

13. Методика нормирования эмиссии вредных веществ турбореактивными двигателями звуковых самолетов гражданской авиации в зоне аэропорта. / Горбатко А.А., Щербаков В.И., Худяков Е.И., Могилевкина И.Н. // Труды ЦИАМ № 983. - М.: ЦИАМ, 1982. 11с.

УДК 621.452.322.034.313

ВОПРОСЫ ОТРАБОТКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И НАДЕЖНОСТИ КАМЕР СГОРАНИЯ ГТД НАЗЕМНОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Епейкин Л.Ф., Крыжановский А.И., Лавров В.Н.,
Николаев В.Е., Цыбизов Ю.И.

(ОАО СНТК им. Н.Д. Кузнецова, г. Самара)

Для промышленных газотурбинных установок остается приоритетной задача обеспечения низких выбросов NO_x без впрыска воды или пара. Для двигателей, создаваемых на базе авиационных ГТД с малогабаритными камерами сгорания (КС), основным направлением является двухзонное сжигание топлива: бедная предварительно перемешанная (гомогенная) топливо-воздушная смесь (ТВС) догорает в потоке продуктов сгорания из дежурной зоны.

Эта схема организации горения использована в КС двигателей НК-36СТ и НК-38СТ.

Для эффективного сжигания топлива и обеспечения минимальных выбросов NO_x и CO необходимо: в дежурной зоне поддерживать коэффициент избытка воздуха $\alpha_{\text{дз}} = 1,6 \dots 1,7$ [1], а в основной зоне - $\alpha_{\text{оз}} \geq 2$ при высокой степени гомогенизации ТВС.

1. ОТРАБОТКА НАДЕЖНОСТИ КС

Одной из проблем создания надежной конструкции малоэмиссионной двухзонной КС является возможность «проскока» пламени или самовоспламенение ТВС в смесительных устройствах, а также попадание топлива в воздушные каналы КС.

Эту проблему пришлось преодолеть при отработке двухзонных КС: кольцевой - двигателя НК-36СТ ($\pi_k = 25$) и двигателя НК-38СТ ($\pi_k = 28$) с выносными жаровыми трубами (ВЖТ).

На рис.1 показан общий вид двухзонных КС указанных двигателей, а на рис.2 - состояние одной из ВЖТ после проявления дефекта.

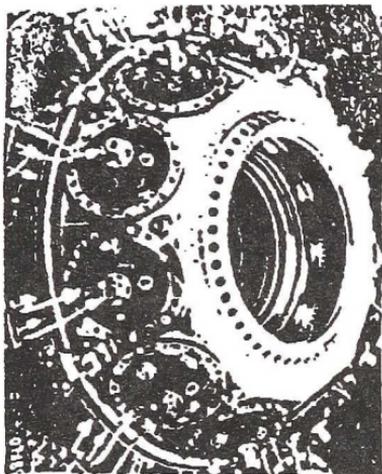
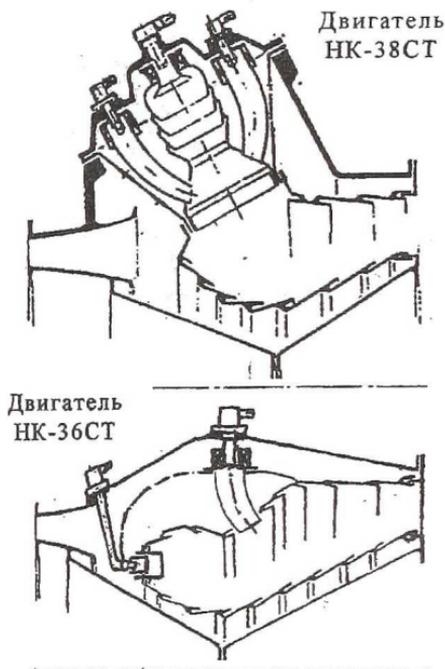


Рис. 1. Двухзонные камеры сгорания для двигателей наземного применения

Для решения проблемы проскока пламени в СНТК им. Н.Д.Кузнецова проводится отработка смесителей (карбюраторов) на стенде холодных продувок и проверка их работы в условиях приближенным к натурным в одноголовочном отсеке.

На стенде холодных продувок подбором соотношения расходов воздуха, тангенциально и радиально вводимых в смеситель, формируется эпюра осевой скорости, которая по нашим представлениям обеспечивает высокую

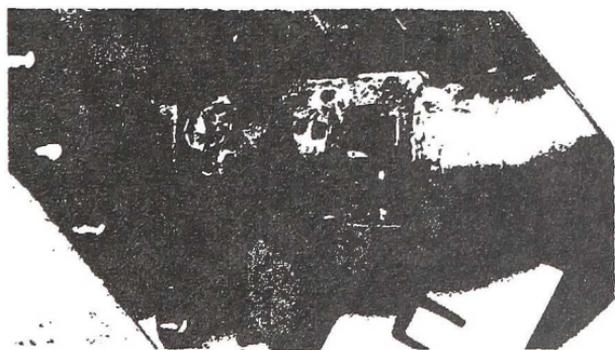


Рис. 2. Состояние выносной части жаровой трубы после проявления дефекта

турбулентность потока за счет сдвига скорости при минимальном разряжении на оси струи (см. в данном Вестнике статью Анисимова В.П., Постникова А.М., Савченко В.П.). Здесь же измеряется концентрация топлива в выходном сечении смесителя.

