

ОБ ИЗМЕРЕНИИ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ГТД

© 2006 А.Г. Гимадиев¹, Н.Д. Быстров¹, С.А.Ильинский²

¹. Самарский государственный аэрокосмический университет

². ОАО СНТК имени Н.Д.Кузнецова, г. Самара

Авторами решен ряд задач, посвященных снижению динамической погрешности средств измерения пульсаций давления в экстремальных для них условиях эксплуатации. Для реализации алгоритмов обработки сигналов с учетом частотной характеристики информационной пневматической цепи, примененной для получения временной реализации давления при испытаниях, разработана программа POVS 21.

В отечественном авиадвигателестроении значительный объем информации поступает от нестандартных средств измерений, к которым в настоящее время относятся системы измерения силы тяги двигателя, расхода воздуха через двигатель, пульсаций давления, вибраций и ряд других систем. Необходимость измерения пульсаций давления в элементах проточной части ГТД не вызывает сомнений, так как информация о пульсационном состоянии газового потока широко используется при оценке запаса газодинамической устойчивости компрессора и исследовании вибрационного горения в камере сгорания двигателя (рис.1). При этом важно обеспечить достоверность снимаемой с двигателя информации [1-3]. Исходя из этого закономерно требование специалистов ведущих институтов страны (ЦИАМ, ЦАГИ, ЛИИ) по установке датчиков пульсаций давления непосредственно в точке измерения. Однако в большинстве случаев это требование не может быть удовлетворено из-за невозможности установки датчиков без разборки двигателя или из-за недостаточной надежности датчика при работе в условиях высоких температур, вибраций, запыленности воздуха. Поэтому датчики давления подключаются к точке измерения узким трубопроводным каналом, обеспечивающим работоспособность датчика.

Известно, что трубопровод, открытый с одного конца и нагруженный с другого на полностью отражающую колебания давления акустическую нагрузку, представляет четвертьволновой резонатор, который имеет резонансные частоты, определяемые скоростью звука и длиной трубопроводного канала.

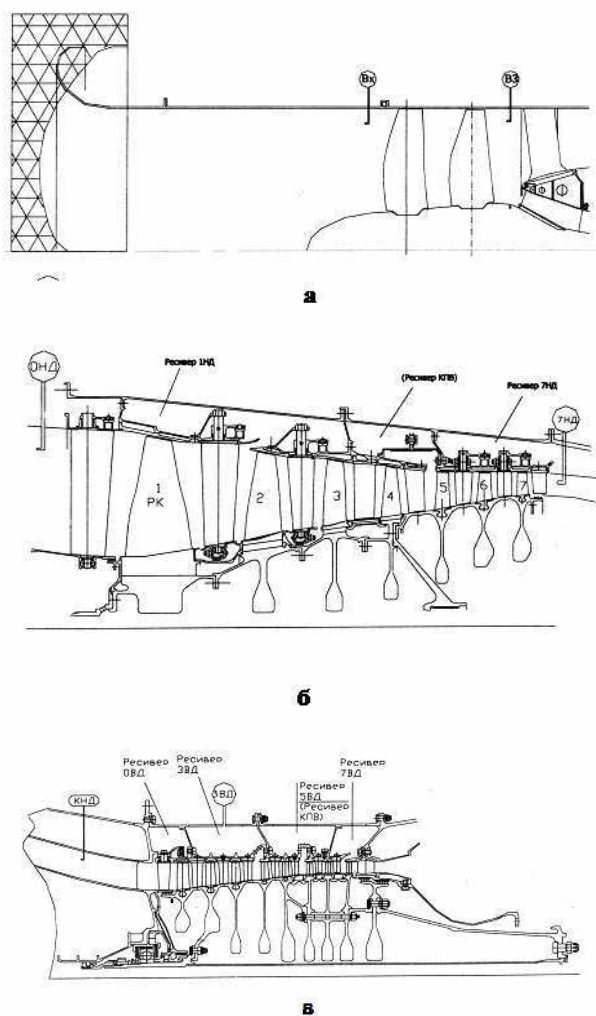


Рис. 1. Типовые точки размещения устройств для измерения пульсаций давления по тракту вентилятора (а), компрессора низкого (б) и высокого давления (в) двухконтурного ГТД при стендовых испытаниях

На резонансных частотах могут сильно искажаться измеряемые пульсации давления. Восстановление динамических процессов по сигналам, зарегистрированным с помощью сильно резонирующих пневмати-

ческих информационных цепей с использованием средств вычислительной техники не представляется возможным. Поэтому, учитывая актуальность измерения пульсаций давления в проточной части ГТД авторами решен ряд задач, посвященных снижению динамической погрешности средств измерения пульсаций давления в экстремальных для них условиях эксплуатации.

