

Лабораторная работа моделирование тепломассообменных процессов

В связи с тем, что модель идеального вытеснения имеет наибольшую движущую силу, в промышленности наиболее распространение получили аппараты наиболее близкие к данной структуре потока: кожухотрубчатые, "труба в трубе" пластинчатые и другие. На рисунке представлена схема потоков в прямоточном теплообменнике.

Тепловой баланс холодного теплоносителя:

$$G_1 T c_{p1} - G_1 (T_1 + \Delta T_1) + q \Delta F = 0 \quad (1)$$

Поток тепла направлен от холодного теплоносителя к горячему, поэтому в выражении теплового баланса будет с отрицательным знаком:

$$G_2 T_2 c_{p2} - G_2 (T_2 - \Delta T_2) - q \Delta F = 0 \quad (2)$$

Поток тепла можно выразить уравнением теплопередачи:

$$q = K(T_2 - T_1) \quad (3)$$

где K — коэффициент теплопередачи. Расписывая площадь поверхности теплопередачи через периметр сечения теплопередачи P и длину элементарного объема Δx как $\Delta F = \Delta x P$, с использованием выражения 3, уравнения 1 и 2 можно переписать в виде системы:

$$\begin{cases} \frac{dT_1}{dx} = \frac{K(T_2 - T_1)P}{G_1 c_{p1}} \\ \frac{dT_2}{dx} = -\frac{K(T_2 - T_1)P}{G_2 c_{p2}} \end{cases} \quad (4)$$

В зависимости от поставленной задачи граничные условия могут задаваться по разному. Обычно известны расходы теплоносителей и температуры на входе теплообменника.

Для противоточного теплообменника можно записать следующую систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dT_1}{dx} = \frac{K(T_2 - T_1)P}{G_1 c_{p1}} \\ \frac{dT_2}{dx} = \frac{K(T_2 - T_1)P}{G_2 c_{p2}} \end{cases} \quad (5)$$

В случае противоточного направления и известных входящих потоках необходимо решать краевую задачу.

Для плоской стенки коэффициент определяется как:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (6)$$

где α — коэффициент теплоотдачи, δ — толщина стенки, λ — коэффициент теплопроводности материала стенки, суммирование $\frac{\delta}{\lambda}$ проводится в случае если стенка состоит из нескольких слоев различного материала. Коэффициент теплоотдачи описывается критериальными уравнениями и зависит от многих факторов: конструкции аппарата, скорости движения жидкости физико-химических свойств. Обычно при решении задачи теплопередачи используются следующие критерии: Рейнольдса $Re = \frac{\bar{w}l\rho}{\mu}$, Прандтля $Pr = \frac{\mu c_p}{\lambda}$, Грасгофа $Gr = gl^3\beta_p\rho^2\frac{\Delta T}{\mu^2}$, где \bar{w} — усредненная по сечению скорость движения теплоносителя, l — характерный размер аппарата, ρ — плотность теплоносителя, μ — коэффициент вязкости, c_p — теплоемкость, λ — теплопроводность, $g = 9.8\text{м/с}$, β_p — коэффициент объемного расширения, ΔT — движущая сила теплоотдачи. При расчете коэффициентов теплоотдачи трубах в качестве характерного размера при определении критериев подобия выступает эквивалентный диаметр $D_3 = \frac{4S}{P}$, где S — площадь сечения, P — периметр сечения.

- Теплоотдача в круглых трубах при турбулентном режиме ($Re > 10000$):

$$Nu = 0.021Re^{0.8}Pr^{0.43} \left(\frac{Pr}{Pr_{гр}} \right)^{0.25} \quad (7)$$

- Теплоотдача в круглых трубах при переходном режиме ($2300 < Re < 10000$):

$$Nu = 0.008Re^{0.9}Pr^{0.43} \quad (8)$$

- Теплоотдача в круглых трубах при ламинарном режиме течения:

$$Nu = 0.17Re^{0.33}Pr^{0.43}Gr^{0.1} \left(\frac{Pr}{Pr_{гр}} \right) \quad (9)$$

- Теплоотдача в кольцевом канале:

$$Nu = 0.023Re^{0.8}Pr^{0.4} \left(\frac{D_{вн}}{d_{н}} \right)^{0.45} \quad (10)$$

где $D_{вн}$, $d_{н}$ — внутренний и наружный диаметр кольцевого сечения, характерным размером является $d_{н}$

- Теплоотдача при перемешивании жидкостей мешалками:

$$Nu = CRe^m Pr^{0.33} \left(\frac{\mu}{\mu_{ст}} \right)^{0.14} \frac{\lambda}{D} \quad (11)$$

где критерий Рейнольдса определяется как $Re = \frac{\rho n d_m^2}{\mu}$, D — диаметр емкости, n — частота вращения мешалки, $\mu_{ст}$ — динамический коэффициент вязкости жидкости при температуре стенки змеевика или рубашки, μ — коэффициент вязкости при средней температуре жидкости, определяемой $(t_{ср.ж} + t_{ст})/2$. Для аппаратов с рубашками: $C = 0.36$, $m = 0.67$