Отсек высокого давления, разработан специально для решения проблем, связанных с «проскоком» пламени и самовоспламенения смеси в воздушных каналах КС.

Отсек представляет трубу, на которой установлена ВЖТ двигателя НК-38СТ (рис. 3) с элементами подвода топлива, воздуха и зажигания. В качестве газосборника применено коническое сужающееся сопло, охлаждаемое воздухом, заканчивающееся шайбой, охлаждаемой водой.

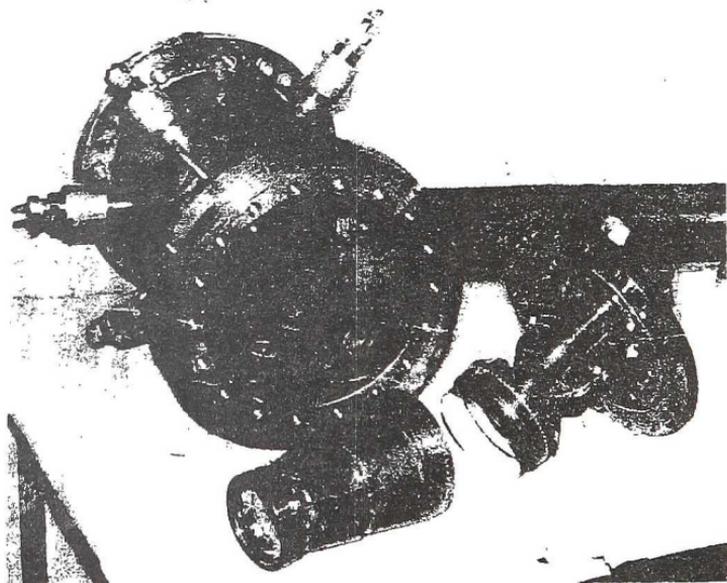


Рис. 3. Отсек КС высокого давления

Продукты сгорания высокой температуры смешиваются с воздухом окружающей среды в эжекторе выхлопной системы, в рабочей части которой расположена гребенка отбора газа для определения эмиссионных характеристик.

Отбор воздуха высокого давления для работы отсека осуществлялся из компрессора высокого давления технологического двигателя НК-38, специально приспособленного для таких испытаний.

В табл.1 представлены в сравнении минимальные необходимые для проверки явления «проскока» параметры воздуха и достигнутые на входе в отсек КС.

Таблица 1

Параметр КС	Требуемый	Достигнутый
$P^*_к$, кг/см ²	> 15	20...24
$T^*_к$, К	> 600	700...730
$\alpha_{дз}$	≈ 1	0,42...5,4
$\alpha_{ос}$	< 2,7	0,84...2,3

Примечание. $\alpha_{дз}$ и $\alpha_{ос}$ - коэффициенты избытка воздуха в дежурной и основной зоне горения КС.

Благодаря предварительной обработке в отсеке высокого давления карбюраторов и системы охлаждения ВЖТ КС, удалось обеспечить работоспособность КС в составе двигателя НК-38СТ и пройти длительные испытания практически без замечаний.

2. ОТРАБОТКА ЭМИССИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Из-за ограничений по отбору воздуха от компрессора ВД технологического двигателя в отсеке были установлены только два карбюратора вместо четырех, поэтому выполненные измерения эмиссии NO_x и CO не преследовали цели распространения полученных данных на двигатель. Хотя некоторые измерения, например, эмиссии NO_x из дежурной зоны (рис.4), дали вполне конкретные представления об ожидаемом минимальном уровне выбросов из КС в составе двигателя.

Практический интерес представляют измерения с подачей ТВС через один карбюратор, в то время как во второй подавал-

ся чистый воздух. Сравнение выбросов NO_x и CO при подаче ТВС через один и два карбюратора показано на рис.5. Если предположить, что сгорание всего топлива происходит в струе одного кар-

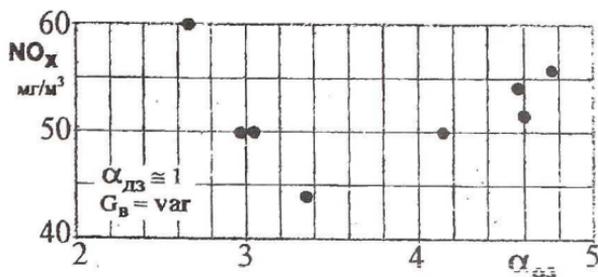


Рис. 4.

