



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана)



Домашнее задание
Тепловой расчет сферического носка ЛА
Вариант 34

Москва, 2022

Студент группы СМ13-33М:
Худорожко М. В.

Преподаватель:
Тимошенко В. П.

Почта:
Khudorozhko.mixa@gmail.com

Индивидуальный вариант задания №34

Задание 34. Худорожко Михаил Викторович
Рассчитать q_{conv} и T_{aw} для критической точки сферического носка (ламинарный режим) и для звуковой точки сферического носка (турбулентный режим). Результаты представить в виде численных значений.
Рассчитать распределение $q_{conv}(\theta)$ и $T_{aw}(\theta)$ для $\theta=0 \dots \pi/2$
 $R=0,1; 1,0$ м
 $H=76000$ м, $V=7350$ м/с
Формулы (3), (4), (5), (6), (7) – сравнить соответствующие результаты на одном графике для каждого значения R .

Таблицы с численными значениями

a_∞ , T_∞ - значения из ГОСТ 4401-81
Атмосфера стандартная

№	Параметр	Значение
1	T_∞	204,650 К
2		1002,878 Дж/(кг·К)
3	γ	1,4
4		76000 м
5		7350 м/с
6		286,781 м/с
7		25,629
8		$2,7167 \cdot 10^7$ Дж/кг

Формулы расчета
параметров:

$$\overline{C}_p(T) = 1002,32 + \frac{300 \cdot A1(T)}{e^{A1(T)} - 1} + \frac{15 \cdot A2(T)}{e^{A2(T)} - 1}$$

$$A1(T) = \frac{3200}{T}$$

$$A2(T) = \frac{1000}{T}$$

$$M_\infty = \frac{V_\infty}{a_\infty}$$

$$h_e(T) = \overline{C}_p(T) \cdot T \cdot \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} \cdot M_\infty^2 \right)$$

Таблицы с численными значениями для R=0,1 м

Расчета падающего потока в критической точке по формуле 3

ρ_∞ - значение из ГОСТ 4401-81
Атмосфера стандартная

№	Параметр	Значение
1		$2,98132 \cdot 10^{-5}$ кг/м ³
2		7350 м/с
3		$2,71679 \cdot 10^7$ Дж/кг
4		0,05981 кг/(м ² ·с)
5		2381,995 К
6		1156,696 Дж/(кг·К)
7		$4,536 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м ² ·К ⁴)
8		1460283 Вт/м ²
9		1460283 Вт/м ²

Формулы расчета параметров:

$$\overline{C}_{pw}(T) = 1002,32 + \frac{300 \cdot A1(T)}{e^{A1(T)} - 1} + \frac{15 \cdot A2(T)}{e^{A2(T)} - 1}$$

$$A1(T) = \frac{3200}{T}$$

$$A2(T) = \frac{1000}{T}$$

$$\alpha_{h0} = \frac{2,56 \cdot 10^{-5}}{h_e} \cdot \sqrt{\frac{\rho_\infty}{R}} \cdot V_\infty^{3,25}$$

$$\alpha_{h0} (h_e - \overline{C}_{pw}(T_{aw}) \cdot T_{aw}) = \varepsilon \sigma \cdot T_{aw}^4 (*)$$

T_{aw} определяется путем численного решения уравнения (*)

Таблицы с численными значениями для R=0,1 м

Расчета падающего потока в критической точке по формуле 4

ρ_∞ - значение из ГОСТ 4401-81
Атмосфера стандартная

№	Параметр	Значение
1		$2,98132 \cdot 10^{-5}$ кг/м ³
2		7350 м/с
3		$2,71679 \cdot 10^7$ Дж/кг
4		0,049928 кг/(м ² ·с)
5		2279,821 К
6		1151,435 Дж/(кг·К)
7		$4,536 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м ² ·К ⁴)
8		1225396 Вт/м ²
9		1225396 Вт/м ²

