

Годовников А.И.

Godovnikov A.I.

ПАРАМЕТРЫ ОГНЕГАСИТЕЛЬНОЙ СТРУИ АВТОМОБИЛЯ ГАЗОВОДЯНОГО ТУШЕНИЯ

PARAMETERS OF THE CAR FIRE EXTINGUISHING JET

Аннотация. В данной статье рассмотрен пример расчета теплофизических параметров огнегасительной струи, получаемой с помощью турбореактивного двигателя.

Abstract. In this article we consider an example of calculating the thermophysical parameters of a fire-extinguishing jet produced by a turbojet engine.

Ключевые слова: огненный шар, расчет теплового излучения, попутный нефтяной газ.

Key words: fireball, heat radiation calculation, associated petroleum gas.

Из теории горения известно, что большинство веществ и материалов не горит при снижении концентрации кислорода в зоне горения ниже 14%. Продукты сгорания топливной смеси турборе-м ми ими» щигатоля в реактивной трубе формируются в газовый Поток, содержащий на выходе из сопла до 14% кислорода. При таком содержании кислорода поток отработавших газов инертен. Добавление к нему воды, распыленной до мелкодисперсного со-стояния энергией газового потока, снижает его температуру, увеличивает содержание инертных добавок и повышает огнегаситель-ную эффективность. Расход отработавших газов на номинальном режиме составляет 47 кг/сек.

При уменьшении числа оборотов двигателя выход отработавших газов соответственно уменьшается и может быть определен по формуле

$$Q_{\Gamma} = Q_{\Gamma}^{\max} \frac{n}{n^{\max}}, \quad (1)$$

где n — фактическое число оборотов турбины; n^{\max} — максимальное число оборотов; Q^{\max} — максимальный выход отработавших газов в

номинальном режиме; Q_r — фактический выход отработавших газов. Так, при числе оборотов $n = 9500$ об/мин выход отработавших газов составит

$$Q_r = 47,4 \frac{9500}{11\ 200} = 40 \text{ кг/сек.}$$

Производительность турбореактивной установки можно рассматривать как сумму выхода отработавших газов двигателя и расхода введенной в газовый поток воды

$$Q = Q_r + Q_B$$

Если, например, выход отработавших газов составляет 40 кг/сек и в струю введено 46 л/сек воды, то общая производительность турбореактивной установки

$$Q = 40 + 46 = 86 \text{ кг/сек.}$$

Концентрация воды в огнегасительной струе определяется по формуле

$$C_B = \frac{Q_B}{Q} 100. \quad (2)$$

Концентрация воды в огнегасительной струе определяется по формуле

$$C_B = \frac{46 \cdot 100}{86} = 54 \%$$

Для приведенного выше примера концентрация воды в огнегасительной струе составит

Основными параметрами огнегасительной струи, определяющими ее эффективность, являются расход, скорость и температура. Расход отработавших газов зависит от режима работы двигателя. При номинальном числе оборотов 11200 об/мин он составляет

Основными параметрами огнегасительной струи, определяющими ее эффективность, являются расход, скорость и температура.

Расход отработавших газов зависит от режима работы двигателя. При номинальном числе оборотов 11200 об/мин он составляет

47,4 кг/сек. Расход воды, вводимой в огнегасительную струю, зависит от числа работающих насадок и давления перед ними.

Огнегасительную струю, образуемую турбореактивным двигателем, можно рассматривать как газовую, содержащую во взвешенном состоянии тяжелые примеси в жидкой фазе.

Из теории газовой струи известно, что даже при очень больших начальных концентрациях тяжелых примесей в струе благодаря существенному различию плотности газа и примесей струю можно рассматривать как газовую. Действительно, в огнегасительной струе при соотношении веса распыленной воды к весу отработавших газов 1 : 1,3 отношение объемов отработавшего газа и воды в среднем составляет около 1000:1. По мере удаления от сопла в результате подсоса воздуха к струе это отношение увеличивается в десятки раз. Движение мелких взвешенных капелек в струе подчиняется в основном движению газа. Поэтому струю, содержащую аналогичные включения, допустимо рассматривать как свободную газовую струю.