Коэффициент теплоотдачи можно рассчитать через определение критерия Нуссельта:

$$Nu = \frac{\alpha D}{\lambda} \quad (12)$$

В предлагаемых задачах можно считать теплофизические свойства не зависящими от температуры, следовательно в первом приближении $\frac{Pr}{Pr_{ст}} = \frac{\mu}{\mu_{ст}} = 1$, ΔT принять равным 5 С

ВАРИАНТ 1

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 19.5 м, диаметр внешней трубы 77.9 мм, диаметр внутренней трубы 38.2 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 465 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 170\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2167.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 211 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1321 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.428\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 35.157 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 21\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1924 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 191 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1354 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_x = 1.125\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 61.10 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 2

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 13.7 м, диаметр внешней трубы 42.4 мм, диаметр внутренней трубы 20.0 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 486 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 233\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1558.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 144 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1323 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.518\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 197.708 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 39\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1683 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 216 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 698 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_x = 0.672\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 339.32 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 3

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального

вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 24.2 м, диаметр внешней трубы 44.8 мм, диаметр внутренней трубы 26.6 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 568 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 145\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2062.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 134 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 776 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.358 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 113.283 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{х}} = 22\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1924 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 140 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 1088 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.513 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{х}} = 156.91 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 4

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 28.3 м, диаметр внешней трубы 61.1 мм, диаметр внутренней трубы 35.3 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 585 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 105\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2144.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 219 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1159 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.223 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 709.392 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{х}} = 30\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1929 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 225 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 1266 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.566 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{х}} = 595.80 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 5

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 19.4 м, диаметр внешней трубы 28.5 мм, диаметр внутренней трубы 17.5 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность матери-

ала стенки $\lambda_{ст} = 584 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 177\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1760.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 174 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1049 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.432 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 356.529 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 33\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1797 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{х} = 221 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 773 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.574 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 554.40 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 6

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 24.4 м, диаметр внешней трубы 53.1 мм, диаметр внутренней трубы 22.4 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 369 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 272\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1791.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 162 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 685 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.128 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 881.263 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 33\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1805 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{х} = 145 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1179 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.190 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 1111.44 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 7

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 27.5 м, диаметр внешней трубы 49.7 мм, диаметр внутренней трубы 24.3 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 355 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 149\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1420.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 227 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$,

плотность $\rho_{\Gamma} = 711 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.516 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 222.864 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 28\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2028 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_x = 146 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 1080 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_x = 0.214 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_x = 165.78 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 8

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 16.8 м, диаметр внешней трубы 21.6 мм, диаметр внутренней трубы 13.0 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 585 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 103\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1300.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 184 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1279 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.335 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 84.076 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 26\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2207 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_x = 186 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 909 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_x = 0.943 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_x = 92.28 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 9

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 17.7 м, диаметр внешней трубы 37.8 мм, диаметр внутренней трубы 21.0 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 346 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 131\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1659.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 131 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 783 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.284 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 1511.610 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: тем-

пература $T_x = 26C$, теплоемкость $c_p = 1628 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 148 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1441 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.268 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 1225.76 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 10

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 13.0 м, диаметр внешней трубы 49.8 мм, диаметр внутренней трубы 29.7 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 636 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 129C$, теплоемкость $c_p = 1413.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 229 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 1217 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.641 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_\Gamma = 34.492 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 22C$, теплоемкость $c_p = 1963 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 199 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1244 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.953 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 49.95 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 11

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 29.8 м, диаметр внешней трубы 51.9 мм, диаметр внутренней трубы 23.3 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 647 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 192C$, теплоемкость $c_p = 1514.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 135 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 1547 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.427 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_\Gamma = 467.510 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 40C$, теплоемкость $c_p = 1790 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 133 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 968 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.823 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 484.76 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоно-

сителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 12

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 21.6 м, диаметр внешней трубы 57.7 мм, диаметр внутренней трубы 39.0 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 558 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 148\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1328.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 160 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 620 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.156 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 17.519 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 39\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1800 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 217 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 711 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.501 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 26.36 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 13

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 29.7 м, диаметр внешней трубы 92.5 мм, диаметр внутренней трубы 39.3 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 461 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 152\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1609.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 216 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 676 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.506 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 2714.608 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 28\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1488 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 159 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 879 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.257 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 1411.80 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 14

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплооб-

меннике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 21.7 м, диаметр внешней трубы 51.3 мм, диаметр внутренней трубы 27.6 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 656 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 143\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1317.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 212 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.317 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 18.403 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 37\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1731 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 139 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1269 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.397 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 22.14 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 15

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 20.9 м, диаметр внешней трубы 18.5 мм, диаметр внутренней трубы 11.4 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 375 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 205\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2285.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 210 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 1230 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.030 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 158.351 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 28\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1954 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 217 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 721 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.754 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 223.06 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 16

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 11.4 м, диаметр внешней трубы 43.8 мм, диаметр внутренней

трубы 20.0 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 376 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 258\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1321.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 169 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1143 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.545\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 112.622 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 21\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2251 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_x = 220 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1316 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.447\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 168.90 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 17

