 18.10.2018. Заявка № 2018123844 от 29.06.18.
3. Шорин В.П. 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.
4. Фурлетов В.И. Определение частотной характеристики измерительной системы «датчик колебаний давления – волновод» при повышенных параметрах газа / В.И. Фурлетов, А.Н. Дубовицкий, Г.С. Ханян // Развитие средств и методов испытаний авиационных двигателей (Сборник статей). Коллектив авторов. М.: ЦИАМ, 2010. 252 с.
5. Patent US 2015/0268121 A1 – Probe for measuring pressure oscillations in the combustor of a gas turbine. Pub. Date: Sep. 24, 2015. Applicant: Alstom Technology Ltd. Inventors: Hanspeter Zinn, Nicolas Noiray, Bruno Schuermans, Danda-Raj Pahari, Dejan Rajkovic. Assignees: AlstomTechnologLtd.

Сведения об авторах

Быстров Николай Дмитриевич, д-р техн. наук, профессор кафедры автоматических систем энергетических установок Самарского университета. E-mail: bystrof-nd@ya.ru. Тел. (846) 335-19-05. Область научных интересов: коррекция динамических характеристик систем измерения давления при испытаниях ГТД.

Гимадиев Асгат Гатьятович, д-р техн. наук, профессор кафедры автоматических систем энергетических установок Самарского университета. E-mail: gimadiev_ag@mail.ru. Тел. (846) 335-19-05. Область научных интересов: динамика пневмогидравлических систем управления и контроля энергетических установок.

ON USING BENCH MEASURING PIPELINES AS ACOUSTIC LOADS OF PRESSURE PULSATION PROBES

Bystrov N.D., Gimadiev A.G.

Samara University, Samara, Russia, bystrof-nd@yandex.ru

Keywords: GTE, air-gas path, pressure pulsations, acoustic probe, long line.

When adjusting the gas turbine engine for operating parameters, measurement of pressure pulsations in elements of the gas generator path is carried out using acoustic probes. The input waveguide included in the probe is a resonating structural element that significantly distorts the vibrations transmitted to the pressure sensor.

Among the various corrective elements for acoustic probes, non-reflective loads in the form of long lines play a special role in practice. During bench tests, it is convenient for manufacturers to use, in addition to long lines of metal materials, long lines made up of durite hoses or a set of durite hoses and short sections of metal pipelines. The attached material shows the test results of a multi-load model probe. The possibility of such a solution is shown.