

ДИНАМИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ЗОНДОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ДАВЛЕНИЯХ

© 2009 А. Г. Гимадиев¹, Н. Д. Быстров¹, С. А. Ильинский², А. З. Ермошкин¹

¹Самарский государственный аэрокосмический университет
²Самарский научно-технический комплекс имени Н.Д. Кузнецова

Динамические испытания зондов для измерения пульсаций давления в проточном тракте ГТД необходимы для проверки работоспособности зондов в условиях, близких к эксплуатационным, и оценки их динамической точности. Для решения указанных задач в СГАУ создан стенд, позволяющий проводить динамические испытания зондов при повышенных давлениях.

Измерения пульсаций давления, зонды, динамические испытания, проточный тракт ГТД, генератор колебаний давления, стенд для частотных испытаний зондов

Динамические испытания зондов для измерения пульсаций давления в проточной части ГТД с устройствами коррекции частотных характеристик проводятся в целях проверки работоспособности математических моделей процессов и отработки (доводки) опытных образцов зондов перед их непосредственным применением при разнообразных испытаниях газотурбинных двигателей [1,2].

Для проведения динамических испытаний с целью экспериментальной отработки зондов для измерения пульсаций на предмет соответствия их частотных характеристик расчетным на кафедре АСЭУ СГАУ усилиями авторов были созданы стендовое оборудование и измерительно-регистрационный комплекс, позволившие проводить частотные испытания при повышенных средних давлениях.

Оборудование для динамических испытаний зондов состоит из стенда и регистрационного комплекса.

Стенд представляет собой совокупность пневматического генератора колебаний давления и вспомогательных систем, предназначенных для питания генератора рабочим телом и управления параметрами рабочей среды на входе и выходе генератора, а также частотой генерируемых колебаний давления (рис. 1).

Общий вид генераторной части стенда с установленным для проведения испытаний зондом для измерения пульсаций давления в проточной части ГТД представлен на рис. 2.

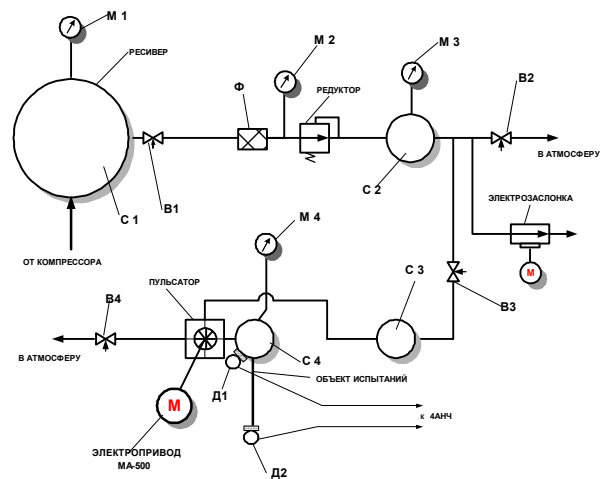


Рис. 1. Пневматическая схема стенда для частотных испытаний зондов при высоком давлении: М1, М2, М3, М4 – манометры; В1, В2, В3, В4 – вентили; С1, С2, С3, С4 – емкости; Ф – фильтр воздушный; Д1, Д2 – датчики пульсаций давления



Рис. 2. Общий вид стенда высокого давления. В центре – испытательная камера с датчиком ДД-10 и акустическим зондом П.1422

Конструктивная схема акустического генератора колебаний давления (без электропривода) представлена на рис. 3.

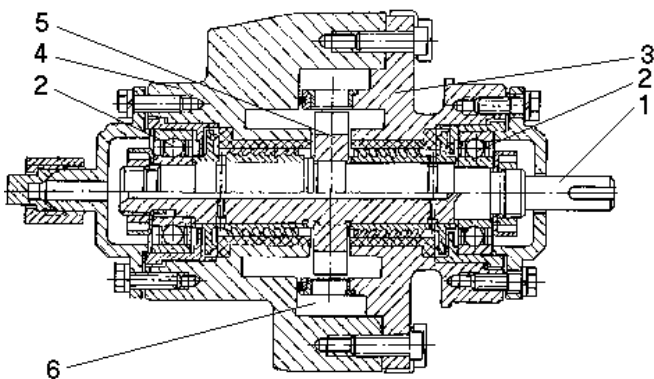


Рис. 3. Конструктивная схема генератора колебаний давления (пульсатора): 1- приводной вал; 2- подшипник; 3- крышка корпуса; 4- корпус; 5- модулирующий диск; 6- объем, связанный с рабочей камерой генератора

Для измерения малых пульсаций давления на фоне высокого среднего давления разработан герметичный корпус с установленным внутри него дифференциальным датчиком давления ДМИ- -0.6-1 (рис. 4).

