

# Индивидуальное задание №6

## по курсу «Гидродинамика и теплообмен»

### Теплопроводность

#### Вариант 1

1 Чтобы уменьшить до заданного значения тепловые потери с поверхности промышленного теплообменника, решили закупить тепловую изоляцию с  $\lambda_1 = 0,2$  Вт/м·град. Оказалось, что на складе имеется изоляция, для которой  $\lambda_2 = 0,1$  Вт/м·град, но она на 50 % дороже первой. Больше или меньше (и насколько) придется заплатить за вторую изоляцию?

2 Теплообменник пар-жидкость с площадью лицевой поверхности  $3200 \text{ см}^2$  изготовлен из никеля толщиной  $0,635$  см и покрыт со стороны пара слоем меди толщиной  $0,12$  см. Сопротивление слоя накипи воды со стороны пара составляет  $0,00176 \text{ м}^2 \cdot \text{град}/\text{Вт}$ , а коэффициенты теплоотдачи от пара к стенке и от стенки к жидкости соответственно равны  $5466 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{град}$  и  $614,1 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{град}$ . Греющий пар имеет температуру  $110^\circ\text{C}$ , а подогретая жидкость  $74^\circ\text{C}$ . Определить: а) общую теплоотдачу от пара к жидкости; б) падение температуры в слое накипи. Коэффициенты теплопроводности меди и никеля принять соответственно равными  $388,44 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{град}$  и  $58,85 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{град}$ .

3 Определить температуры на поверхности соприкосновения слоев стенки  $t_{w2}$  камеры сгорания жидкостного ракетного двигателя и на внешней поверхности  $t_{w3}$ , если диаметр камеры  $d_1=190$  мм, толщина защитного покрытия  $\delta_n=1$  мм и его коэффициент теплопроводности  $\lambda_n=1,15 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{град}$ , а толщина основной стенки  $\delta_w=2$  мм и ее коэффициент теплопроводности  $\lambda_w=372 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{град}$ . Удельный тепловой поток  $q=407500 \text{ Вт}/\text{м}^2$ , температура на поверхности покрытия со стороны камеры  $t_{w1}=1200^\circ\text{C}$ .

4 Угольный нагревательный элемент изготовлен в виде пластинки шириной  $76,2$  см, толщиной  $12,7$  мм и длиной  $0,9$  м. Когда к концам пластинки приложено напряжение  $12 \text{ В}$ , ее поверхность равномерно нагревается до температуры  $760^\circ\text{C}$ . Какова температура в середине пластинки? Удельное электрическое сопротивление материала пластинки  $0,44 \cdot 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ , а коэффициент теплопроводности  $5,0 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{град}$ . Указание: Рассмотреть распространение тепла только в направлении, перпендикулярном к наибольшим плоскостям пластинки.

## Вариант 2

1 Определить поток тепла, проходящего через  $1 \text{ м}^2$  стенки котла, если толщина ее  $\delta_1 = 20 \text{ мм}$ , коэффициент теплопроводности материала  $\lambda_1 = 50 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$  и с внутренней стороны стенка покрыта слоем котельной накипи толщиной  $\delta_2 = 2 \text{ мм}$  с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_2 = 1,0 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$ . Температура наружной поверхности  $t_1 = 250^\circ\text{C}$  и внутренней поверхности  $t_3 = 200^\circ\text{C}$ . Найдите также температуру на границе стенки и слоя накипи.

2 Теплообменник пар-жидкость с площадью лицевой поверхности  $3200 \text{ см}^2$  изготовлен из никеля толщиной  $0,635 \text{ см}$  и покрыт со стороны пара слоем меди толщиной  $0,12 \text{ см}$ . Сопротивление слоя накипи воды со стороны пара составляет  $0,00176 \text{ м}^2\cdot\text{град/Вт}$ , а коэффициенты теплоотдачи от пара к стенке и от стенки к жидкости соответственно равны  $5466 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{град}$  и  $614,1 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{град}$ . Греющий пар имеет температуру  $110^\circ\text{C}$ , а подогретая жидкость  $74^\circ\text{C}$ . Определить: а) общую теплоотдачу от пара к жидкости; б) температуру границы раздела медь-никель. Коэффициенты теплопроводности меди и никеля принять соответственно равными  $388,44 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$  и  $58,85 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$ .

