

Индивидуальное задание №7
по курсу «Гидродинамика и теплообмен»

Конвекция

Вариант 1

1 Найдите толщины динамического и теплового пограничных слоев в точке $x = 1$ м при обтекании пластины воздухом ($t_0 = 30$ °С, $v_0 = 5$ м/с). Температура пластины $t_c = 10$ °С. Определите коэффициент теплоотдачи α в данной точке, а также средний коэффициент теплоотдачи $\bar{\alpha}$ для участка пластины $0 < x < 1$ м.

2 Теплообменный аппарат выполнен из 30 параллельно включенных прямых труб диаметром $d = 12$ мм и длиной $l = 2,2$ м, внутри которых движется греющая вода. Общий расход воды $G = 2,4 \cdot 10^4$ кг/ч. Температура воды на входе в трубы $t_{f1} = 90$ °С. Определить количество тепла, отдаваемое водой, если температура внутренней поверхности труб $t_w = 50$ °С.

3 Определить коэффициент теплоотдачи и тепловой поток на единицу длины в поперечном потоке воздуха для трубы $d = 36$ мм, если температура ее поверхности $t_w = 80$ °С, температура воздуха $t_f = 20$ °С и скорость $v = 5$ м/с. Параметры воздуха при $t_f = 20$ °С: коэффициент теплопроводности $\lambda_f = 2,593 \cdot 10^{-2}$ Вт/м·град, коэффициент кинематической вязкости $\nu_f = 15,06 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

4 Рассчитайте тепловые потери за счет свободной конвекции воздуха около боковой поверхности теплообменника – подогревателя питательной воды, установленного на тепловой электрической станции. Высота подогревателя равна 10 м, диаметр – 3,5 м, а температура поверхности составляет 55 °С. Температура воздуха 25 °С.

Вариант 2

1 Найдите толщины динамического и теплового пограничных слоев в точке $x = 1$ м при обтекании пластины водой ($t_0 = 30$ °С, $v_0 = 0,1$ м/с). Температура пластины $t_c = 10$ °С. Определите коэффициент теплоотдачи α в данной точке, а также средний коэффициент теплоотдачи $\bar{\alpha}$ для участка пластины $0 < x < 1$ м.

2 По трубе диаметром $d = 38$ мм протекает вода со скоростью $v = 9$ м/с. Температура внутренней поверхности трубы поддерживается равной $t_w = 50$ °С, и движущаяся по трубе вода нагревается от температуры на входе $t_{f1} = 16$ °С до $t_{f2} = 24$ °С. Определить коэффициент теплоотдачи от стенки к воде и длину трубы.

3 Медный шинопровод круглого сечения диаметром $d = 15$ мм охлаждается поперечным потоком сухого воздуха. Скорость и средняя температура воздуха равны соответственно $v = 1$ м/с и $t_f = 20$ °С. Вычислить коэффициент теплоотдачи от поверхности шинопровода к воздуху и допустимую силу тока в шинопроводе при условии, что температура его поверхности не должна превышать $t_w = 80$ °С. Удельное сопротивление меди $0,0175$ Ом·мм²/м.

4 Определить коэффициент теплоотдачи от вертикальной плиты высотой $h = 2$ м к окружающему спокойному воздуху, если известно, что температура поверхности плиты $t_w = 100$ °С, температура окружающего воздуха вдали от поверхности $t_f = 20$ °С.

Вариант 3

1 Тонкая пластина из нержавеющей стали обогревается электрическим током так, что $q_c = 386 \text{ Вт/м}^2$. Пластина продольно обдувается воздухом ($v_0 = 10 \text{ м/с}$; $t_0 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$). Найдите температуру пластины на расстоянии $x = 0,2 \text{ м}$ от передней кромки.

2 По каналу квадратного сечения, сторона которого $a = 10 \text{ мм}$ и длина $l=1600 \text{ мм}$, протекает вода со скоростью $v = 4 \text{ м/с}$. Вычислить коэффициент теплоотдачи от стенки канала к воде, если средняя по длине температура воды $t_f = 40^\circ\text{C}$, а температура внутренней поверхности канала $t_w = 90^\circ\text{C}$.

3 Цилиндрическая трубка с наружным диаметром $d = 20 \text{ мм}$ охлаждается поперечным потоком воды. Скорость потока 1 м/с . Средняя температура воды $t_f = 10^\circ\text{C}$ и температура поверхности трубки $t_w = 50^\circ\text{C}$. Определить коэффициент теплоотдачи от поверхности трубки к охлаждающей воде.