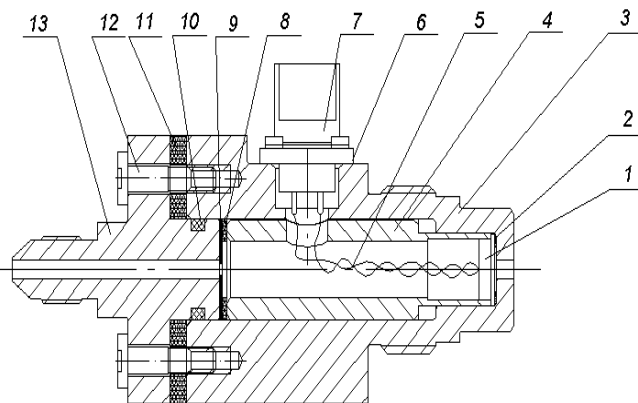


Рис.4. Герметичный корпус с установленным датчиком ДМИ-0.6-1:
1 - датчик ДМИ-0,6-1; 2 - прокладка уплотнительная; 3 - корпус; 4 - прокладка; 5 - провод соединительный; 6 - прокладка; 7 - штепсельный разъем; 8 - прокладка; 9 - дроссельная шайба; 10 - кольцо уплотнительное; 11 - прокладка; 12 - винт; 13 - крышка со штуцером для подвода стационарной составляющей давления

Основные характеристики стенда представлены в табл. 1.

В качестве примера на рис. 5 приведена типичная осциллограмма пульсирующего давления в генераторе колебаний на частоте

635 Гц в окне программы POVS 21, использовавшейся для обработки данных.

Таблица 1 – Основные характеристики стенда

№ п/п	Параметры	Значения
1	Среднее давление воздуха, МПа	до 2,5
2	Диапазон частот генерируемых колебаний, Гц	до 1000 Гц
3	Диапазон амплитуд пульсаций давления, МПа	0,001...0,02
4	Потребляемая электрическая мощность, кВт	0,5
5	Габариты, м	0,50x0,2x0,7

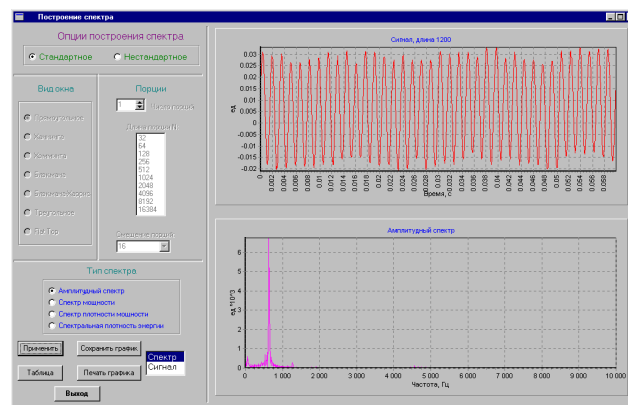


Рис. 5. Форма сигнала в рабочей полости генератора колебаний (вверху) и амплитудный спектр сигнала при основной частоте 635 Гц (внизу) при среднем давлении воздуха 1,0 МПа (осциллограмма)

В качестве одного из объектов для частотных испытаний на пневматическом стенде высокого давления предприятием ОАО СНТК им. Н. Д. Кузнецова был представлен зонд для измерения пульсаций давления П.1526.000.СБ в турбине стационарных ГТД (НК-38 СТ, НК-36 СТ, НК-37). Зонд предназначен для измерения пульсаций давления в диапазоне частот 20...1000 Гц при среднем давлении рабочей среды до 30 кгс/см².