3 Стальная труба диаметром  $d_1/d_2 = 100/110 \text{ мм}$  с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_1 = 58,15 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$  покрыта изоляцией в два слоя одинаковой толщины  $\delta_2 = \delta_3 = 50 \text{ мм}$ . Температура внутренней поверхности трубы  $t_{w1} = 250^\circ\text{C}$  и наружной поверхности изоляции  $t_{w4} = 50^\circ\text{C}$ . Определить потери тепла через изоляцию с  $1 \text{ м}$  длины трубы и температуру на границе соприкосновения слоев изоляции, если первый слой изоляции, накладываемый на поверхность трубы, выполнен из материала с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_2 = 0,07 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$ , а второй слой – из материала с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_3 = 0,14 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$ .

4 Трубка из нержавеющей стали обогревается электрическим током путем непосредственного включения в электрическую цепь. Длина трубки  $l = 500 \text{ мм}$ , наружный и внутренний диаметры равны соответственно  $d_2 = 12,4 \text{ мм}$  и  $d_1 = 12,0 \text{ мм}$ . Все тепло, выделенное в стенке трубки, отводится через внешнюю поверхность трубки. Определить перепад температур в стенке и силу тока, пропускаемого по трубке, если тепловой поток, отводимый от внешней поверхности трубки  $Q = 13,96 \text{ кВт}$ . Удельное электрическое сопротивление и коэффициент теплопроводности материала трубки равны соответственно  $\rho = 0,85 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$  и  $\lambda = 18,6 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$ .

### Вариант 3

1 Определить толщину тепловой изоляции  $\delta$ , выполненной из: 1) альфоля; 2) шлаковой ваты. Удельные потери теплоты через изоляционный слой  $q = 523 \text{ Вт/м}^2$ , температуры его поверхности  $t_{w1} = 700^\circ\text{C}$  и  $t_{w2} = 40^\circ\text{C}$ . Коэффициент теплопроводности альфоля  $\lambda = 0,0302 + 0,000085 \cdot t$  и коэффициент теплопроводности шлаковой ваты  $\lambda = 0,058 + 0,000145 \cdot t$ . Здесь  $t$  – средняя температура изоляции в  $^\circ\text{C}$ .

2 В камере холодильника стены сделаны из пробковых плит толщиной 101,6 мм, заключенных между двумя деревянными стенками по 12,7 мм толщиной. Найти величину потерь тепла в  $\text{Вт/м}^2$ , если температура поверхности стенки  $-12^\circ\text{C}$  внутри камеры и  $+21^\circ\text{C}$  снаружи. Кроме того, найти температуру на границе пробковой плиты с наружной стенкой. Принять: коэффициент теплопроводности пробковых плит равным  $0,0415 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$ ; коэффициент теплопроводности деревянных стенок  $0,1070 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$ .

3 Трубопровод диаметром  $d_1/d_2 = 44/51$  мм, по которому течет масло, покрыт слоем бетона толщиной  $\delta_2 = 80$  мм. Коэффициент теплопроводности материала трубопровода  $\lambda_1 = 58,15 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$ . Коэффициент теплопроводности бетона  $\lambda_2 = 1,28 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$ . Средняя температура масла на рассматриваемом участке трубопровода  $t_{f1} = 120^\circ\text{C}$ , температура окружающего воздуха  $t_{f2} = 20^\circ\text{C}$ . Коэффициент теплоотдачи от масла к стенке  $\alpha_2 = 116,3 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{град}$  и от поверхности бетона к воздуху  $\alpha_2 = 8,14 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{град}$ . Определить потери тепла с 1 м оголенного трубопровода и трубопровода, покрытого бетоном.

