

УДК 62-52

ИССЛЕДОВАНИЕ АМПЛИТУД КОЛЕБАНИЙ ДАВЛЕНИЯ В АГРЕГАТАХ ТОПЛИВНОЙ АВТОМАТИКИ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ КАК ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩЕГО ФАКТОРА РАБОТЫ САУ

Видяскина А.Н., Крючков А.Н., Ермилов М.А., Баляба М.В.

Самарский университет, г. Самара, vidyaskina.an@ssau.ru

Ключевые слова: авиационные двигатели, топливные системы, пульсации давления, система автоматического управления, топливные форсунки.

К САУ подачи требуемого расхода топлива G_t в камеру сгорания авиационных ГТД предъявляются жёсткие требования по статической и динамической точности в условиях высоких уровней дестабилизирующих факторов: вибрации агрегатов, высокие температуры и пр. Одним из таких факторов, существенно влияющих на работу топливной аппаратуры, являются колебания давления в магистралях высокого давления, обусловленные работой качающих узлов шестерённых и плунжерных насосов. Пульсации давления топлива вызывают незатухающие колебания золотников гидромеханических регуляторов, вибрации трубопроводов, что приводит к снижению точности подачи G_t и другим негативным последствиям.

Дискретный (порционный) характер подачи жидкости рабочими органами качающих узлов в напорную линию подачи топлива высокого давления распространяется в ней в виде акустических волн высокой интенсивности [2,5]. Частота данных пульсаций давления определяется как произведение частоты вращения ротора насоса на количество зубьев шестерённого насоса.

В докладе приведены результаты исследования пульсационного состояния стендовой системы топливопитания ТВД, включающей в себя следующие агрегаты: основной шестерённый насос высокого давления (агрегат 888), агрегат дозирования топлива (КТА -5Ф), а также имитаторы контуров форсунок камеры сгорания. Схема системы представлена на рис. 1.

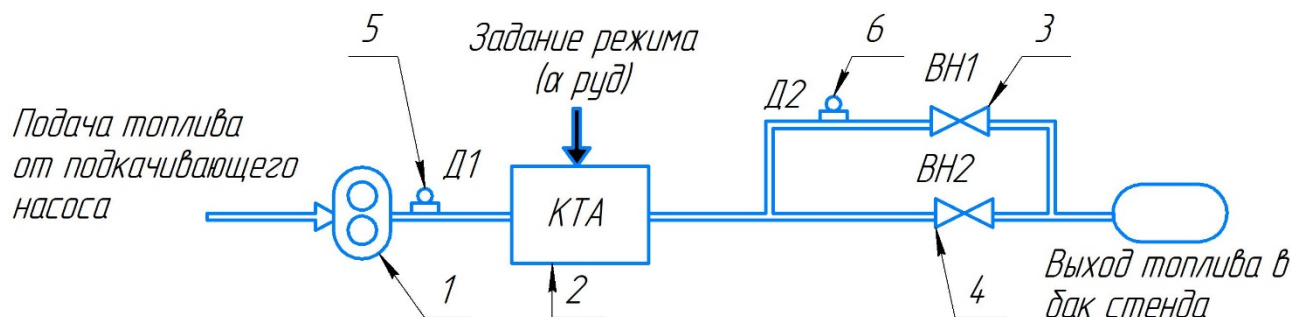


Рис. 1. Принципиальная схема стенда:

- 1 – основной топливный насос 888; 2 – дозирующий агрегат КТА;
- 3,4 – имитаторы 1 и 2 контуров форсунок (ВН1 и ВН2 соответственно);
- 5,6 – датчики давления за насосом на входе в 1 и 2 контур соответственно

Измерения пульсаций давления топлива проведены двумя датчиками пульсаций давления, установленными на выходе агрегата 888 (датчик Д1) как основного источника колебаний и перед клапаном-имитатором ВН1 1 контура топливных форсунок (датчик Д2). Исследования параметров пульсаций давления в указанных местах проведены при двух положениях клапана ВН1:

- соответствующих штатным форсункам двигателя АИ-20, обладающих значительными гидравлическим сопротивлением и перепадами давления;
- соответствующих форсункам экспериментальной укороченной камеры сгорания с низкими гидравлическим сопротивлением и перепадом давления.

Рассмотрим результаты измерения и обработки параметров пульсаций давления при штатных топливных форсунках двигателя АИ-20, соответствующих закрытому положению клапана ВН1. Характерная зависимость (реализация) $P_n(t)$ показана на рис. 2.