Первичным преобразователем давления в данном устройстве служит датчик пульсаций давления ДД-10-21. Датчик пульсаций давления установлен в корпусе

зонда, закрытом охлаждаемой камерой. Герметичность установки датчика обеспечивается медной прокладкой. Динамическая полость датчика подключена к подводящему акустическому каналу зонда через три отводящих канала диаметром 3 мм и длиной 2 мм, что вместе с камерой перед датчиком давления составляет дополнительный объем около 50 мм³.

Параметры акустического зонда: волноводный канал с внутренним диаметром $d_e = 6$ мм и длиной $l_e = 730$ мм; корректирующий элемент – трубопровод диаметром $d_k = 6$ мм и длиной $l_k = 20$ м, заглушенный со свободного конца и свернутый в бухту диаметром около 0,5 м.

Обработка цифровых осциллограмм с записями колебаний давления, полученных при частотных испытаниях акустического зонда П.1526.000, осуществлялась с целью получения АЧХ и ФЧХ зонда для оценки работоспособности акустического зонда в целом, а также эффективности корректирующих элементов.

Для обработки записей колебаний использовалась программа POVS 21. В последней версии программы реализован алгоритм, позволяющий определять на цифровой осциллограмме с шагом 0.02 Гц по частоте амплитуды и частоты колебаний. Для получения АЧХ осуществляется расчет отношения амплитуд выходного и входного сигналов на частотах в диапазоне 0...10000 Гц с шагом 0.02 Гц. ФЧХ определяется как фазовый сдвиг соответствующих сигналов в том же частотном диапазоне и с тем же шагом.

Частотные испытания зонда П.1526.000 были проведены без акустической нагрузки (резонирующий волноводный канал) и с акустической нагрузкой штатной конфигурации при давлении рабочей среды 4,0 и 13,5 кгс/см².

Ниже на рис.6. в качестве примера представлены расчетная (непрерывная линия на графике) и экспериментальная (точки на графике) АЧХ акустического зонда П.1526.000, определенные в диапазоне 0...100 Гц.

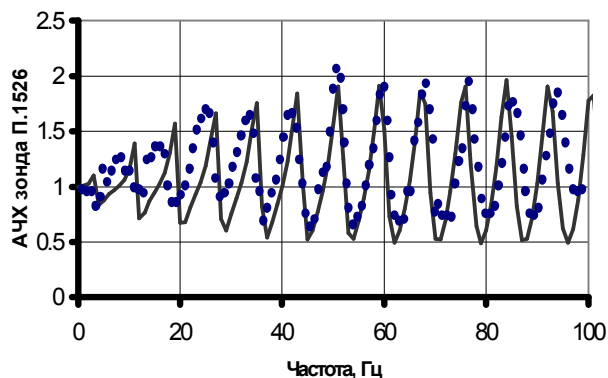


Рис. 6. Амплитудно-частотная характеристика акустического зонда П.1526 в диапазоне частот 0...100Гц;

непрер. линия – расчет с шагом 1 Гц по программе POVS 21: при $P=13,5$ кгс/см², $T = 295$ К, $L_{\text{подв. канал}} = 730$ мм, $d_{\text{подв. канал}} = 6$ мм, $L_{\text{согл. нагр.}} = 20$ м, $d_{\text{согл. нагр.}} = 6$ мм, $V_{\text{пол. датч.}} = 50$ мм³;

точки – эксперимент при $P=13,5$ кгс/см², $T = 295$ К, $L_{\text{подв. канал}} = 730$ мм, $d_{\text{подв. канал}} = 6$ мм, $L_{\text{согл. нагр.}} = 20$ м, $d_{\text{согл. нагр.}} = 6$ мм, $V_{\text{пол. датч.}} = 50$ мм³

Таким образом, созданное оборудование позволило экспериментально определить частотные характеристики ряда зондов, разработанных на ОАО СНТК имени Н.Д. Кузнецова в отделе измерений при среднем давлении до 25 кг/см² и частотах колебаний давления до 1000 Гц.