4 Электронагреватель выполнен из нихромовой проволоки диаметром  $d = 2$  мм, длиной  $l = 10$  м. Он обдувается холодным воздухом с температурой  $t = 20^\circ\text{C}$ . Вычислить тепловой поток с 1 м нагревателя, а также температуры на поверхности и на оси проволоки, если сила тока  $I$ , проходящего через нагреватель, составляет 25А. Удельное электрическое сопротивление нихрома  $\rho = 1,1 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ , коэффициент теплопроводности нихрома  $\lambda = 17,5 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$  и коэффициент теплоотдачи от поверхности нагревателя к воздуху  $\alpha = 46,5 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{град}$ .

## Вариант 4

1 Плоскую поверхность необходимо изолировать так, чтобы потери тепла не превышали  $450 \text{ Вт/м}^2$ . Температура поверхности под изоляцией  $t = 450 \text{ }^\circ\text{C}$ , а температура внешней поверхности  $t = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить толщину изоляции из совелита, для которого  $\lambda = 0,09 + 8,74 \cdot 10^{-5} \cdot t \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ .

2 Вычислить тепловой поток через  $1 \text{ м}^2$  чистой поверхности нагрева парового котла и температуры на поверхностях стенки, если заданы следующие величины: температуры дымовых газов  $t_{ж1} = 1000 \text{ }^\circ\text{C}$ , кипящей воды  $t_{ж2} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$ ; коэффициенты теплоотдачи от газов к стенке  $\alpha_1 = 100 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{град)}$  и от стенки к кипящей воде  $\alpha_2 = 5000 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{град)}$ . Коэффициент теплопроводности материала стенки  $\lambda = 50 \text{ Вт/(м}\cdot\text{град)}$  и толщина стенки  $\delta = 12 \text{ мм}$ .

3 Трубопровод диаметром  $d_1/d_2=44/51 \text{ мм}$ , по которому течет масло, покрыт слоем бетона толщиной  $\delta_2 = 80 \text{ мм}$ . Коэффициент теплопроводности материала трубопровода  $\lambda_1 = 58,15 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$ . Коэффициент теплопроводности бетона  $\lambda_2 = 1,28 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$ . Средняя температура масла на рассматриваемом участке трубопровода  $t_{f1}=120^\circ\text{C}$ , температура окружающего воздуха  $t_{f2}=20^\circ\text{C}$ . Коэффициент теплоотдачи от масла к стенке  $\alpha_2 = 116,3 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{град}$  и от поверхности бетона к воздуху  $\alpha_2 = 8,14 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{град}$ . Каким должен быть коэффициент теплопроводности изоляции, чтобы при любой ее толщине тепловые потери с 1 м длины трубы уменьшились.

4 Вычислить максимальное значение температуры тепловыделяющего элемента (ТВЭЛ) ядерного реактора, имеющего форму неограниченной плоской пластины. Производительность равномерно распределенных по объему пластины внутренних источников тепла  $q_v = 90 \text{ МВт/м}^3$ , температуры поверхности пластины равны  $t_{w1} = 1500^\circ\text{C}$  и  $t_{w2} = 2000^\circ\text{C}$ , толщина пластины  $\delta = 20 \text{ мм}$ . Коэффициент теплопроводности материала пластины  $\lambda = 17 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$ . Также определить закон изменения температуры внутри пластины и расстояние  $x_0$  от поверхности пластины с температурой  $t_{w1}$  до сечения, в котором  $t = t_{\text{max}}$

## Вариант 5

1 Плоская стенка выполнена из шамотного кирпича толщиной 250 мм. Температура ее поверхностей  $1350^{\circ}\text{C}$  и  $50^{\circ}\text{C}$ . Коэффициент теплопроводности шамотного кирпича является функцией от температуры  $\lambda = 0,838 \cdot (1 + 0,0007t)$ . Вычислить и изобразить в масштабе распределение температуры в стенке.