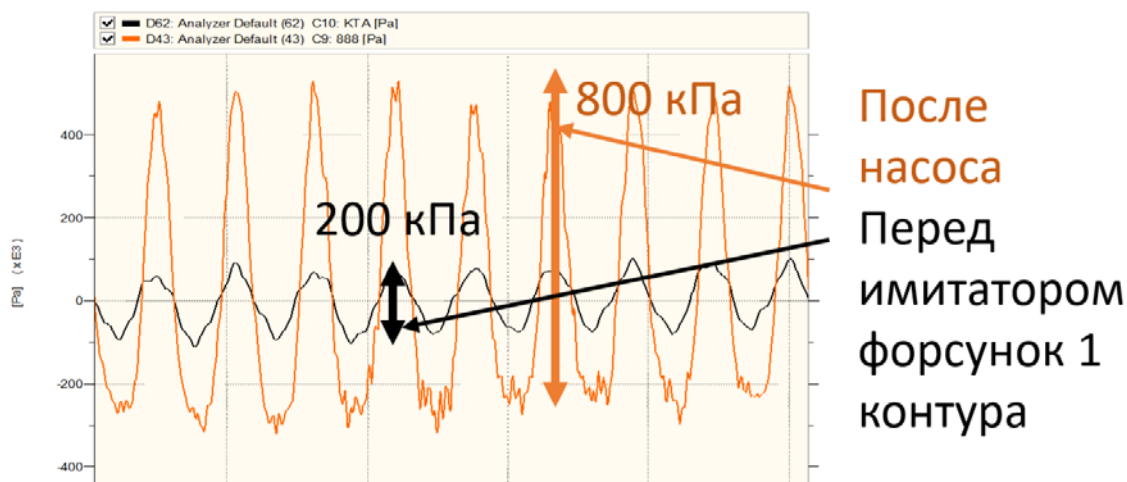


Рис. 2. Характерные временные реализации колебаний давления

Для оценки влияния амплитуд пульсаций давления топлива на погрешность дозирования топлива в камеру сгорания используют относительную величину:

$$\delta P_n = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{\Delta P_{mf}},$$

где $P_{\max}$ и $P_{\min}$ – максимальное и минимальное значение давления, ΔP_{mf} – перепад давления на топливных форсунках.

В зависимости от этой относительной величины δP_n погрешность δQ_m увеличивается по причине нелинейной расходной характеристики форсунок [1, 3, 4]. В результате экспериментов установлены значения $\delta Q_m = 0,1 \dots 0,3$, обусловленные малым перепадом давления на форсунках камеры сгорания, что требует учёта данного фактора при доводке двигателя.

Список литературы

1. Гимадиев А.Г., Крючков А.Н., Шорин В.П. Исследование влияния колебаний рабочей среды на статические характеристики дросселирующих элементов гидроавтоматики // Динамические процессы в силовых и энергетических установках летательных аппаратов: Сб. науч. тр. СГАУ. – Самара, СГАУ, 1993. – С. 77-82.

2. Гимадиев А.Г., Крючков А.Н., Шабуров И.В., Шорин В.П. Исследование влияния колебаний рабочей среды на характеристику системы топливопитания и автоматического регулирования авиационного ГТД на режиме запуска / Деп. в ГОСНИИ ГА 12.05.89, N 737-ГА. – Москва. – 10с.

3. Гимадиев А.Г., Крючков А.Н., Шабуров И.В., Шорин В.П. Исследование влияния колебаний рабочей среды на характеристику запуска авиационного ГТД // Динамические процессы в силовых и энергетических установках летательных аппаратов: Сб. науч. тр. Куйбышев. авиац. ин-т. – Куйбышев, КуАИ, 1990. – С. 87-89.

4. Гимадиев А.Г., Крючков А.Н. Стабилизация характеристики запуска авиационного ГТД в условиях повышенных колебаний рабочей среды // Вибрационная прочность и надежность двигателей и систем летательных аппаратов: Сб. науч. тр. Куйбышев. авиац. ин-т. – Куйбышев, КуАИ, 1990. – С. 35-42.

5. Гаспаров М.С., Крючков А.Н., Шахматов Е.В., Шорин В.П. Гидродинамика и виброакустика комбинированных насосных агрегатов. - Самара, СГАУ, 2006. - 85 с.

Сведения об авторах

Видяскина А.Н., аспирант кафедры автоматических систем энергетических установок имени академика РАН Владимира Павловича Шорина Самарского университета. Область научных интересов: динамика и виброакустика технических систем.

Крючков А.Н., д.т.н., профессор, профессор кафедры автоматических систем энергетических установок имени академика РАН Владимира Павловича Шорина Самарского университета. Область научных интересов: динамика и виброакустика технических систем.

Ермилов М.А., к.т.н., доцент кафедры автоматических систем энергетических установок имени академика РАН Владимира Павловича Шорина Самарского университета. Область научных интересов: динамика и виброакустика технических систем.

Баляба М.В., степень, звание, инженер учебной лаборатории пневмогидравлических систем Самарского университета. Область научных интересов: динамика и виброакустика технических систем.

STUDY OF PRESSURE FLUCTUATION AMPLITUDE IN AIRCRAFT ENGINE FUEL AUTOMATION UNITS AS A DESTABILIZING FACTOR IN ACS OPERATION

Vidyaskina, A.N., Kryuchkov A.N., Ermilov M.A., Balyaba M.V.

Samara University, Samara, Russia, vidyaskina.an@ssau.ru

Keywords: aircraft engine, fuel system, flow ripple, automatic control system, fuel nozzle.

The article studies the intensity of flow ripple in the fuel system of an aircraft engine, excited by the main gear-type fuel pumps. Such pressure pulsations are a destabilizing factor for the operation of the engine automation, leading to oscillations of the actuators of the ACS (valves, slide valves), as well as to an additional error in the fuel supply to the combustion chamber. It is shown that such an error is determined by the ratio of the range of pressure fluctuations in the fuel circuits to the pressure drop on their fuel injectors. It is established that such values for the studied GTE are 0.1 ... 0.32, which leads to a significant error in fuel supply at reduced pressure drops on the fuel injectors or reduced engine operating modes.