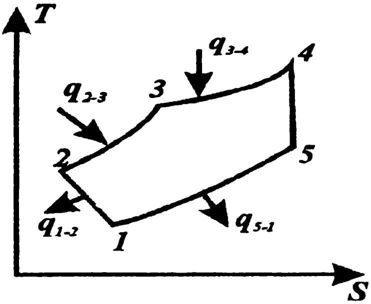

Рис. 5

Обозначения: 1-2 – политропное сжатие воздуха в цилиндре, 2-3, 3-4 – сгорание топлива (подвод теплоты к рабочему телу), 4-5 – расширение продуктов сгорания в цилиндре, 5-1 – выхлоп продуктов сгорания (отвод теплоты от рабочего тела).

Задача № 4

В резервуаре диаметром d и высотой h хранится нефть при температуре $t_{ж1}$, снаружи резервуар омывается воздухом с температурой $t_{ж2}$. Резервуар выполнен из стали толщиной стен δ_c = 25мм, коэффициент теплопроводности стали λ_c = 45,4 Вт/(м · К). Со стороны нефти на стенке и на крышке резервуара имеется слой парафина толщиной $\delta_п$, коэффициент теплопроводности парафина $\lambda_п$ = 0,12 Вт/(м · К).

Определить количество теплоты, которое передается от нефти к воздуху за сутки через боковую поверхность и крышку резервуара, и температуры наружной и внутренней поверхностей резервуара, а также на поверхности парафина.

Построить график изменения температуры в стенке резервуара и в слое парафина.

Данные, необходимые для решения, выбрать из таблицы 8.

Таблица 8

Последняя цифра шифра	$\delta_п$	d	h	$t_{ж1}$	$t_{ж2}$	Предпоследняя цифра шифра	α_1	α_2
	мм	м	м	°С	°С		Вт/(м^2 · К)	
0	40	15	10	75	-40	0	1000	30
1	35	16	9	70	-35	1	900	25
2	30	17	8	60	-20	2	800	20
3	35	18	7	65	-15	3	700	15
4	40	19	6	70	-10	4	600	20
5	30	20	5	75	-0	5	500	25

Продолжение таблицы 8

6	45	21	6	70	5	6	600	30
7	20	22	7	65	10	7	700	15
8	25	23	8	60	15	8	800	25
9	30	24	9	55	20	9	900	30

Методические указания

При решении задачи следует обратить особое внимание на такие понятия как коэффициент теплопередачи, коэффициент теплопроводности, коэффициент теплоотдачи.

При условии, когда $d_2/d_1 \to 1$, цилиндрическую стенку можно рассматривать как плоскую стенку. В этом случае теплота, передаваемая через 1 м^2 плоской стенки

$$q = \frac{t_{ж1} - t_{ж2}}{\dfrac{1}{\alpha} + \dfrac{\delta_c}{\lambda_c} + \dfrac{\delta_П}{\lambda_П} + \dfrac{1}{\alpha_2}} .$$

Теплота, теряемая нефтью за время τ:

$$Q = q F \tau,$$

где τ – время, F – полная поверхность резервуара, м^2.

Температура интересующих поверхностей находится из уравнений:

$$\left.\begin{aligned} q &= \alpha\left(t_{ж1} - t_{c1}\right) \\ q &= \frac{\lambda_п}{\delta_п}\left(t_{c1} - t_{c2}\right) \\ q &= \frac{\lambda_c}{\delta_c}\left(t_{c2} - t_{c3}\right) \\ q &= \alpha\left(t_{c3} - t_{ж2}\right) \end{aligned}\right\}$$

Пример:

По трубопроводу диаметром d_1/d_2 = 150/160 мм течет нефть с температурой $t_{ж1}$ = 80 °С. Трубопровод покрыт слоем изоляции толщиной $\delta_{из}$ = 50 мм. Температура окружающего воздуха $t_{ж2}$ = - 20 °С. Коэффициент теплоотдачи от нефти к трубе α_1 = 100 Вт/(м^2·К) и от изоляции к воздуху α_2 = 10 Вт/(м^2·К). Коэффициент теплопроводности материала трубопровода λ_1 = 45 Вт/(м·К), коэффициент теплопроводности изоляции $\lambda_{из}$ = 0,3 Вт/(м· К).

Определить температуру на внутренней, на внешней поверхностях трубопровода и на внешней поверхности изоляции.

Решение:

График изменения температуры по толщине трубопровода и изоляции вычисленный по условию задачи представлен на рисунке 6.