2 Определить тепловой поток через  $1 \text{ м}^2$  кирпичной стены помещения толщиной в два кирпича ( $\delta = 510 \text{ мм}$ ) с коэффициентом теплопроводности  $\lambda = 0,8 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{град})$ . стена покрыта снаружи слоем тепловой изоляции толщиной 50 мм с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_{\text{из}} = 0,08 \text{ Вт}/(\text{м} \times ^{\circ}\text{C})$ . Температура воздуха внутри помещения  $t_{\text{ж}1} = 18^{\circ}\text{C}$ ; коэффициент теплоотдачи к внутренней поверхности стенки  $\alpha_1 = 7,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{град})$ ; температура наружного воздуха  $t_{\text{ж}2} = -30^{\circ}\text{C}$ ; коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности стены, обдуваемой ветром,  $\alpha_2 = 20 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{град})$ . Вычислить также температуры на поверхностях стены  $t_{\text{с}1}$  и  $t_{\text{с}2}$ .

3 Змеевики пароперегревателя выполнены из труб жаропрочной стали диаметром  $d_1/d_2=32/42 \text{ мм}$  с коэффициентом теплопроводности  $\lambda=14 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{град}$ . Температура внешней поверхности трубы  $t_{\text{в}2}=580^{\circ}\text{C}$ , внутренней –  $t_{\text{в}1}=450^{\circ}\text{C}$ . Вычислить удельный тепловой поток через стенку на единицу длины трубы.

4 Найдите максимальную температуру в топливном ( $\text{UO}_2$ ) сердечнике твэла (тепловыделяющего элемента) ядерного реактора. Сердечник радиусом 6 мм помещён в оболочку из циркония ( $\lambda = 20 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$ ) толщиной 1 мм. Между сердечником и оболочкой имеется зазор толщиной 0,3 мм; заполненный гелием. Для гелия при  $t = 670^{\circ}\text{C}$   $\lambda=0,35 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$ . Оболочка снаружи омывается теплоносителем (водой), температура которого  $t_{\text{ж}} = 250^{\circ}\text{C}$ , а  $\alpha = 30 \text{ кВт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$ . Мощность источников теплоты  $q_{\text{V}} = 2,8 \cdot 10^8 \text{ Вт}/\text{м}^3$ .

## Вариант 6

1 Плоская стенка бака площадью  $5 \text{ м}^2$  покрыта тепловой изоляцией. Стенка бака стальная, толщиной 8 мм, с коэффициентом теплопроводности  $46,5 \text{ Вт/(м·град)}$ . Слой изоляции выполнен из новоасбозурита толщиной 50 мм, коэффициент теплопроводности которого определяется уравнением  $\lambda_2 = 0,144 + 0,00014 t$ . Температуры внутренней поверхности стенки бака  $250^\circ\text{C}$  и внешней поверхности изоляции  $50^\circ\text{C}$ . Вычислить количество теплоты, передаваемой через стенку, температуру на границе стенки и изоляции.

2 Температура воздуха в аудитории  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ , а снаружи  $t_2 = -10^\circ\text{C}$ . Стена здания толщиной 650 мм выполнена из красного кирпича. Найдите тепловой поток через стену аудитории (стена без окон) площадью  $30 \text{ м}^2$ , если известно, что  $\alpha_1 = 5 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ , а  $\alpha_2 = 15 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ . Чему равны температуры на внутренней и наружной поверхностях стены?

3 Паропровод диаметром 150/160 мм покрыт слоем тепловой изоляции толщиной  $\delta_{\text{из}}=100\text{мм}$ . Коэффициенты теплопроводности стенок трубы  $\lambda_1=50 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$  и изоляции  $\lambda_2=0,08 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$ . Температура на внутренней поверхности паропровода  $t_{\text{w1}}=400^\circ\text{C}$  и на наружной поверхности изоляции  $t_{\text{w3}}=50^\circ\text{C}$ . Найти тепловые потери с 1 м паропровода и температуру на границе соприкосновения паропровода и изоляции  $t_{\text{w2}}$ .