Формулы расчета параметров:

$$\overline{C}_{pw}(T) = 1002,32 + \frac{300 \cdot A1(T)}{e^{A1(T)} - 1} + \frac{15 \cdot A2(T)}{e^{A2(T)} - 1}$$

$$A1(T) = \frac{3200}{T}$$

$$A2(T) = \frac{1000}{T}$$

$$\alpha_{h0} = 0,193 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{\rho_\infty}{R}} \cdot V_\infty^{1,08}$$

$$\alpha_{h0} (h_e - \overline{C}_{pw}(T_{aw}) \cdot T_{aw}) = \varepsilon \sigma \cdot T_{aw}^4 (*)$$

T_{aw} определяется путем численного решения уравнения (*)

Таблицы с численными значениями для R=0,1 м

Расчета падающего потока к звуковой точке (турбулентный режим)

ρ_∞ - значение из ГОСТ 4401-81
Атмосфера стандартная

№	Параметр	Значение
1		$2,98132 \cdot 10^{-5}$ кг/м ³
2		7350 м/с
3		$2,7167 \cdot 10^7$ Дж/кг
4		0,011622 Вт/м ²
5		1597,229 К
6		1106,808 Дж/(кг·К)
7		$4,536 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м ² ·К ⁴)
8		295217 Вт/м ²
9		295217 Вт/м ²

Формулы расчета параметров:

$$\overline{C_{pw}}(T) = 1002,32 + \frac{300 \cdot A1(T)}{e^{A1(T)} - 1} + \frac{15 \cdot A2(T)}{e^{A2(T)} - 1}$$

$$A1(T) = \frac{3200}{T}$$

$$A2(T) = \frac{1000}{T}$$

$$\alpha_{h^*}(T_{aw}) = 0,469 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\rho_\infty^{0,8}}{R^{0,2}} \cdot V_\infty^{1,25} \left(1 + \frac{h_w(T_{aw})}{h_e} \right)^{-2/3}$$

$$\alpha_{h^*}(T_{aw}) (h_e - \overline{C_{pw}}(T_{aw}) \cdot T_{aw}) = \varepsilon \sigma \cdot T_{aw}^4 (*)$$

T_{aw} определяется путем численного решения уравнения (*)

Таблицы с численными значениями для R=1 м

Расчета падающего потока в критической точке по формуле 3

ρ_∞ - значение из ГОСТ 4401-81
Атмосфера стандартная

№	Параметр	Значение
1		$2,98132 \cdot 10^{-5}$ кг/м ³
2		7350 м/с
3		$2,71679 \cdot 10^7$ Дж/кг
4		0,01891 кг/(м ² ·с)
5		1799,561 К
6		1121,980 Дж/(кг·К)
7		$4,536 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м ² ·К ⁴)
8		475707 Вт/м ²
9		475707 Вт/м ²

Формулы расчета параметров:

$$\overline{C}_{pw}(T) = 1002,32 + \frac{300 \cdot A1(T)}{e^{A1(T)} - 1} + \frac{15 \cdot A2(T)}{e^{A2(T)} - 1}$$

$$A1(T) = \frac{3200}{T}$$

$$A2(T) = \frac{1000}{T}$$

$$\alpha_{h0} = \frac{2,56 \cdot 10^{-5}}{h_e} \cdot \sqrt{\frac{\rho_\infty}{R}} \cdot V_\infty^{3,25}$$

$$\alpha_{h0} (h_e - \overline{C}_{pw}(T_{aw}) \cdot T_{aw}) = \varepsilon \sigma \cdot T_{aw}^4 (*)$$

T_{aw} определяется путем численного решения уравнения (*)

Таблицы с численными значениями для R=1 м

Расчета падающего потока в критической точке по формуле 4

ρ_∞ - значение из ГОСТ 4401-81
Атмосфера стандартная

№	Параметр	Значение
1		$2,98132 \cdot 10^{-5}$ кг/м ³
2		7350 м/с
3		$2,71679 \cdot 10^7$ Дж/кг
4		0,015788 кг/(м ² ·с)
5		1721,738 К
6		1116,358 Дж/(кг·К)
7		$4,536 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м ² ·К ⁴)
8		398604 Вт/м ²
9		398604 Вт/м ²