1. Разработаны метод, алгоритм и программа расчета частотных характеристик газовых информационных цепей (акустических зондов), включающих датчики пульсаций давления и волноводные каналы, в том числе неоднородные по температуре газа и площади проходного сечения канала (рис. 2).

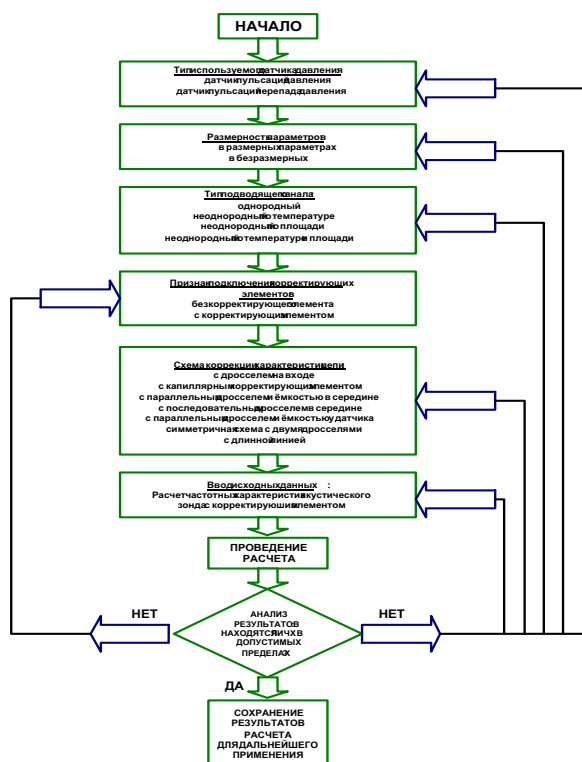


Рис. 2. Блок-схема программы расчёта частотных характеристик информационных пневматических цепей для систем контроля и измерения пульсаций давления (RUDIP1)

2. Предложены схемы коррекции частотных характеристик акустических зондов при помощи сосредоточенных корректирующих элементов (пять схем) и элементов с распределенными параметрами (три схемы).

3. Разработаны метод, алгоритм и программа расчета частотных характеристик зондов с корректирующими элементами, на основе которых осуществлен выбор оп-

тимальных параметров корректирующих элементов, при которых обеспечивается равномерная передача (в пределах допустимой динамической погрешности) пульсаций давления от точки измерения до датчика

4. На основе созданных методов расчета частотных характеристик акустических зондов и выбора параметров корректирующих элементов разработаны устройства для измерения пульсаций давления в проточной части авиационного ГТД при их доводочных испытаниях.

5. Разработаны алгоритм и программа восстановления пульсаций давления в проточной части ГТД, искаженных при измерении акустическими зондами, позволяющие дополнительно повысить достоверность снимаемой с двигателя информации.

Для реализации алгоритмов обработки сигналов с учетом частотной характеристики информационной пневматической цепи, примененной для получения временной реализации давления при испытаниях, разработана программа POVS 21.

Программа POVS 21 предназначена для обработки и восстановления измеренных акустическим зондом пульсаций давления в проточном тракте авиационного ГТД.

Программа POVS 21 построена на основе пакета программ RUDIP1, разработанного на алгоритмическом языке C++ Builder. В программу RUDIP1 дополнительно включены алгоритмы и программы предварительной обработки сигналов, прямого и обратного преобразования Фурье.

Программный набор POVS 21 содержит 13 файлов: исполняемый файл POVS 21.EXE и 12 файлов изображений: __PIC_T1_.bmp; __PIC_T2_.bmp; __PIC_T3_.bmp; __PIC_T4_.bmp; __PIC1a_.bmp; __PIC1b_.bmp; __PIC2_.bmp; __PIC3_.bmp; __PIC4_.bmp; __PIC5_.bmp; __PIC6_.bmp; __PIC0_2.bmp.

Общий объем программы с изображениями – 7 МБайт, в том числе 2,5 МБайт – исполняемый модуль.

Для установки программы на компьютере необходимо скопировать архивы в выбранную директорию и распаковать программой WinRAR.exe.