Свободная газовая струя имеет форму расширяющегося конуса. Вихревые массы газового потока вовлекают в свое движение слои окружающего воздуха, которые подтормаживают граничные слои потока. В результате масса растет, ширина ее увеличивается, скорость у границ убывает. Подторможенные частицы активного потока вместе с увлеченными частицами окружающего воздуха образуют турбулентный пограничный слой струи, толщина которого в направлении течения возрастает.

По мере удаления от сопла наряду с утолщением пограничного слоя происходит сужение ядра постоянной скорости. Это приводит к тому, что на некотором расстоянии ядро невозмущенного потока исчезает.

Свободная струя состоит из двух участков — начального и основного.

Начальный участок характеризуется тем, что в потоке имеется ядро

постоянной скорости, величина которой равна начальной скорости истечения. В основном участке ядра постоянной скорости нет, в нем пограничный слой заполняет все поперечное сечение. Размывание потока в нем сопровождается не только увеличением ширины струн, но и падением скорости на ее оси.

Длину начального участка можно определить по формуле

$$S_0 = \frac{0,67R_0}{a} = \frac{0,67 \cdot 0,265}{0,07} = 2,5 \text{ м}, \quad (3)$$

где R_0 — радиус сопла в м; a — коэффициент, зависящий от начального профиля скоростей (для струй с естественной турбулентностью $a = 0,07$).

Начальная скорость истечения отработавших газов определяется выражением

$$\omega_0 = \frac{Q_0}{\pi R_0^2} = \frac{G_0}{\pi R_0^2 \gamma}, \quad (4)$$

где G_0 — весовой расход отработавших газов, в данном случае 47,4 кг/сек (в номинальном режиме); γ — удельный вес отработавших газов на выходе из сопла в кг/м³.

Удельный вес смеси отработавших газов γ при температуре газового потока на выходе из сопла $T_0 = 845^\circ\text{K}$ составит

$$\gamma = \frac{\mu}{22,4} \cdot \frac{T_H}{T_0} = \frac{29,18}{22,4} \cdot \frac{273}{845} = 0,42 \text{ кг/м}^3, \quad (5)$$

где μ — молекулярный вес смеси отработавших газов из учета: O_2 — 14,5%; N_2 — 79%; CO_2 — 4,5%; CO — 0,8%; H_2O (в паровой фазе) — 1,2%; для данной смеси газов $\mu = 29,18$.

$$\omega_0 = \frac{G_0}{\pi R_0^2 \gamma} = \frac{47,4}{3,14 \cdot 0,265^2 \cdot 0,42} = 515 \text{ м/сек.}$$

$$R = \frac{848}{\mu} = \frac{848}{29,18} = 29,06 \text{ кг} \cdot \text{м/кг} \cdot \text{град.} \quad (6)$$

$$M = \frac{w_0}{a} = \frac{515}{570} = 0,905 < 1. \quad (7)$$

Следовательно, рассматриваемое течение газового потока является дозвуковым.

Литература.

1. Б.А. Красных., В.Ф. Мартынюк., Т.С. Сергиенко., А.А.Сорокин., А.А. Феоктистов. Анализ аварий и несчастных случаев на объектах газового надзора. - М.: ООО «Анализ опасностей». - 2014. - 320 с.
2. Абдурагимов И.М., Говоров В.Ю., Макаров В.Е. Физико-химические основы развития и тушения пожаров М.: РИО ВИПТШ МВД СССР, 1980. 255с.
3. Абдурагимов И.М., Андросов А.С., Исаева Л.К., Крылов Е.В. Процессы горения М.: РИО ВИПТШ МВД СССР, 1976. 113с.
4. Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. А.А. Ра-вделя и А.М. Пономаревой Л.: Химия, 1983. 332 с