бюратора, а воздух из второго карбюратора только снижает концентрацию NO_x в два раза, то из условия $EI_{\text{NO}_x} \sim \exp(T_{\text{пл}}/100)/T_{\text{пл}}$ [2],

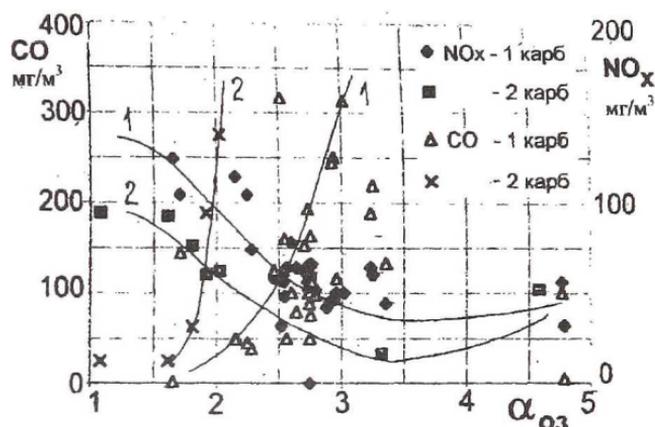


Рис. 5.

ТВС в основной зоне горения из-за соударения струй из карбюраторов. Этот факт позволил снизить требования к карбюраторам по перемешиванию, что было подтверждено испытаниями карбюраторов различной степени гомогенизации ТВС в отсеке и на двигателе.

Из этих опытных данных можно также сделать вывод о существовании общих закономерностей в процессах образования NO_x и CO в дежурной и основной зонах горения в пределах существующей

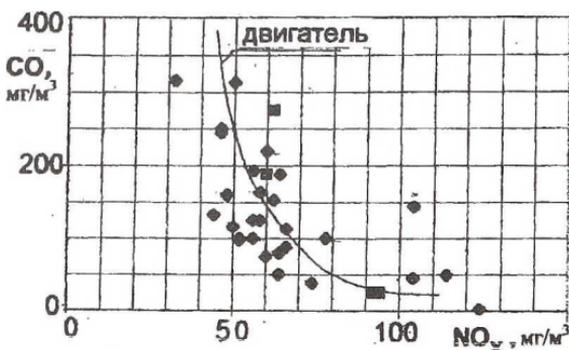


Рис. 6.

конструкции КС, что следует из рис. 6, где измерения, выполненные на отсеке хорошо совпадают с данными, полученными на двигателе.

Таким образом, измерения, выполненные на отсеке высокого давления

вполне пригодны для прогнозирования экологических характеристик двигателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тумановский А.Г. Некоторые пути снижения концентрации окислов азота в камерах сгорания ГТУ. // Теплоэнергетика. -1973. №6
2. Лефевр А.Х. Процессы в камерах сгорания ГТД. -М: Мир, 1986. -566с.

УДК 621.452.322.034.313

РЕЗУЛЬТАТЫ ОТРАБОТКИ МНОГОФОРСУНОЧНЫХ КАМЕР СГОРАНИЯ АВИАЦИОННЫХ ГТД НА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДАХ ТОПЛИВА

Епейкин Л.Ф., Крыжановский А.И., Лавров В.Н.,
Спивак Ю.В., Цыбизов Ю.И.

ОАО СНТК им. Н.Д.Кузнецова, г. Самара

На двигателях НК-88 и НК-89 (базовый двигатель НК-8-2У), предназначенных в качестве силовой установки самолетов Ту-155 и Ту-156 соответственно, проведены испытания на водороде и СПГ следующего состава: метан 99,4...99,8 %, этан 0,01...0,03%, пропан и более тяжелые углеводороды 0,01...0,03%, азот 0,26...0,52%. На указанных двигателях использована многофорсуночная камера сгорания (КС) прототипа в двухтопливном варианте. Система топливоподачи включает в себя керосиновую систему базового двигателя и вновь разработанную криогенную систему, состоящую из насосного агрегата; теплообменников - газификаторов и соответствующих агрегатов управления и регулирования.

При работе двигателя на водороде и СПГ запуск осуществлялся на керосине. Для воспламенения топлива применялись воспламенители с аэрозийными свечами, работающими с индукционным агрегатом зажигания поверхностного разряда. Переход на работу с альтернативным видом топлива осуществлялся после выхода двигателя на режим малого газа. При этом основной вариант двигательной топливной системы предполагает подачу водорода и СПГ в КС в испаренном виде. Испарение топлива производится в двух последовательно расположенных теплообменниках, в которых используется тепло, отбираемое от керосина и от затурбинного газа (продуктов сгорания).