

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКЕЛОВ РАСПЫЛИВАНИЯ МАЛОНАПОРНЫХ ТОПЛИВНЫХ ФОРСУНОК КАК ГЕНЕРАТОРОВ ШУМА

Шорин В.П., Быстров Н.Д., Мединская Л.Н., Костин В.И.

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Эффекты, сопровождающие процесс распыливания топлив центробежными форсунками, (ЦБФ), привлекают внимание исследователей, конструкторов авиационной, ракетно-космической техники, а также эксплуатационников на протяжении более полувека. Тем не менее было бы преувеличением считать, что задача расчета и проектирования форсунок решена полностью.

Несколько лет назад авторами данного доклада установлен эффект тепловой интенсификации процессов распыливания жидкостей (топлив) из малонапорных центробежных форсунок (ЦБФ), отдельные результаты исследования которых, а также конструктивные решения устройства, позволяющего реализовать указанную выше интенсификацию, приведены в работах [1,2]. Исследование шумовых характеристик малонапорных ЦБФ проводилось с целью получения дополнительных данных о физике явлений, сопровождающих процесс распыливания жидкостей из малонапорных топливных ЦБФ в условиях применения, так называемой, тепловой насадки [2]. Работа проводилась на лазерно-оптическом стенде, оснащенном на период проведения исследований шумовых характеристик ЦБФ акустической аппаратурой.

Лазерно-оптический стенд позволил проводить изучение процессов распыливания с применением современных методов лазерно-оптической диагностики двухфазных течений [3].

На лазерно-оптическом стенде была установлена ЦБФ с системой подачи и удаления распыленной жидкости. Схема размещения акустической аппаратуры и система электропитания источника ЦБФ представлена на рис.1., а общий вид форсунки с тепловой насадкой показан на рис.2. Измерительный микрофон устанавливался на штативе в звуковом поле факела распыливания форсунки возле среза сопла форсунки на расстоянии L и ориентировался по нормали к поверхности факела, (Рис.1).

С помощью аппаратуры фирма Брюль и Кьер был выполнен спектральный анализ шума пнековой форсунки в частотном диапазоне 0-25 кГц.

В качестве базовой аппаратуры использовался микрофон шумомера 1625, магнитный регистратор 7006 и анализатор 2034. Проведен акустический анализ типовой шумовой картины факела фильтром с постоянной полосой пропускания, равной 1,34 кГц. Установлено, что спектраль-

ная плотность шума для центробежной форсунки имеет монотонный характер и содержит единственный максимум на частоте 16,4 кГц. В силу «гладкой» формы спектра шума факела распыливания было признано целесообразным проводить дальнейшие измерения в октавных полосах частот, что существенно снизило трудоемкость проведенных измерений и упростило анализ полученных результатов. В этой связи все последующие акустические измерения выполнены точным импульсным шумомером PSI 202 совместно с измерительным микрофоном MV 101 и октавными фильтрами OF101 производства фирмы RFT.

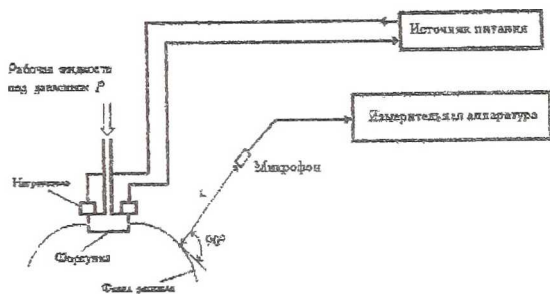


Рисунок 1

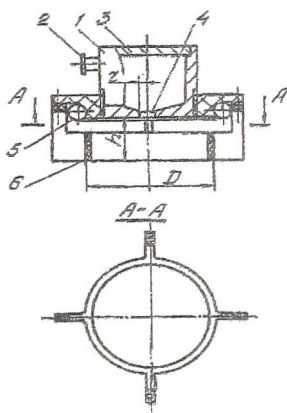


Рисунок 2

Калибровка аппаратного измерительного тракта производилась при помощи пистонфона PF101, создававшего в калибровочной камере уровень звукового давления 118 дБ.

Шкала шумомера PS I 202 отградуирована в децибелах

$$Q_{дб} = 20 \lg (Q/Q_0), \text{ где}$$

Q - уровень звукового давления перед микрофоном,

Q₀ – порог слышимости (Q₀ = 2 × 10⁻⁵ Па).

Диапазон частот октав, в которых осуществлялись измерения и соответствующие им средние частоты октавных диапазонов приведены в таблице.

Диапазон октавы (Гц)	Средняя частота октавы (Гц)
22,4...45	31,6
45...90	63
90...180	125
180...355	250
355...710	500
710...1400	1000
1400...2800	2000
2800...5600	4000
5600...11200	8000
11200...22400	16000

В качестве объектов исследования были выбраны шнековая и центробежная форсунки малого перепада давления Р раб.-3-5 кг/см², оснащенные спиральными электронагревателями, позволявшими развивать мощность до 70 Вт. В качестве рабочей жидкости использовалась вода при температуре (20 – 22)⁰ С.

Основные результаты, полученные при выполнении исследований факелов распыливания малонапорных форсунок, как генераторов шума, приведены на рис 3 и рис. 4.

Анализ результатов акустических измерений спектров шума факелов распыливания при различных перепадах давления на форсунках и значениях выделяемой мощности тепловым источником показывает, что шум струи представляет случайный широкополосный процесс, относительная ширина которого превышает 6 октав.