Формулы расчета параметров:

$$\overline{C}_{pw}(T) = 1002,32 + \frac{300 \cdot A1(T)}{e^{A1(T)} - 1} + \frac{15 \cdot A2(T)}{e^{A2(T)} - 1}$$

$$A1(T) = \frac{3200}{T}$$

$$A2(T) = \frac{1000}{T}$$

$$\alpha_{h0} = 0,193 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{\rho_\infty}{R}} \cdot V_\infty^{1,08}$$

$$\alpha_{h0} (h_e - \overline{C}_{pw}(T_{aw}) \cdot T_{aw}) = \varepsilon \sigma \cdot T_{aw}^4 (*)$$

T_{aw} определяется путем численного решения уравнения (*)

Таблицы с численными значениями для R=0,1 м

Расчета падающего потока к звуковой точке (турбулентный режим)

ρ_∞ - значение из ГОСТ 4401-81
Атмосфера стандартная

№	Параметр	Значение
1		$2,98132 \cdot 10^{-5}$ кг/м ³
2		7350 м/с
3		$2,7167 \cdot 10^7$ Дж/кг
4		0,0073686 кг/(м ² ·с)
5		1428,137 К
6		1092,703 Дж/(кг·К)
7		$4,536 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м ² ·К ⁴)
8		188692 Вт/м ²
9		188692 Вт/м ²

Формулы расчета параметров:

$$\overline{C_{pw}}(T) = 1002,32 + \frac{300 \cdot A1(T)}{e^{A1(T)} - 1} + \frac{15 \cdot A2(T)}{e^{A2(T)} - 1}$$

$$A1(T) = \frac{3200}{T}$$

$$A2(T) = \frac{1000}{T}$$

$$\alpha_{h^*}(T_{aw}) = 0,469 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\rho_\infty^{0,8}}{R^{0,2}} \cdot V_\infty^{1,25} \left(1 + \frac{h_w(T_{aw})}{h_c} \right)^{-2/3}$$

$$\alpha_{h^*}(T_{aw}) (h_c - \overline{C_{pw}}(T_{aw}) \cdot T_{aw}) = \varepsilon \sigma \cdot T_{aw}^4 (*)$$

T_{aw} определяется путем численного решения уравнения (*)

График распределение плотности теплового потока по поверхности сферического носка при ламинарном и турбулентном режимах обтекания

Формулы расчета теплового потока и температуры стенки

$$q_{conv} = q_0 \cdot (0,55 + 0,45 \cdot \cos 2\Theta)$$

$$q_0 = \alpha_{ho} \cdot (h_e - \overline{C}_p(T_{aw}) \cdot T_{aw})$$

$$q_{conv*}(\Theta) = q_* \cdot (3,75 \cdot \sin \Theta - 0,35 \cdot \sin^2 \Theta)$$

$$q_* = \alpha_{h*}(T_{aw}) \cdot (h_e - \overline{C}_p(T_{aw}) \cdot T_{aw})$$

$$T_w(\Theta) = \left(\frac{q(\Theta)}{\varepsilon \sigma} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$0 \leq \Theta \leq \frac{\pi}{2}$$