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 28.6 м, диаметр внешней трубы 52.8 мм, диаметр внутренней трубы 25.9 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 504 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 110\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1769.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 205 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 979 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.633\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 650.553 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 27\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1607 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_x = 153 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1527 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.273\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 522.46 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 18

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 25.9 м, диаметр внешней трубы 59.0 мм, диаметр внутренней трубы 28.7 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 376 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: темпе-

ратура $T_{\Gamma} = 108C$, теплоемкость $c_p = 1487.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$ $\lambda_{\Gamma} = 198 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 693 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.379 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 40.913 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{х}} = 22C$, теплоемкость $c_p = 2034 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{\text{х}} = 148 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 955 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.443 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{х}} = 56.93 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 19

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 30.0 м, диаметр внешней трубы 32.9 мм, диаметр внутренней трубы 16.1 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 398 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 194C$, теплоемкость $c_p = 1732.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$ $\lambda_{\Gamma} = 199 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1208 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.626 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 118.065 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{х}} = 24C$, теплоемкость $c_p = 1309 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{\text{х}} = 159 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 1221 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.025 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{х}} = 89.21 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 20

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 28.1 м, диаметр внешней трубы 25.2 мм, диаметр внутренней трубы 16.0 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 549 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 184C$, теплоемкость $c_p = 2172.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$ $\lambda_{\Gamma} = 137 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 601 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.375 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 132.296 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в

межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 21C$, теплоемкость $c_p = 2178 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 211 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1533 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.506\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 153.99 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 21

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 28.5 м, диаметр внешней трубы 22.3 мм, диаметр внутренней трубы 10.0 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 468 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 189C$, теплоемкость $c_p = 1717.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 229 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_\Gamma = 1195 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.220\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_\Gamma = 245.751 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 39C$, теплоемкость $c_p = 2130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 161 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 996 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.555\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 330.09 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 22

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 16.5 м, диаметр внешней трубы 29.0 мм, диаметр внутренней трубы 16.0 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 604 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 231C$, теплоемкость $c_p = 1967.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 168 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_\Gamma = 753 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.277\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_\Gamma = 226.896 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 32C$, теплоемкость $c_p = 2208 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 134 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1117 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.512\text{мПа}\cdot\text{с}$

, расход $G_x = 230.28 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 23

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 19.4 м, диаметр внешней трубы 61.9 мм, диаметр внутренней трубы 38.9 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 569 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{Г}} = 157\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1865.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\text{Г}} = 169 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\text{Г}} = 783 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\text{Г}} = 0.924 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{Г}} = 2072.068 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{Х}} = 32\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1449 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{Х}} = 207 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{Х}} = 1174 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\text{Г}} = 0.617 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{Х}} = 2656.81 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 24

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 18.7 м, диаметр внешней трубы 20.2 мм, диаметр внутренней трубы 11.7 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 489 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{Г}} = 153\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2253.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\text{Г}} = 211 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\text{Г}} = 1247 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\text{Г}} = 1.473 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{Г}} = 65.076 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{Х}} = 22\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2026 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{Х}} = 164 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{Х}} = 1374 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\text{Г}} = 1.504 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{Х}} = 98.30 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 25

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 17.9 м, диаметр внешней трубы 55.8 мм, диаметр внутренней трубы 28.7 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 402 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 274\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1845.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 133 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1006 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.042\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 379.494 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 26\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1639 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 132 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 907 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.567\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 332.84 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 26

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 21.4 м, диаметр внешней трубы 23.4 мм, диаметр внутренней трубы 16.4 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 438 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 105\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1342.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 201 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1533 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.214\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 48.960 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 20\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2025 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 201 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1360 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.669\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 39.57 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 27

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длин-

на 16.4 м, диаметр внешней трубы 71.0 мм, диаметр внутренней трубы 29.6 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 335 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 167\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2270.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 146 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 931 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.533 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 194.303 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{х}} = 20\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1433 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 164 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 1482 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.513 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{х}} = 147.62 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 28

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 21.7 м, диаметр внешней трубы 50.4 мм, диаметр внутренней трубы 34.8 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 674 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 251\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2239.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 144 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1056 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.926 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 51.457 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{х}} = 35\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 203 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 818 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.597 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{х}} = 48.29 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 29

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 22.9 м, диаметр внешней трубы 58.3 мм, диаметр внутренней трубы 25.9 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 600 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется

ется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 205C$, теплоемкость $c_p = 2065.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 216 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 902 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.366 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 521.505 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{х}} = 23C$, теплоемкость $c_p = 1804 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{\text{х}} = 211 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 1360 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.947 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{х}} = 907.98 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 30

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 10.3 м, диаметр внешней трубы 69.5 мм, диаметр внутренней трубы 31.3 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 469 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внешнюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 72C$, теплоемкость $c_p = 2298.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 207 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1043 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.637 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 418.730 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{х}} = 20C$, теплоемкость $c_p = 1896 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{\text{х}} = 215 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 734 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.290 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{х}} = 685.19 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.