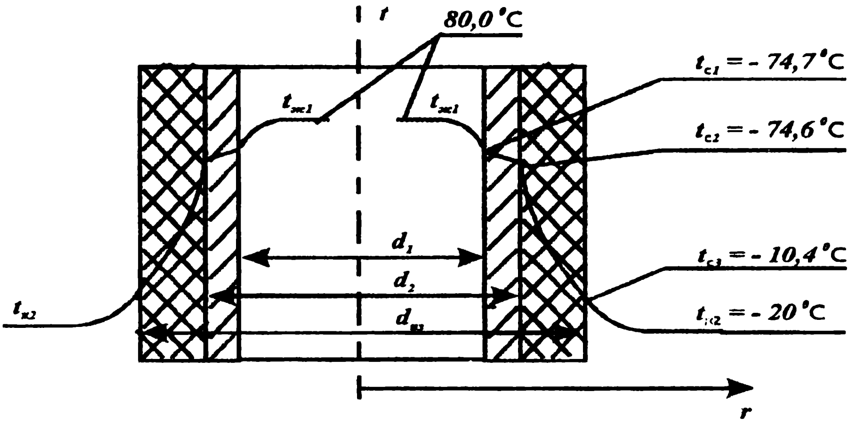

Рис.6

Обозначения: $t_{ж1}$ – температура нефти, $t_{ж2}$ – температура окружающего воздуха, t_{c1}- температура на внутренней поверхности трубопровода, t_{c2} – температура на поверхности контакта внешней стенки трубопровода и внутренней поверхности изоляции, t_{c3} – температура на внешней поверхности изоляции.

Тепловой поток на единицу длины трубопровода

$$q_l = \frac{t_{ж1} - t_{ж2}}{\dfrac{1}{\pi d_1 \alpha_1} + \dfrac{1}{2\pi\lambda_1}\ln\dfrac{d_2}{d_1} + \dfrac{1}{2\pi\lambda_{из}}\ln\dfrac{d_{из}}{d_2} + \dfrac{1}{\pi d_{из}\alpha_2}} =$$

$$= \frac{80-(-20)}{\dfrac{1}{3{,}14\cdot 100\cdot 0{,}15} + \dfrac{1}{2\cdot 3{,}14\cdot 45}\ln\dfrac{0{,}16}{0{,}15} + \dfrac{1}{2\cdot 3{,}14\cdot 0{,}3}\ln\dfrac{0{,}26}{0{,}16} + \dfrac{1}{3{,}14\cdot 0{,}26\cdot 10}} =$$

$$= 249 \text{ Вт/м}.$$

Температуры на внутренней и внешней поверхностях трубопровода

$$t_{c1} = t_{ж1} - q\frac{1}{\pi d_1 \alpha_1} = 80 - \frac{249}{3{,}14\cdot 0{,}15\cdot 100} = 74{,}7\ \ {}^\circ C,$$

$$t_{c2} = t_{c1} - q\frac{1}{2\pi\lambda_1}\ln\frac{d_2}{d_1} = 74{,}7 - 249\frac{1}{2\cdot 3{,}14\cdot 45}\ln\frac{0{,}16}{0{,}15} = 74{,}6 \ \text{°C}.$$

Температура на внешней поверхности изоляции

$$t_{c3} = t_{c2} - q\frac{1}{2\pi\lambda_{из}}\ln\frac{d_{из}}{d_2} = 74{,}6 - \frac{249}{2\cdot 3{,}14\cdot 0{,}3}\ln\frac{0{,}26}{0{,}16} = 10{,}5 \ \text{°C}.$$

Задача 5

Определить потери теплоты излучением и свободной конвекцией с 1 м длины горизонтального нефтепровода, проложенного над землей.

Известны наружный диаметр нефтепровода *d,* температура наружной поверхности нефтепровода, температура окружающего воздуха $t_ж$, коэффициент теплового излучения поверхности трубы ε.

Теплофизические свойства воздуха приведены в приложении, таблица 2. Данные для решения задачи приведены в таблице 9.

Таблица 9

Последняя цифра шифра	d, мм	t_c, °C	Предпоследняя цифра шифра	$t_ж$, °C	ε
0	200	70	0	-40	0,9
1	220	75	1	-35	0,85
2	240	80	2	-30	0,80
3	260	75	3	-20	0,78
4	280	70	4	-40	0,84
5	300	65	5	-35	0,86
6	320	60	6	-40	0,77
7	340	65	7	-20	0,81
8	350	70	8	-10	0,92
9	360	75	9	0	0,88

Методические указания

Потери теплоты за счет свободной конвекции можно определить по закону Ньютона–Рихмана.

$$Q_к = \overline{\alpha}\left(t_c - t_ж\right) F,$$

где $\overline{\alpha}$ – средний коэффициент теплоотдачи к воздуху.