4 Определить коэффициент теплоотдачи от вертикальной плиты высотой $h = 4 \text{ м}$ к окружающему спокойному воздуху, если известно, что температура поверхности плиты $t_w = 100^\circ\text{C}$, температура окружающего воздуха вдали от поверхности $t_f = 20^\circ\text{C}$.

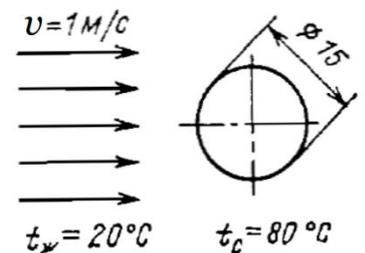
Вариант 4

1 Пластина длиной $l = 1,5$ м продольно обтекается потоком воздуха ($v_0 = 50$ м/с, $t_0 = 8^\circ\text{C}$, $p_0 = 0,202$ МПа). Из-за наличия перед ней турбулизирующей решетки течение в пограничном слое турбулентное. Температура пластины $t_c = 12^\circ\text{C}$. Найдите средний коэффициент теплоотдачи.

2 Вычислить средний коэффициент теплоотдачи при течении трансформаторного масла в трубе диаметром $d=8$ мм и длиной $l=1$ м, если средняя по длине трубы температура масла $t_{ж}=80^\circ\text{C}$, средняя температура стенки трубки $t_c=20^\circ\text{C}$ и скорость масла $v=0,6$ м/с.

3 Медный шинопровод круглого сечения диаметром $d = 15$ мм охлаждается поперечным потоком сухого воздуха (см. рис.).

Скорость и температура набегающего потока воздуха равны соответственно: $v = 1$ м/с; $t_{ж} = 20^\circ\text{C}$. Вычислить коэффициент теплоотдачи от поверхности шинопровода к воздуху и



допустимую силу тока в шинопроводе при условии, что температура его поверхности не должна превышать $t_c = 80^\circ\text{C}$. Удельное электрическое сопротивление меди $0,0175$ Ом·мм²/м.

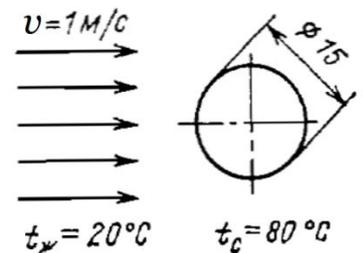
4 Электропроводящая шина прямоугольного сечения 100×3 мм², расположенная на ребре, охлаждается свободным потоком воздуха с температурой 25°C . В условиях длительной нагрузки температура шины не должна превышать 70°C . Вычислить коэффициент теплоотдачи α на поверхности шины и допустимую силу тока в шине для указанных условий. Удельное электросопротивление материала шины $0,13$ Ом·мм²/м.

Вариант 5

1 Определить средний коэффициент теплоотдачи и полную теплоотдачу для плоской пластины шириной $b = 0,5$ м и длиной $l = 0,72$ м, обдуваемой воздухом со скоростью $v = 30$ м/с, если температура пластины $t_w = 100^\circ\text{C}$ и температура воздуха $t_f = 20^\circ\text{C}$. Параметры воздуха при температуре 20°C : коэффициент температуропроводности $a_f = 21,4 \cdot 10^{-6}$ м²/с; коэффициент теплопроводности $\lambda_f = 0,0261$ Вт/м·град; коэффициент кинематической вязкости $\nu_f = 15,06 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

2 Определить температуры масла на входе и выходе из трубки диаметром $d = 8$ мм и длиной $l = 1$ м, если средняя по длине трубы температура масла $t_{ж} = 80^\circ\text{C}$, средняя температура стенки трубки $t_c = 20^\circ\text{C}$ и скорость масла $v = 0,6$ м/с.

3 Медный шинопровод круглого сечения диаметром $d = 30$ мм охлаждается поперечным потоком сухого воздуха (см. рис.). Скорость и температура набегающего потока воздуха равны соответственно: $v = 0,5$ м/с; $t_{ж} = 20^\circ\text{C}$. Вычислить коэффициент теплоотдачи от поверхности шинопровода к воздуху и



допустимую силу тока в шинопроводе при условии, что температура его поверхности не должна превышать $t_c = 80^\circ\text{C}$. Удельное электрическое сопротивление меди $0,0175$ Ом·мм²/м.

4 Электропроводящая шина прямоугольного сечения 100×3 мм², расположенная на ребре, охлаждается свободным потоком воздуха с температурой -10°C . В условиях длительной нагрузки температура шины не должна превышать 70°C . Вычислить коэффициент теплоотдачи α на поверхности шины и допустимую силу тока в шине для указанных условий. Удельное электросопротивление материала шины $0,13$ Ом·мм²/м.

