

и решение такой задачи затруднительны, однако для получения простейших оценок допустим приближенный подход, основанный на ряде упрощающих допущений.

1. В момент старта ротор, имеющий в результате разгона максимальную скорость в вакууме внутри защитной оболочки, мгновенно контактирует с неподвижным воздухом.

2. Аэродинамическими и другими эффектами, связанными с практически мгновенной разгерметизацией оболочки, пренебрегаем.

3. Влиянием радиальной составляющей скорости ротора на аэродинамические и теплофизические процессы, протекающие в его окрестности, пренебрегаем.

4. Величина касательной к ротору составляющей скорости практически не изменяется на исследуемых отрезках времени.

5. Течение воздуха в окрестности ротора является ламинарным и одномерным, при этом отлична от нуля лишь компонента скорости частиц воздуха, направленная вдоль центральной линии ротора.

6. Кривизной центральной линии ротора пренебрегаем по сравнению с кривизной его поперечного сечения. Таким образом, аэродинамические и теплофизические процессы в окрестности поверхности ротора подобны процессам в окрестности поверхности бесконечно длинного цилиндра при его движении вдоль своей оси.

7. Проскальзывание частиц воздуха по поверхности ротора не учитывается.

8. Аэродинамические и теплофизические характеристики воздуха постоянны. Их числовые значения соответствуют некоторой средней температуре.

9. Отводом тепла внутри ротора с его поверхности пренебрегаем.

10. Разогретый воздух не излучает энергию и не поглощает излучение, исходящее от поверхности ротора.

11. Процессом ионизации воздуха и химическими реакциями, протекающими при этом, пренебрегаем, рассматривая разогрев воздуха в окрестности поверхности ротора.

12. Процесс возможной сублимации защитного покрытия слабо влияет на гидродинамические процессы вблизи поверхности ротора.

13. Температура на поверхности ротора при наличии сублимирующего покрытия принимается постоянной и равной температуре фазового перехода.

Другие упрощающие допущения вводятся по мере необходимости.

Предлагаемая система допущений позволяет построить весьма упрощенную модель ожидаемых гидродинамических и теплофизических процессов, поэтому полученные ниже результаты следует рассматривать лишь как оценочные.

Введем цилиндрическую систему координат, показанную на рисунке 31, направив ось Z вдоль оси ротора. С учетом принятых выше допущений распределение скорости воздуха v и его температуры T в окрестности поверхности ротора описывается системой уравнений, следующих из основных положений гидродинамики и теории конвективного теплопереноса [8, 22] (здесь и далее индекс «в» при скорости воздуха опускается):

$$\rho \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\mu r \frac{\partial v}{\partial r} \right); \quad (5.2)$$

$$\rho C_t \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \mu \left(\frac{\partial v}{\partial r} \right)^2, \quad (5.3)$$

где ρ – плотность; μ – коэффициент динамической вязкости; C_t – удельная теплоемкость; λ – коэффициент теплопроводности воздуха; t – время; r – радиальная координата.

Представленные уравнения записаны при дополнительном допущении об осевой симметрии поля скоростей и температуры, а также допущении о независимости основных характеристик процесса от координаты Z . Предполагается также, что давление воздуха всюду постоянно.

Таким образом, переменные v и T представляют собой функции лишь времени t и радиальной координаты r . Уравнение (5.3) описывает конвективный нестационарный теплоперенос с учетом диссипации механической энергии.

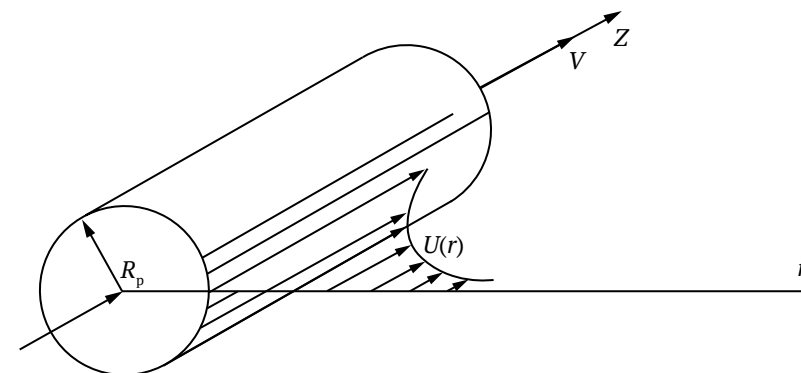


Рисунок 31 – Расчетная схема ротора