



**Уральский
федеральный
университет**
имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина

**Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н.Ельцина»
Институт новых материалов и технологий
Кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии»**

ОТЧЕТ

**ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ №1
ВАРИАНТ №6**

Студент группы

№ НМТВ 213202 ВС

Пермякова Е.С.

Преподаватель

Доцент К.Т.Н.

Юрьев Б.П.

Верхняя Салда
2023

Задание

Стальной вал диаметром $d=390$ мм равномерно нагрет до температуры $t_1=390$ °С. Вал погружают в масляную ванну с температурой $t_{жс}=31$ °С, где он равномерно охлаждается со всех сторон. Необходимо определить температуру на оси и на поверхности вала через время $\tau=9,5$ минут после погружения. Коэффициент теплоотдачи от поверхности вала к среде $\alpha=582$ Вт/м²·К. Определив также количество теплоты, которое будет отдано с одного метра длины вала за это время. Вал изготовлен из стали, имеющей следующие теплофизические свойства: $\rho=7900$ кг/м³; $\lambda=45,4$ Вт/м·К; $C_p=0,462$ кДж/кг·К; $a=12,5 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Исходные данные

$$d=390 \text{ мм}; t_1=390 \text{ °С}; t_{жс}=31 \text{ °С}; \tau=9,5 \text{ мин}; \alpha=582 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}.$$

Решение

Вычислим величину критерия Био

$$Bi = \frac{\alpha r}{\lambda} = \frac{582 \cdot 195 \cdot 10^{-3}}{45.4} = 2.49.$$

В расчете используем радиус, так как вал равномерно охлаждается.

Так как $Bi > 0.1$, то решение задачи осуществляем по номограммам

Вычислим критерий Фурье.

$$Fo = \frac{a\tau}{r^2} = \frac{12.5 \cdot 10^{-6} \cdot 9,5 \cdot 60}{(195 \cdot 10^{-3})^2} = 0.187.$$

Определим температуру на оси вала. Безразмерную температуру $\theta = f(Bi, Fo)$

находим из графика $\theta_{r=0} = 0.72$.

$$\theta_{r=0} = \frac{t_{r=0} - t_{жс}}{t_1 - t_{жс}} \rightarrow t_{r=0} = \theta_{r=0}(t_1 - t_{жс}) + t_{жс} = 289 \text{ °С}, \text{ где } t_1 = 390 \text{ °С}.$$

Также определяем температуру на поверхности вала $\theta_{r=r_0} = 0,33$

$$\theta_{r=r_0} = \frac{t_{r=r_0} - t_{жс}}{t_1 - t_{жс}} \rightarrow t_{r=r_0} = \theta_{r=r_0}(t_1 - t_{жс}) + t_{жс} = 149.47 \text{ °С}.$$

Чтобы вычислить теплоту, отданную валом за 10 минут его охлаждения, необходимо найти отношение

$$Q_\tau / Q_{II} = f(Bi, Fo); Q_\tau / Q_{II} = 0.47.$$

$$Q_{II} = C_p M (t_1 - t_{жс}) = C_p \rho V (t_1 - t_{жс}) = C_p \rho \frac{\pi d^2 l}{4} (t_1 - t_{жс}) = 0.462 \cdot 10^3 \cdot 7900 \cdot \frac{3.14 \cdot 0.390^2}{4} \cdot 1 \cdot (390 - 31) = 156.4 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$$

Тогда $Q_\tau = 0,47 \cdot Q_{II} = 156,4 \cdot 10^6 \cdot 0,47 = 73,52$ Дж.

Вывод: рассмотрена задача по охлаждению стального вала, нагретого до определенной температуры и охлаждаемого в масляной ванне.

Определены температуры на оси и на поверхности вала через определенное время после его погружения в ванну определено так же количество теплоты, которое будет отдано с одного метра длины вала за рассматриваемый промежуток.