

## Л и т е р а т у р а

1. Берман В.С., Рязанцев Ю.С. Асимптотический анализ зажигания газа накаливаемой поверхностью. - Прикладная механика и технологическая физика. 1977, № 1, с.68-73.
2. Спадагчини Л.И. Характеристики самовоспламенения углеводородных топлив при повышенных температурах и давлениях. - Труды американского общества инженеров механиков. Энергетические машины и установки, т. 99, серия А, 1977, № 1.
3. Груздев В.Н., Малишевская Н.А., Талантов А.Б. К вопросу об экспериментальном исследовании самовоспламенения в однородном потоке. - Физика горения и взрыва, т. 5, 1979, № 2, с. 170-172.
4. Пираллишвили Ш.А. Вихревой противоточный теплообменник. - В сб.: Творческий поиск молодых. КуАИ, 1971, с. 35-38.
5. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. - М.: Машиностроение, 1969.

УДК 532.527.004.14

в.в.Бирюк, В.М.Сукчев \*

### ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ БОРТОВЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ САМОЛЕТОВ

Для охлаждения радиоэлектронных приборов самолетов возможно использование каскадной схемы соединения ВТ [1, 3]. Данная система охлаждения должна обеспечить заданную температуру подаваемого в блок радиоаппаратуры воздуха  $T_{гр}$  при необходимой холодопроизводительности  $Q_{гр}$ . Каскадная система работает следующим образом.

Холодный поток каждой предыдущей ВТ охлаждает в теплообменнике воздух, подаваемый на вход в последующую ВТ. Холодный поток последней ВТ охлаждает оборудование и выбрасывается в атмосферу. Число каскадов определяется числом ВТ. В однокаскадной схеме теплообменник отсутствует.

\* В работе принимал участие Г.А.Смоляр

Для выбора числа каскадов, обеспечивающих нормальную работу радиооборудования в диапазоне скоростей и высот полета самолета ( $M-H$ ), используем понятие относительной температуры холодного потока ВТ [I]:

$$\theta = T_x / T_{вх}$$

Для оценки применимости вихревой каскадной системы охлаждения необходимо отыскать значения располагаемой температуры и холодопроизводительности схемы:

$$T_{храс} = f_1(M, H); Q_{рас} = f_2(M, H).$$

Считая, что торможение на входе в систему полное и при сверхзвуковых режимах полета на диффузоре располагается прямой скачок уплотнения, выражение для степени расширения воздуха, срабатываемого ВТ, запишется:

$$\pi = \frac{P_{вх}}{P_{вых}} \quad \text{или} \quad \pi = \frac{G_{вх} G_{вол.пот} P_n^*}{P_n - \Delta P_{\partial}}$$

где  $P_n^*$  - давление заторможенного потока;  $G_{вх}$  - коэффициент восстановления давления в диффузоре;  $G_{вол.пот}$  - коэффициент восстановления давления за счет волновых потерь на сверхзвуковых режимах полета;  $P_n$  - статическое давление на заданной высоте по МСА;  $\Delta P_{\partial}$  - понижение давления за счет использования явления "донного эффекта".

Определяющим фактором в выборе оптимальной системы охлаждения является обеспечение  $\theta_{рас} \leq \theta_{тр}$ . Необходимая холодопроизводительность обеспечивается размерами ВТ и долей холодного потока  $\mu$  [I]. Вначале производим расчет выполнимости  $\theta_{рас} \leq \theta_{тр}$  во всем диапазоне  $M-H$ . Для этого составим матрицу приведенной относительной температуры  $\bar{\theta} = \theta_{тр} / \theta_{рас}$ .

$\bar{\theta}$  рассчитывается в узловых точках матрицы как функция от

$M, H, \mu$ .

$$\begin{matrix} & M_1 & M_2 & \dots & M_j \\ H_1 & \bar{\theta}_{11} & \bar{\theta}_{12} & \dots & \bar{\theta}_{1j} \\ H_2 & \bar{\theta}_{21} & \bar{\theta}_{22} & \dots & \bar{\theta}_{2j} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ H_i & \bar{\theta}_{i1} & \bar{\theta}_{i2} & \dots & \bar{\theta}_{ij} \end{matrix}$$

где  $i$  и  $j$  - количество базовых режимов по  $H$  и  $M$ .

Для составления матрицы вначале подчитывается  $\theta_{тр} = T_{тр} / T_n^*$ ,

где  $T_n^*$  - температура заторможенного потока. Затем для опреде-

ления  $\theta_{рас}$  воспользуемся выражением, полученным в [2] для цилиндрической ВТ конструкции А.П. Меркулова:

$$\theta_{рас} = 1,0277704 - 0,06452358 \pi + 0,003360279 \pi^2 + \mu (-0,02886561 + 0,047720934 \pi - 0,00210673 \pi^2).$$

Формула справедлива для изменения  $\pi = 1,05-9$  и  $\mu = 0,2 - 0,8$ . Если  $\pi > 9$ , то  $\theta_{рас} = \theta_{при \pi=9}$ . Значения  $\theta_{рас}$  подсчитываем, начиная с одной ВТ, задаваясь значениями  $\mu = 0,25-0,75$  с шагом 0,1.