Для работы программы компьютер должен удовлетворять следующим условиям:

процессор – Pentium;
наличие операционной системы Windows 98 или выше;

оперативная память не ниже 32 Мбайт;
разрешение экрана не ниже 1024x768 точек (обязательное условие!) при 256 или более цветах;

дисковая память (если упомянутые выше 8 файлов уже размещены на жёстком диске, то дополнительная память не требуется, если только пользователь не будет сохранять результаты в файлах).

Ниже приводится ряд пользовательских экранов программы POVS 21, иллюстрирующих ее возможности (Рис. 3-Рис. 11).

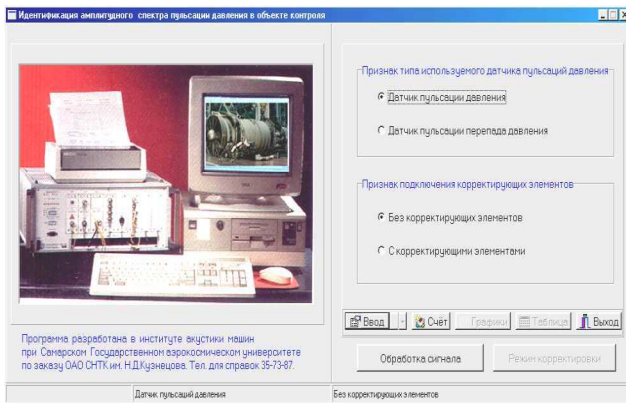


Рис. 3. Первая основная форма программы POVS 21

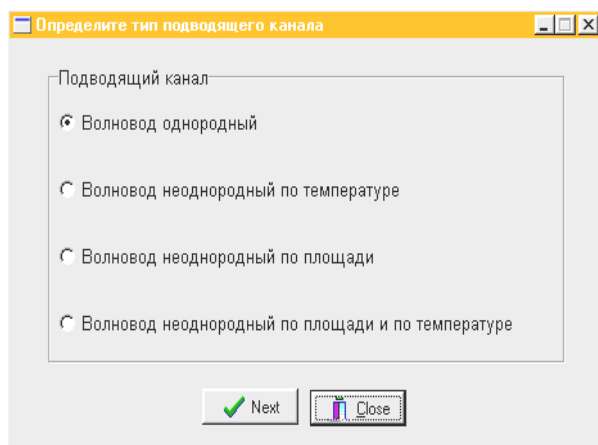