Вариант 6

1 Плоская пластина длиной $l_0 = 1$ м обтекается продольным потоком воздуха. Скорость набегающего потока $v_0 = 80$ м/с и температура $t_0 = 10^\circ\text{C}$. Перед пластиной установлена турбулизирующая решетка, вследствие чего движение в пограничном слое на протяжении всей пластины устанавливается турбулентным. Вычислить среднее значение коэффициента теплоотдачи на пластине и сравнить его с местным значением коэффициента теплоотдачи на задней кромке пластины. Вычислить также толщину гидродинамического пограничного слоя на задней кромке пластины.

2 По трубке диаметром $d = 6$ мм движется вода со скоростью $v = 0,4$ м/с. Температура стенки трубки $t_c = 50^\circ\text{C}$. Какую длину должна иметь трубка, чтобы при температуре воды на входе $t_{ж1} = 10^\circ\text{C}$ ее температура на выходе из трубки была $t_{ж2} = 20^\circ\text{C}$?

3 Водяной калориметр, имеющий форму трубки с наружным диаметром $d = 15$ мм, помещен в поперечный поток воздуха. Воздух имеет скорость $v = 2$ м/с, направленную под углом 90° к оси калориметра, и среднюю температуру $t_{ж} = 20^\circ\text{C}$. При стационарном тепловом режиме на внешней поверхности калориметра устанавливается постоянная средняя температура $t_c = 80^\circ\text{C}$. Вычислить коэффициент теплоотдачи от трубки к воздуху и тепловой поток на единицу длины калориметра.

4 Определить среднее значение коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции и тепловые потери с 1 пог. м вертикальной трубы с внешним диаметром $d = 250$ мм, если температура внешней поверхности трубы $t_w = 185^\circ\text{C}$, а температура окружающего воздуха $t_f = 15^\circ\text{C}$ при барометрическом давлении 760 мм рт. ст.

Вариант 7

1 Плоская пластина обтекается продольным потоком воздуха. Скорость и температура набегающего потока равны соответственно $v_0 = 6$ м/с и $t_0 = 20^\circ\text{C}$. Вычислить количество тепла, отдаваемое воздуху, при условии, что температура поверхности пластины $t_w = 80^\circ\text{C}$, а ее размер вдоль потока $b = 0,9$ м.

2 По трубке диаметром $d = 10$ мм течет масло марки МК. Температура масла на входе в трубку $t_{ж1} = 80^\circ\text{C}$. Расход масла $G = 120$ кг/ч. Какую длину должна иметь трубка, чтобы при температуре стенки $t_c = 30^\circ\text{C}$ температура масла на выходе из трубки $t_{ж2}$ равнялась 76°C ?

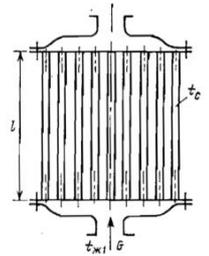
3 Цилиндрическая трубка диаметром $d = 20$ мм охлаждается поперечным потоком воды. Скорость потока $v = 1$ м/с. Средняя температура воды $t_{ж} = 10^\circ\text{C}$ и температура поверхности трубки $t_c = 50^\circ\text{C}$. Определить коэффициент теплоотдачи от поверхности трубки к охлаждающей воде.

4 Определить коэффициент теплоотдачи от вертикальной плиты, с размерами 2×5 м², обращенной узкой стороной вверх, к окружающему спокойному воздуху, если известно, что температура поверхности плиты $t_c = 100^\circ\text{C}$ и температура окружающего воздуха вдали от плиты $t_{ж} = 20^\circ\text{C}$.

Вариант 8

1 Тонкая пластина длиной $l_0 = 2$ м и шириной $a = 1,5$ м обтекается продольным потоком воздуха. Скорость и температура набегающего потока равны соответственно $v_0 = 3$ м/с и $t_0 = 20^\circ\text{C}$. Температура поверхности пластины $t_c = 90^\circ\text{C}$. Определить средний по длине пластины коэффициент теплоотдачи и количество теплоты, отдаваемой пластиной воздуху.

2 По трубкам радиатора диаметром $d = 5$ мм и длиной $l = 0,4$ м течет масло марки МС-20 (см. рис.). Температура стенок трубок $t_c = 30^\circ\text{C}$. Средняя температура масла по длине радиатора $t_{ж} = 70^\circ\text{C}$. Определить общее количество отдаваемой теплоты, если радиатор имеет $n = 120$ параллельно включенных трубок, а общий расход масла через радиатор составляет $G = 2,5$ кг/с.



