

## ЗАДАНИЕ ПО КОМПЬЮТЕРНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ

## ВАРИАНТ 47991 для 9 класса

Лаборанту поручили испытания термоинтерфейса новой модели видеокарты. В качестве модельного источника тепла было решено использовать плоский нагревательный элемент, представляющий собой спираль из медного проводника длиной 1 м, шириной 5 мм и толщиной 1 мм. На нагреватель подаётся постоянное напряжение 0,8 В. Через непроводящую высокотемпературную термопасту и испытываемый термоинтерфейс, коэффициент теплоотдачи которого  $K_T = 0,5$  Вт/К в большом температурном диапазоне, тепло отводится на алюминиевый радиатор массой 0,5 кг. Сам радиатор охлаждается воздушным потоком, температура которого равна  $T_0 = 20^\circ\text{C} = 293,15$  К, что обеспечивает теплоотдачу с коэффициентом  $K_p = 2$  Вт/К. Будем считать для простоты, что это соответствует температуре в лаборатории во время эксперимента. Удельное сопротивление меди меняется по закону  $\rho = \rho_0 \cdot (1 + a \cdot (T - T_0))$ , где  $\rho_0 = 1,68 \cdot 10^{-8}$  Ом·м,  $a = 3,9 \cdot 10^{-3}$  К<sup>-1</sup>. Удельная теплоёмкость меди  $C_{cu} = 385$  Дж/(кг·К), плотность  $\rho_{cu} = 8960$  кг/м<sup>3</sup>. Удельная теплоёмкость алюминия  $C_{al} = 900$  Дж/(кг·К).

Чтобы смоделировать этот эксперимент численно, перейдём к дискретному времени и будем рассматривать только моменты  $t_0$ ,  $t_0 + \Delta t$ ,  $t_0 + 2\Delta t$  и так далее. Дополнительно будем предполагать, что в течение каждого интервала времени  $\Delta t$ , переменные меняются незначительно, тогда мы сможем пренебречь этими изменениями для достаточно малого  $\Delta t$ . При таком подходе можно рассчитать изменения всех переменных в течение рассматриваемого интервала  $\Delta t$  по их значениям в начале интервала, после чего найти их значения в конце интервала. Эти действия следует повторять до тех пор, пока не будет достигнуто заданное условие по одной из переменных, в данном случае это температура проводника  $T$ . Точность расчёта зависит от выбранного значения шага дискретизации  $\Delta t$ , поэтому на практике, как правило, делают серию расчётов с уменьшающимся временным шагом. Для начального расчёта возьмём  $\Delta t = 0,1$ с.

1. Найдите время  $t_1$ , через которое температура нагревательного элемента первый раз превысит  $180^\circ\text{C}$ .
2. Повторите этот расчёт для вдвое меньшего  $\Delta t$ . Найдите разницу  $|t_2 - t_1|$  между вновь найденным значением  $t_2$  и значением из пункта 1.
3. Найдите энергию, отведённую от нагревателя в радиатор к моменту  $t_2$ .
4. Найдите энергию, которая была потрачена на нагрев проводника.

**Ответы:** 1. 30,70 с. 2. 30,75 с,  $|t_2 - t_1| = 0,05$  с. 3. 1523,55 Дж. 4. 2760,13 Дж.