Рис. 4. Форма задания типа подводящего канала

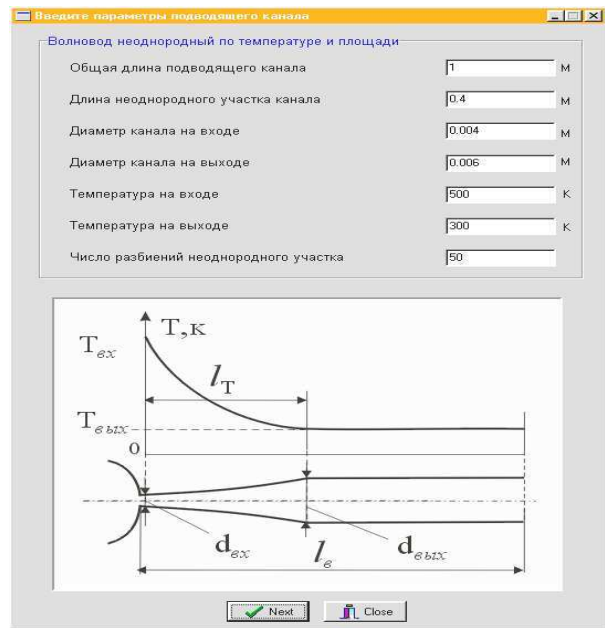


Рис. 5. Форма задания параметров подводящего канала

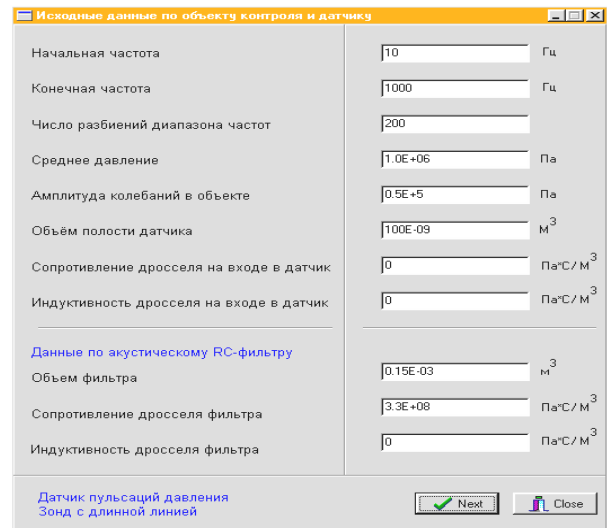


Рис. 6. Форма задания характеристик датчика давления

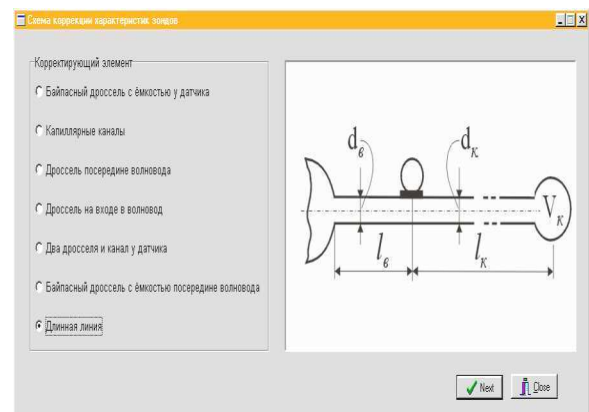


Рис.7. Одна из нескольких форм выбора корректирующего элемента зонда

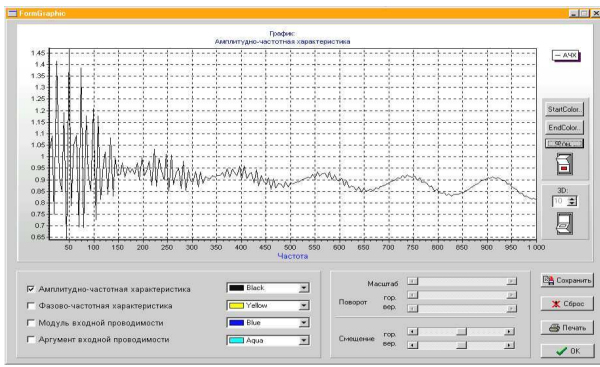


Рис. 8. Форма вывода результатов вычислений в виде графика

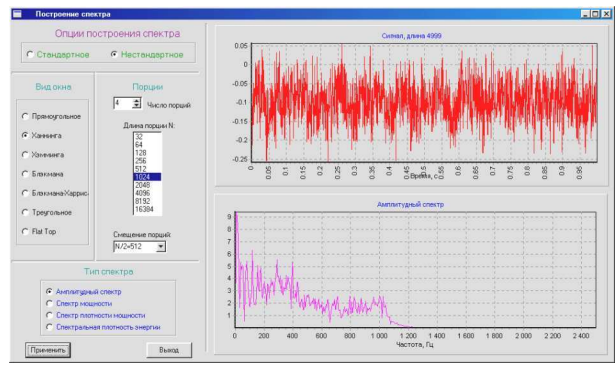


Рис. 12. Форма спектрального анализа временной реализации пульсаций давления

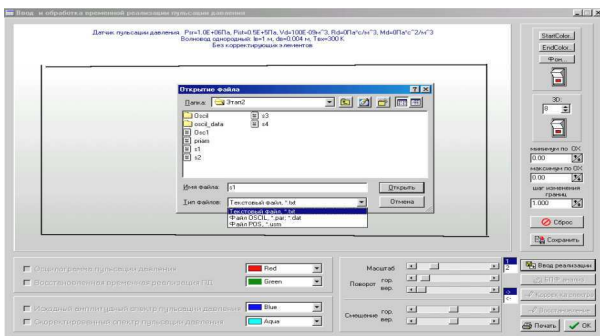


Рис. 9. Форма обработки временной реализации пульсации давления (окно открытия файла, содержащего исходную реализацию)