Наряду с этим, абсолютная протяженность спектра шума центробежной форсунки на порядок превышает ширину спектра шнековой. Это связано с тем, что энергия шума факела центробежной форсунки сосредоточена в основном в области средних частот звукового диапазона с максимумом в области 4 кГц, в то время как факел шнековой форсунки генерирует шум в основном в низкочастотной области звукового диапазона частот преимущественно до 3 кГц с максимумом в районе 200 Гц.

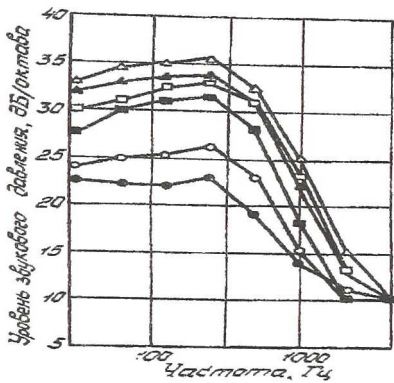


Рисунок 3

Шумовые характеристики
шнековой форсунки

Расстояние до микрофона $L=490$ мм,

Давление раб. жидкости $P=1.0$ атм,

○ - мощность нагревателя $W=0$;

● - мощность нагревателя $W=15$ Вт

Давление раб. жидкости $P=2,0$ атм

□ - мощность нагревателя 0 Вт

■ - мощность нагревателя $W=15$ Вт

Давление раб. жидкости $P=3,0$ атм

△ - мощность нагревателя $W=0$ Вт

▲ - мощность нагревателя $W=15$ Вт,

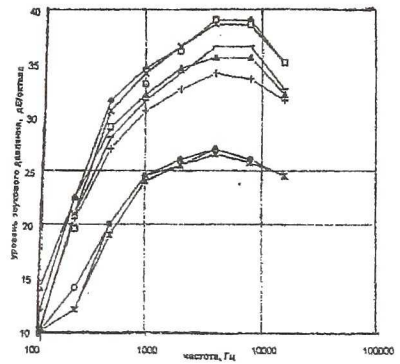


Рисунок 4

Шумовые характеристики
центробежной форсунки

Расстояние до микрофона $L=490$ мм

Давление раб. жидкости $P=0.5$ атм

● - мощность нагревателя 0 Вт

○ - мощность нагревателя 19 Вт

Давление раб. жидкости $P=1.5$ атм

▲ - мощность нагревателя 0 Вт

- - мощность нагревателя 19 Вт

+ - мощность нагревателя 72 Вт

Давление раб. жидкости $P=2.0$ атм

× - мощность нагревателя $W=0$ Вт

□ - мощность нагревателя 19 Вт

◆ - мощность нагревателя 72 Вт

Максимальные уровни звукового давления, развиваемые факелами форсунок в октавных полосах частот различаются незначительно (примерно на 3-4 дБ). Отмеченные обстоятельства позволяют сделать вывод, что полная энергия шума центробежной форсунки примерно на порядок превышает энергию шума шнековой форсунки.

Методами лазерно-оптической диагностики установлена существенная зависимость внешней формы факела распыливания форсунки и структуры поперечных сечений факела от мощности теплового источника. Влияние теплового источника нашло проявление в зависимости спектров шумов факелов от выделяемой в факелах тепловой мощности. Обнаружено расслоение спектров шума в зависимости от тепловой мощности выделенной в факеле распыливания при прочих одинаковых условиях эксперимента, причем уровень шума при действии теплового источника

снижается. Наиболее сильное расслоение спектров шума установлено для шнековой форсунки на низких перепадах давления рабочей среды, которое составляет 3-4 дБ в диапазоне частот 50-800 Гц при перепадах давления 1 кг/см². С ростом перепада давления уровень расслоения спектра шума в зависимости от мощности источника снижается до 2-3 дБ.

Для центробежной форсунки качественная картина расслоения спектра шума также имеет место, но ее выраженность менее отчетлива и наблюдается в диапазоне частот 0,7-7,0 кГц, несмотря на несколько большее верхнее значение тепловой мощности по сравнению со шнековой «регулируемой», реализованное в эксперименте. Наибольшие значения расслоения в спектральных характеристиках шума отмечены при давлении рабочей жидкости 1,5 кг/см² и при мощности интенсификации 19-72 Вт и составили 1,5-2,5 дБ.

В результате проведенных исследований установлено следующее: -использование теплового источника влияет на шумовые характеристики струй распыливания;

-рост мощности теплового источника приводит к снижению шума струй;

-влияние теплового источника на процесс снижения шума струи несколько меньше для центробежной форсунки.

Приведенные экспериментальные результаты могут быть аппроксимированы с помощью логарифмического распределения, что является общепринятой практикой для спектров шумов ряда машин и механизмов.

В заключении следует отметить, что полученные данные о форсунках как генераторах шума найдут применение при проектировании малорасходных топливных форсунок низкого перепада давления рабочей среды, а также форсунок другого назначения с оптимальными характеристиками.

Список литературы

1. Шорин В.П., Журавлев О.А., Мединская Л.Н., Токарев В.В. Исследование теплового механизма регулирования эжекционных характеристик факела центробежной форсунки в условиях пленочного неизо-термического истечения . - Изв. ВУЗОВ .Авиационная Техника .- 1989, № 4.-с.96-98.
2. Журавлев О.А., Мединская Л.Н. Насадка для центробежной форсунки малого давления - Информац. листок, Куйбышев: ЦНТБ.- № 213-90.-2с.
3. Журавлев О.А., Быстров Н.Д., Мединская Л.Н. Лазерный стенд для диагностики форсунок . -В сб. тезисов докл. Международной научно-технической конференции “ Проблемы и перспективы развития двигателестроения в Поволжском регионе” Самара, 1997, с.71.