Библиографический список

1. Шорин, В.П. Гидравлические и газовые цепи передачи информации / В.П. Шорин, А.Г. Гимадиев, Н.Д. Быстров. - М.: Машиностроение, 2000. -328 с.
2. 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 Самрк. гос. аэрокосм. ун-та, 2007. - 132 с.

References

1. Shorin V.P., Gimadiev A.G., Bystrov N.D. Hydraulic and gas circuits of transfer of the information // М.: Mashinostroenie, 2000. – 328 p.
2. Acoustic methods and means of measurement of pulsations pressure // Shorin V.P., Shahmatov E.V., Gimadiev A.G., Bystrov N.D. -Samara, The Samara state space university, 2007.-132 p.

DYNAMIC TESTS OF PROBES FOR MEASUREMENT OF PULSATIONS PRESSURE AT THE RAISED AVERAGE PRESSURE

© 2009 A. G. Gimadiev¹, N. D. Bystrov¹, S. A. Ilinskij², A. Z. Ermoshkin¹

¹Samara State Aerospace University

²Open Society SNTK of a name of N.D.Kuznetsov

Dynamic tests of probes for measurement of pulsations of pressure in flowing part GTD with devices of correction of frequency characteristics are spent with a view of check of the developed mathematical models of processes and working off (operational development) of pre-production models of probes before them are direct application at various tests газотурбинных engines. For carrying out of dynamic tests with the purpose of experimental working off of probes for measurement of pulsations for conformity of their frequency characteristics settlement on faculty ASEU SGAU efforts of authors had been created the bench equipment and the измерительно-регистрационный комплекс, allowed to spend frequency tests at the raised {increased} average pressure. The created equipment has allowed to define {determine} experimentally frequency characteristics of probes at average pressure up to 25 kg/sm² to frequency of fluctuations of pressure up to 1000 Hz.

Measurements of pulsations of pressure, probes, dynamic tests, flowing path GTD, an oscillator of pressure, the stand for frequency tests of probes

Информация об авторах

Гимадиев Асгат Гатъятович, доктор технических наук, профессор кафедры автоматических систем энергетических установок Самарского государственного аэрокосмического университета. E-mail: iam@ssau.ru. Тел. (846) 335-19-05. Область научных интересов: коррекция динамических характеристик систем измерения давления при испытаниях ГТД.

Быстров Николай Дмитриевич, доктор технических наук, профессор кафедры автоматических систем энергетических установок Самарского государственного аэрокосмического университета. E-mail: iam@ssau.ru. Тел. (846) 335-19-05. Область научных интересов: коррекция динамических характеристик систем измерения давления при испытаниях ГТД.

Ильинский Станислав Алексеевич, начальник отдела ОАО «СНТК им. Н.Д. Кузнецова». Тел. (846) 950-71-36. Область научных интересов: коррекция динамических характеристик систем измерения давления при испытаниях ГТД.

Ермошкин Алексей Золеевич, аспирант кафедры автоматических систем энергетических установок Самарского государственного аэрокосмического университета. E-mail: iam@ssau.ru. Тел. (846) 335-19-05. Область научных интересов: коррекция динамических характеристик систем измерения давления при испытаниях ГТД.

Gimadiev Asgat Gatjatovich, the professor of faculty ASEU of Samara state aerospace university. E-mail: iam@ssau.ru. Phone: (846) 335-19-05. Area of research: correction of dynamic characteristics of systems of measurement of pressure at tests GTD.

Bystrov Nikolay Dmitrievich, the professor of faculty ASEU of Samara State Aerospace university. E-mail: iam@ssau.ru. Phone: (846) 335-19-05. Area of research: correction of dynamic characteristics of systems of measurement of pressure at tests GTD.

Ilinsky Stanislav Alekseevich, the chief of a department of Open Society SNTK of a name of academician N.D. Kuznetsov. Phone: (846) 950-71-36. Area of research: correction of dynamic characteristics of systems of measurement of pressure at tests GTD.

Ermoshkin Alexey Zoleevich, the post-graduate student of faculty ASEU of Samara State Aerospace university. E-mail: iam@ssau.ru. Phone: (846) 335-19-05. Area of research: correction of dynamic characteristics of systems of measurement of pressure at tests GTD.