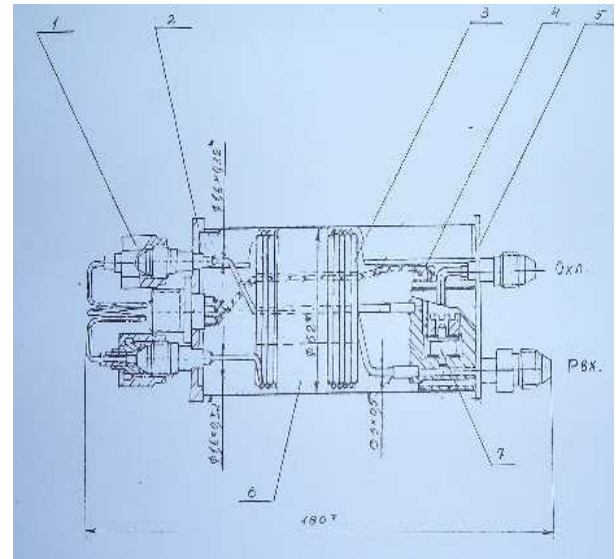


Рис. 13. Зонд пульсаций давления универсальный: 1-штуцер промежуточный; 2-крышка передняя; 3-волновод; 4-электрический ввод; 5-крышка задняя; 6-корпус зонда; 7-датчик пульсаций давления ДМИ-3-II-вариант исполнения

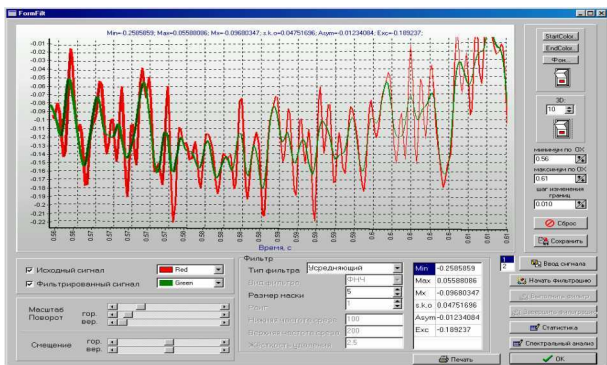


Рис. 10. Форма предварительной обработки временной реализации пульсаций давления (результат применения удаления выбросов и усредняющего фильтра)

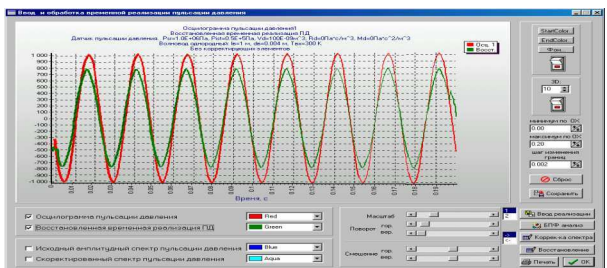


Рис. 11. Форма обработки временной реализации пульсаций давления (графики исходной и восстановленной реализации)

На рис. 13 представлена конструкция разрабатываемого универсального зонда для измерения пульсаций давления в ГТД.

Созданные на основе расчетов по описанным алгоритмам и программам конструкции акустических зондов применялись и продолжают использоваться для измерения пульсаций давления в проточной части ГТД при их стендовой доводке в ОАО СНТК имени академика Н.Д. Кузнецова [3].

Список литературы

1. Влияние пульсаций потока в самолетных воздухозаборниках на работу компрессора ТРД (по материалам иностранной печати за 1966-1972гг.) Составители: В.В.Богданов, А.Г. Кукинов, А.К.Хвостова, Н.И. Куканова. Обзор ЦАГИ № 400. М.: ЦАГИ, 1973. 166 с.

2. Влияние стационарных возмущений температуры и давления на характеристики потока в многоступенчатом компрессоре, работающем в системе реактивного двигателя. Технический перевод ЦИАМ. № 134687. М: ЦИАМ, 1980. 64 с.

3. Шорин В. П., Гимадиев А. Г., Быстров Н. Д. Гидравлические и газовые цепи передачи информации // М.: Машиностроение, 2000. 328 с.

ABOUT MEASUREMENT OF PULSATIONS OF PRESSURE IN FLOWING PART GTE

© 2006 A.G. Gimadiev¹, N.D. Bystrov¹, S.A. Il'inskij²

¹. Samara state space University

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

Authors solve a number of the problem devoted to reduction of a dynamic error of means of measurement of pulsations of pressure in flowing part ГТД in extreme for them conditions of operation. The method, algorithm and the program of calculation frequency characteristics of means of measurement of pulsations of pressure with adjusting elements are developed, on the basis of which the choice of optimum parameters of adjusting elements is carried out, at which uniform transfer (is provided within the limits of an allowable dynamic error) pulsations of pressure from a point of measurement up to the gauge.