3 Сравнить коэффициенты теплоотдачи от стенки трубы к воздуху: а) при движении воздуха внутри длинной трубы внутренним диаметром 50 мм; б) при внешнем поперечном обтекании одиночной трубы наружным диаметром 50 мм. Сравнение произвести для скорости $v = 10$ м/с. Среднюю температуру воздуха во всех случаях принять равной $t_{ж} = 50^\circ\text{C}$.

4 Определить коэффициент теплоотдачи от вертикальной плиты, с размерами 2×5 м², обращенной широкой стороной вверх, к окружающему спокойному воздуху, если известно, что температура поверхности плиты $t_c = 100^\circ\text{C}$ и температура окружающего воздуха вдали от плиты $t_{ж} = 20^\circ\text{C}$.

Вариант 9

1 Тонкая пластина длиной $l_0 = 125$ мм обтекается продольным потоком жидкости. Температура набегающего потока $t_0 = 20^\circ\text{C}$. Вычислить значения среднего коэффициента теплоотдачи и теплового потока на 1 м пластины для воздуха и воды, если температура поверхности пластины $t_c = 50^\circ\text{C}$.

2 Определить значения местных коэффициентов теплоотдачи и температуры внутренней поверхности трубки диаметром $d = 10$ мм на расстоянии $x = 0,5$ м от входа в обогреваемый участок. Труба обогревается при постоянной плотности теплового потока на стенке, $q = 1 \cdot 10^4$ Вт/м². Теплота отводится трансформаторным маслом, которое поступает с температурой $t_{ж1} = 30^\circ\text{C}$ и движется по трубке со средней скоростью $v = 2,5$ м/с.

3 Труба с внешним диаметром $d = 25$ мм охлаждается поперечным потоком трансформаторного масла. Скорость движения и средняя температура масла равны соответственно: $v = 1$ м/с $t_{ж} = 20^\circ\text{C}$. Определить, какую температуру поверхности трубы необходимо поддерживать, чтобы плотность теплового потока составляла $q = 4,5 \cdot 10^4$ Вт/м², и каково при этом будет значение коэффициента теплоотдачи.

4 В масляном баке температура масла марки МС поддерживается постоянной с помощью вертикальных обогревающих труб диаметром $d = 20$ мм. Определить коэффициент теплоотдачи от поверхности труб к маслу, если температура масла $t_{ж} = 60^\circ\text{C}$, а температура поверхности труб $t_c = 90^\circ\text{C}$. Расстояние между трубами относительно велико, и расчет теплоотдачи можно производить как для одиночного цилиндра.

Вариант 10

1 Плоская пластина длиной $l=1$ м обтекается продольным потоком воздуха. Скорость и температура набегающего потока воздуха $v_0=80$ м/с и $t_0=10^\circ\text{C}$. Перед пластиной установлена турбули- зная решетка, вследствие чего движение в пограничном слое на всей длине пластины турбулентное. Вычислить среднее значение коэффициента теплоотдачи с поверхности пластины и значение локального коэффициента теплоотдачи на задней кромке.

2 По трубке диаметром $d=8$ мм течет вода. Трубка обогревается так, что плотность теплового потока на стенке постоянна по периметру и длине и равна $q_c=4\cdot 10^4$ Вт/м². Определить значение местного коэффициента теплоотдачи и температуру стенки трубки на расстоянии $x=20d$ от входа в обогреваемый участок трубки. Температура воды на входе $t_{ж1}=10^\circ\text{C}$. Средняя скорость движения воды $v=0,15$ м/с. Перед обогреваемым участком трубки имеется участок гидродинамической стабилизации.

3 Сравнить значение коэффициентов теплоотдачи при поперечном обтекании трубки диаметром $d=8$ мм водой и маслом марки МС. Сравнение произвести при одинаковых скоростях и средних температурах жидкостей, равных соответственно $v=2$ м/с и $t_{ж}=70^\circ\text{C}$, и при температуре поверхности трубки $t_c=90^\circ\text{C}$.

4 В масляном баке температура масла марки МС поддерживается постоянной с помощью вертикальных обогревающих труб диаметром $d=20$ мм. Определить коэффициент теплоотдачи от поверхности труб к маслу, если температура масла $t_{ж}=90^\circ\text{C}$, а температура поверхности труб $t_c=60^\circ\text{C}$. Расстояние между трубами относительно велико, и расчет теплоотдачи можно производить как для одиночного цилиндра.