4 По электрическому нагревателю, выполненному из константановой ленты сечением  $1 \times 6 \text{ мм}^2$  и длиной 1 м протекает электрический ток 20 А. Падение напряжения на концах нагревателя 200 В. Определить температуру поверхности ленты и середины сечения по толщине, если коэффициент теплоотдачи на поверхности нагревателя  $1000 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ , температура среды  $100^\circ\text{C}$ , коэффициент теплопроводности константа  $20 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ .

## Вариант 7

1 Плоская стенка бака площадью  $5 \text{ м}^2$  покрыта двухслойной тепловой изоляцией. Стенка бака стальная, толщиной 8 мм, с коэффициентом теплопроводности  $46,5 \text{ Вт/(м град)}$ . Первый слой изоляции толщиной 50 мм имеет коэффициент теплопроводности  $\lambda_2 = 0,144 \text{ Вт/(м град)}$ . Второй слой изоляции толщиной 10 мм представляет собой штукатурку (известковую), коэффициент теплопроводности которой  $\lambda_3 = 0,698 \text{ Вт/(м град)}$ . Температуры внутренней поверхности стенки бака  $250^\circ\text{C}$  и внешней поверхности изоляции  $50^\circ\text{C}$ . Вычислить количество теплоты, передаваемой через стенку, температуры на границах слоев изоляции.

2 Температура внешней металлической поверхности сушильной камеры  $t_1 = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ . Сушильная камера изолирована матами из минеральной стекловаты. Толщина мата равна 60 мм. Температура воздуха в помещении  $t_2 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$  и коэффициент теплоотдачи  $\alpha_2 = 10 \text{ Вт/(м}^2 \text{ К)}$ . Найдите температуру наружной поверхности тепловой изоляции.

3 Стальная труба с внутренним диаметром 146 мм и наружным 168 мм покрыта 10 – сантиметровым слоем изоляции из 85% магнезии. Температура внутренней поверхности трубы  $246^\circ\text{C}$ , а температура наружной поверхности изоляции  $38^\circ\text{C}$ . Вычислить величину потерь тепла на 1м длины трубы и температуру на границе между трубой и изоляцией. Принять коэффициенты теплопроводности стали и магнезии соответственно равными  $44,78 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$  и  $0,066 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$ .

4 Тепловыделяющий элемент выполнен из урана ( $\lambda=31 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ ) в форме трубы с внутренним диаметром  $d_1=16 \text{ мм}$ , наружным  $d_2=26 \text{ мм}$ . Объемная плотность тепловыделения  $q_v=5\cdot 10^7 \text{ Вт/м}^3$ . Поверхности ТВЭЛа покрыты плотно прилегающими оболочками из нержавеющей стали ( $\lambda_c=21 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ ) толщиной  $\delta=0,5 \text{ мм}$ . ТВЭЛ охлаждается двуокисью углерода ( $\text{CO}_2$ ) по внутренней и наружной поверхностям оболочек с  $t_{ж1}=200^\circ\text{C}$  и  $t_{ж2}=240^\circ\text{C}$ . Коэффициенты теплоотдачи от поверхностей оболочек к газу  $\alpha_1=520 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ ,  $\alpha_2=560 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ . Определить максимальную температуру ТВЭЛа, температуры на поверхностях оболочек и на поверхностях урана.

## Вариант 8

1 Стены сушильной камеры выполнены из слоя красного кирпича толщиной 250 мм и слоя строительного войлока. Температура на внешней поверхности кирпичного слоя  $110^{\circ}\text{C}$  и на внешней поверхности войлочного слоя  $25^{\circ}\text{C}$ . Коэффициент теплопроводности красного кирпича  $0,7 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{град})$  и строительного войлока  $0,0465 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{град})$ . Вычислить температуру в плоскости соприкосновения слоев и толщину войлочного слоя при условии, что тепловые потери через  $1 \text{ м}^2$  стенки камеры не превышают  $10 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .

