

В качестве верхней оценки для $r_{0\infty}$ используем значение

$$r_{\infty}(t) = R_p + 2\varepsilon_2 \left(\frac{\mu t}{\rho} \right)^{1/2},$$

где ε_2 – аргумент функции ошибок Гаусса, при котором она принимает значение ε_1 .

При этом учитываем, что для любого момента времени при прочих равных параметрах

$$r_{0\infty}(t) < r_{\infty}(t).$$

Представление о радиусе области течения воздуха r_{∞} и о его изменении со временем можно получить из таблицы 5.1, в которой заданы два значения скорости звука $v(t, r_{\infty})$: 340,3 м/с ($\varepsilon_1 = 0,034$, $\varepsilon_2 = 1,49$) и практически нулевой по аэрокосмическим масштабам скорости 2,36 м/с ($\varepsilon_1 = 0,000236$, $\varepsilon_2 = 2,6$). Расчеты проводились при $R_p = 0,05$ м и параметрах воздуха $\mu = 13,9 \times 10^{-9}$ Па·с и $\rho = 0,08$ кг/м³, соответствующих температуре 4273 °К.

Положим $R_p \approx r$, тогда соотношение (5.11) можно представить в виде:

$$v(t, r) = \text{Verfc} \left[\frac{r - R_p}{2} \left(\frac{\rho}{\mu t} \right)^{1/2} \right]. \quad (5.12)$$

Силы трения поверхности ротора о воздух в расчете на 1 м его длины удобно вычислить по формуле:

$$F_{\text{тр}} = -2\pi R_p \mu \left. \frac{\partial v}{\partial r} \right|_{r=R_p}.$$

Подставляя сюда (5.12), получим:

$$F_{\text{тр}} = 2R_p \left(\frac{\pi \mu \rho}{t} \right)^{1/2}.$$

Таблица 5.1 – Изменение во времени радиуса области течения воздуха

$v(t, r_{\infty}), \text{ м/с}$	$r_{\infty}, \text{ м}$		
	$t = 0,1 \text{ с}$	$t = 1 \text{ с}$	$t = 10 \text{ с}$
340,3	0,089	0,175	0,444
2,36	0,119	0,267	0,736

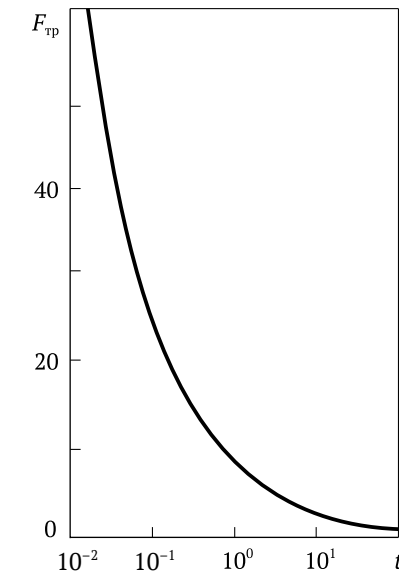


Рисунок 32 – Зависимость удельной силы трения поверхности ротора о воздух от времени

В качестве примера на рисунке 32 представлена зависимость $F_{\text{тр}}$ от времени, построенная при $R_p = 0,05$ м для $\mu = 1,819 \times 10^{-5}$ П·с, $\rho = 1,166$ кг/м³, соответствующих температуре воздуха 293 °К. Как показали вычисления, выбор другого, большего значения температуры воздуха приводит к снижению расчетного значения $F_{\text{тр}}$, поэтому зависимость на рисунке 32 представляет собой верхнюю оценку $F_{\text{тр}}$.

5.4. Приближенный расчет температурного поля в окрестности поверхности ротора при отсутствии процесса сублимации защитного покрытия

Температурное поле в окрестности поверхности ротора при отсутствии процесса сублимации можно определить, используя уравнение (5.3). С учетом (5.12) это уравнение после некоторых преобразований запишем в следующем виде:

$$C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{V_z^2 \rho}{\pi t} \exp \left[-\frac{\rho(r - R_p)^2}{2\mu t} \right]. \quad (5.13)$$