Для каждого значения  $\mu_i$  строим матрицу  $\bar{\theta}$ . Если  $\bar{\theta}_{min} \geq 1,1$ , то одна ВТ обеспечивает работу системы охлаждения в заданном диапазоне режимов полета самолета. 10%-ный запас по  $\theta_{рас}$  необходим для компенсации ухудшения температурной эффективности ВТ из-за масштабного фактора, уровня давлений и температур [2]. Если  $\bar{\theta}_{min}$  одинакова для нескольких значений  $\mu$ , то выбор режима работы системы необходимо проводить для больших значений  $\mu$ .

Расчет размеров ВТ проводится по методике [1] с учетом оптимальных соотношений [2]. Расход холодного воздуха и определяющий размер в сопловом сечении ВТ находится из обеспечения необходимой холодопроизводительности системы в узловой точке матрицы при  $\bar{\theta}_{min}$ . Если  $\bar{\theta}_{min} < 1,1$ , то необходимо проводить расчет каскадной схемы, используя  $\theta_{рас} = \theta_{кас} = \prod_{i=1}^n \theta_i$ , где  $n$  - требуемое число каскадов. Учитывая ухудшения  $\theta_{i,рас}$  из-за потерь в теплообменниках в двух- и более каскадной схеме,  $\bar{\theta}$  принимается с запасом в 20%. Тогда, если для одной ВТ  $0,91 \leq \bar{\theta}_{min} < 1,1$ , то заданному условию по температуре удовлетворяет 2-каскадная схема. Количество матриц  $\bar{\theta}_{кас}$  увеличивается, так как  $\mu_1 = 0,25-0,75$  и  $\mu_2 = 0,25-0,75$ . Для 2-каскадной схемы  $\mu_1$  и  $\mu_2$  каскадов выбираются максимальные по повышению экономичности системы. Если для одной ВТ  $0,82 \leq \bar{\theta} < 0,91$ , то в этом случае необходимо применять 3-каскадную схему. Выбор соотношения  $\mu_i$  и  $\mu_{i+1}$  производится так же, как и для 2-каскадной схемы.

После выбора количества каскадов проводим расчет размеров ВТ и теплообменников. Для этого полагаем, что полные теплоемкости горячего и холодного потоков в теплообменниках равны, т.е.  $M_{вх_{i+1}} = M_{х_{i+1}}$ .

В результате расчета получаем распределение температур, давлений и геометрические размеры ВТ и теплообменников. После этого для 2-каскадной схемы уточняем

$$\pi_1' = \frac{P_H^* - \Delta P_{TГ}}{P_H - \Delta P_э}; \quad \pi_2' = \frac{P_H^*}{P_H - \Delta P_э + \Delta P_{TХ}}$$

где  $\Delta P_{TГ}$  и  $\Delta P_{TХ}$  - потери давления в горячем и холодном трактах теплообменника. Определяем значение температур в узловых точках матрицы  $T'_{рас} = \theta_1' \theta_2' T_H^* + \Delta T_T$ , где  $\Delta T_T$  - недорегенерация в теплообменнике.

Для 3-каскадной схемы уточнение проводим по формулам:

$$\pi_1' = \frac{P_H^*}{P_H - \Delta P_э + \Delta P_{T1Х}}; \quad \pi_2' = \frac{P_H^* - \Delta P_{T1Г}}{P_H - \Delta P_э + \Delta P_{T2Х}};$$

$$\pi_3' = \frac{P_H^* - \Delta P_{T2Г}}{P_H - \Delta P_э}; \quad T'_{рас} = \theta_1' \theta_2' \theta_3' T_H^* + \Delta T_{T1} + \Delta T_{T2}.$$

Затем в расчет вносятся поправки по  $\theta_{рас}$  на масштаб ВТ, давление и температуру входящего воздуха. В заключение подсчитываются температура и холодопроизводительность системы в заданном диапазоне режимов работы.

#### Л и т е р а т у р а

1. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. - М.: Машиностроение, 1969, с. 183.
2. Бирюк В.В., Плюхин Г.А., Смоляр Г.А., Сучков В.М. Влияние масштабного фактора, давления и температуры входящего газа на энергетические характеристики вихревой трубы. - См. настоящий сборник.
3. Меркулов А.П., Бирюк В.В., Смоляр Г.А. Каскадные вихревые автономные системы охлаждения элементов летательных аппаратов. - Изв. вузов. Авиационная техника, 1980, № 3, с. 69-74.