2 Стенка промышленной нагревательной печи состоит из трех слоев. Первый слой — плотный шамотный кирпич толщиной 250 мм; второй слой — легковесный шамотный кирпич толщиной 500 мм. Максимальная температура в первом слое равна  $800^{\circ}\text{C}$ . Третий слой — тепловая изоляция (шлаковая вата). На внешней поверхности третьего слоя температура равна  $50^{\circ}\text{C}$ . Температура воздуха в помещении  $t_{\text{ж}2} = 30^{\circ}\text{C}$ , а  $\alpha_2 = \text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{град})$ . Чему равна толщина слоя шлаковой ваты?

3 Внутренняя поверхность сферической железной оболочки с внутренним радиусом 150 мм поддерживается при постоянной температуре  $49^{\circ}\text{C}$ . Определить максимальное количество тепла, которое может передаваться такой сфере от омывающей ее воды при  $100^{\circ}\text{C}$  при условии, что коэффициент теплоотдачи вода-стенка равен  $567,8 \text{ Вт}/\text{м}^2\cdot\text{град}$ . Коэффициент теплопроводности железной оболочки принять равным  $62,34 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{град}$ .

4 Тепловыделяющий элемент выполнен из урана ( $\lambda=31 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{К}$ ) в форме трубы с внутренним диаметром  $d_1=16 \text{ мм}$ , наружным  $d_2=26 \text{ мм}$ . Объемная плотность тепловыделения  $q_v=5\cdot 10^7 \text{ Вт}/\text{м}^3$ . Поверхности ТВЭЛа покрыты плотно прилегающими оболочками из нержавеющей стали ( $\lambda_c=21 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{К}$ ) толщиной  $\delta=0,5 \text{ мм}$ . ТВЭЛ охлаждается двуокисью углерода ( $\text{CO}_2$ ) по внутренней и наружной поверхностям оболочек с  $t_{\text{ж}1}=200^{\circ}\text{C}$  и  $t_{\text{ж}2}=240^{\circ}\text{C}$ . Коэффициенты теплоотдачи от поверхностей оболочек к газу  $\alpha_1=520 \text{ Вт}/\text{м}^2\cdot\text{К}$ ,  $\alpha_2=560 \text{ Вт}/\text{м}^2\cdot\text{К}$ . Определить потоки тепла, отводимые от поверхности ТВЭЛа в расчете на длину  $l=1 \text{ м}$ .

## Вариант 9

1 Стены сушильной камеры выполнены из слоя красного кирпича толщиной 250 мм и слоя строительного войлока толщиной 20 мм. Температура на внешней поверхности кирпичного слоя  $110^{\circ}\text{C}$  и на внешней поверхности войлочного слоя  $25^{\circ}\text{C}$ . Коэффициент теплопроводности красного кирпича  $0,7 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{град})$  и строительного войлока  $0,0465 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{град})$ . Вычислить температуру в плоскости соприкосновения слоев и тепловые потери через  $1 \text{ м}^2$  стенки камеры.

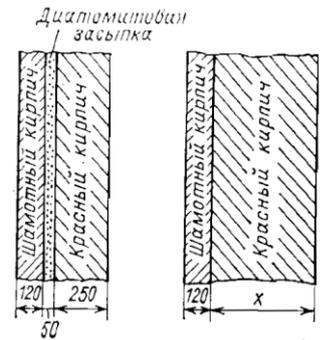
2 Плоская стенка (коэффициент теплопроводности  $\lambda = 11,6 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{град}$ , толщина  $\delta = 0,005 \text{ м}$ ) омывается с одной стороны горячими газами с температурой  $t_{\text{г1}} = 2000^{\circ}\text{C}$ , а с другой стороны охлаждается водой с  $t_{\text{в2}} = 27^{\circ}\text{C}$ . Коэффициенты теплоотдачи от газа к стенке  $\alpha_1 = 467 \text{ Вт}/\text{м}^2\cdot\text{град}$ , от стенки к воде  $\alpha_2 = 3500 \text{ Вт}/\text{м}^2\cdot\text{град}$ . Определить удельный тепловой поток и температуры стенки  $t_{\text{w1}}$ ,  $t_{\text{w2}}$ .