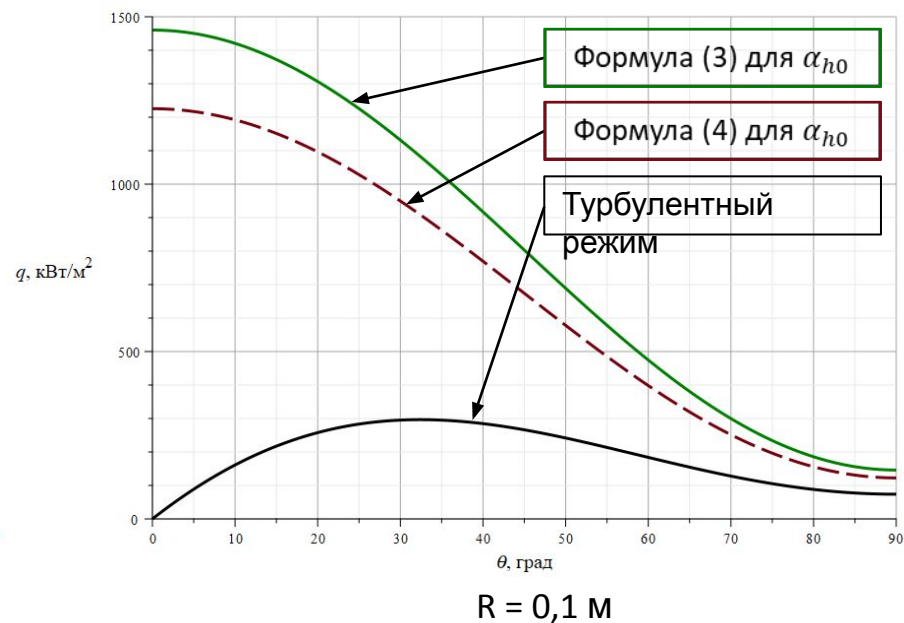
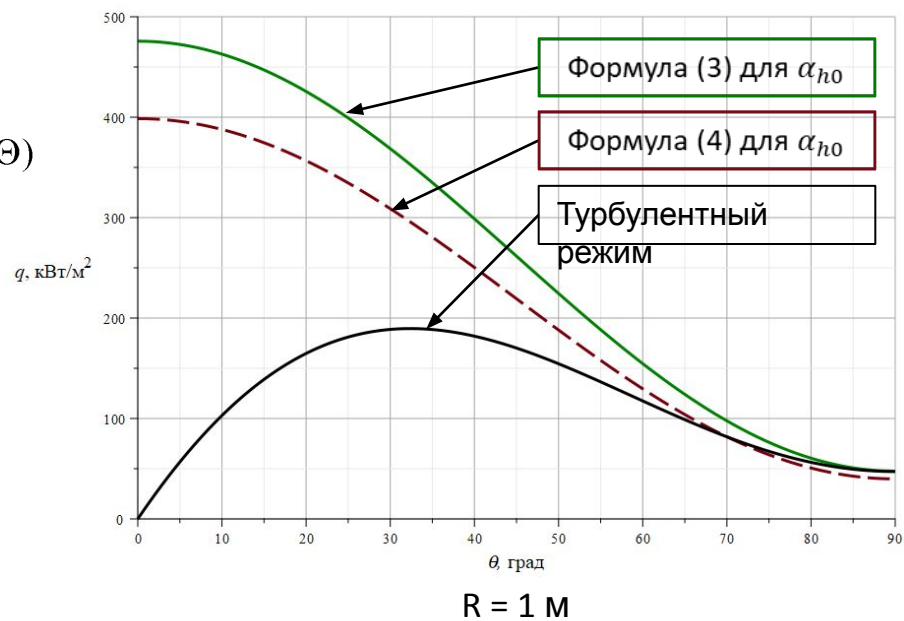


График распределения температуры поверхности сферического носка при ламинарном и турбулентном режимах обтекания

Формулы расчета теплового потока и температуры стенки

$$q_{conv} = q_0 \cdot (0,55 + 0,45 \cdot \cos 2\Theta)$$

$$q_0 = \alpha_{h0} \cdot (h_e - \overline{C}_p(T_{aw}) \cdot T_{aw})$$

$$q_{conv*}(\Theta) = q_* \cdot (3,75 \cdot \sin \Theta - 0,35 \cdot \sin^2 \Theta)$$

$$q_* = \alpha_{h*}(T_{aw}) \cdot (h_e - \overline{C}_p(T_{aw}) \cdot T_{aw})$$

$$T_w(\Theta) = \left(\frac{q(\Theta)}{\varepsilon \sigma} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$0 \leq \Theta \leq \frac{\pi}{2}$$