3 По трубопроводу диаметром 170/185 мм, проложенному на открытом воздухе, протекает вода со средней температурой  $t_{\text{ж1}} = 95^{\circ}\text{C}$ , температура окружающего воздуха  $t_{\text{ж2}} = -18^{\circ}\text{C}$ . Трубопровод, покрыт слоем изоляции толщиной 70 мм с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_{\text{из}} = 0,116 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{град}$ . Определить потерю теплоты с 1 м длины трубопровода и температуры на внутренней и внешней поверхностях, если коэффициент теплопроводности материала трубы  $\lambda = 58,15 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{град}$ , коэффициент теплоотдачи от воды к стенке трубы  $\alpha_1 = 1395 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{град}$ , а коэффициент теплоотдачи поверхности изоляции к окружающей среде  $\alpha_2 = 9,3 \text{ Вт}/\text{м}^2\cdot\text{град}$ .

4 Электропровод диаметром  $d_1 = 1,5 \text{ мм}$  имеет температуру  $t_{\text{с1}} = 70^{\circ}\text{C}$  и охлаждается потоком воздуха, который имеет температуру  $t_{\text{ж}} = 15^{\circ}\text{C}$ . Коэффициент теплоотдачи от поверхности провода к воздуху  $\alpha_1 = 16 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$ . Определить температуру стенки  $t_{\text{с1}}$ , которую будет иметь провод, если покрыть его каучуковой изоляцией толщиной  $d = 2 \text{ мм}$ , а силу тока в проводе сохранить без изменений. Коэффициент теплопроводности каучука  $\lambda = 0,15 \text{ Вт}/(\text{м} \times \text{К})$ . Коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции к потоку воздуха  $\alpha_2 = 8,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$ .

## Вариант 10

1 Обмуровка печи состоит из слоев шамотного кирпича, между которыми расположена засыпка из диатомита. Толщина шамотного слоя  $\delta_1=120$  мм, диатомитовой засыпки  $\delta_2=55$  мм и красного кирпича  $\delta_3=250$  мм. Коэффициенты теплопроводности материалов соответственно равны:  $\lambda_1 = 0,94$  Вт/(м·К),  $\lambda_2 = 0,13$  Вт/(м·К),  $\lambda_3 = 0,7$  Вт/(м·К). Какой толщины следует сделать слой из красного кирпича  $\delta_3$ , если отказаться от применения засыпки из диатомита, чтобы тепловой поток, через обмуровку оставался неизменным



2 Вычислить тепловой поток  $q$  Вт/м<sup>2</sup> через 1 м<sup>2</sup> чистой поверхности нагрева парового котла и температуры на поверхностях стенки, если заданы следующие величины: температура дымовых газов  $t_{f1}=1000^\circ\text{C}$ , температура кипящей воды  $t_{f2}=200^\circ\text{C}$ , коэффициент теплоотдачи от газов к стенке  $\alpha_1=116,3$  Вт/м<sup>2</sup>·град и от стенки к кипящей воде  $\alpha_2=5815$  Вт/м<sup>2</sup>·град. Коэффициент теплопроводности материала стенки  $\lambda = 58,15$  Вт/м·град и толщина стенки  $\delta = 12$  мм.

3 Шаровой реактор, внутренний диаметр которого  $d_1 = 1$  м, имеет общую толщину стенки и слоя изоляции  $\delta = 65$  мм с эквивалентным коэффициентом теплопроводности  $\lambda_{\text{экв}} = 1,047$  Вт/м·град. Определить удельную тепловую нагрузку внутренней и наружной поверхностей стенки реактора, если температура внутренней поверхности стенки  $t_{w1} = 160^\circ\text{C}$ , а внешней  $t_{w2} = 60^\circ\text{C}$ .

4 Электропровод диаметром  $d_1 = 1,5$  мм имеет температуру  $t_{c1}=70^\circ\text{C}$  и охлаждается потоком воздуха, который имеет температуру  $t_{\text{ж}} = 15^\circ\text{C}$ . Определить толщину каучуковой изоляции на электропроводе, при которой можно пропустить через провод наибольший ток при неизменной температуре провода  $t_{c1} = 70^\circ\text{C}$ .