

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

Проектирование и поверка теплообменников

При проектировании реальных производств возникает два типа задач. Первый тип (поверочный расчет) связан с модернизацией действующего производства. Согласно данной постановке уже известна конструкция и размеры аппарата и задача сводится к изменению режима работы теплообменника.

Второй тип задач (проектный расчет) возникает проектировании новых технологических схем или частичной замене оборудования на старых схемах. В данном случае необходимо определить конструкцию и размеры аппарата, требуемые для нагревания или охлаждения до заданной температуры. При решении данного типа задач зачастую приходится решать задачу оптимизации, т.к. спроектированный теплообменник также должен обладать низкой металлоемкостью, гидравлическим сопротивлением и т.д. Так при проектировании теплообменников большая эффективность (большой коэффициент теплопередачи) достигается при турбулентном режиме.

ВАРИАНТ 1

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 19.2 м, диаметр внешней трубы 46.5 мм, диаметр внутренней трубы 26.1 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 490 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 268\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1567.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 155 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1417 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.439 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000048 \text{K}^{-1}$, расход $G_{г} = 1469.797 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 24\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2112 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 209 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1269 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.832 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 1164.05 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 25\text{C}$ и расходом $G_{х} = 385.76 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 114.9 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1370 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 157 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1209 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.478 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 182.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 1400 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 178 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1273.820 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.907649 \text{k}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 401 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 2

Поверочный расчет

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

вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 28.9 м, диаметр внешней трубы 23.0 мм, диаметр внутренней трубы 13.2 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 479 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 103\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1582.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 156 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 927 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.348 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000047\text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 269.178 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 32\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2107 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 228 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1289 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.377 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 450.73 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{\text{X}} = 39\text{C}$ и расходом $G_{\text{X}} = 467.80 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 100.8 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1532 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 177 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 877 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.843 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 163.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 1894 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 152 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 852.464 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.601626\text{k}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 397 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 3

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 22.0 м, диаметр внешней трубы 55.4 мм, диаметр внутренней трубы 26.3 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 629 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется

во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 152^{\circ}\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1725.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 197 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1496 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.268 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000022 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 389.089 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 26^{\circ}\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2192 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 205 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 710 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.117 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 648.30 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{\text{X}} = 36^{\circ}\text{C}$ и расходом $G_{\text{X}} = 25.91 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 106.1°C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2033 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 207 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1176 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.429 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0^{\circ}\text{C}$, теплоемкость $c_p = 165.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 1451 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 204 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 868.296 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.539513 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 661 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 4

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 19.5 м, диаметр внешней трубы 37.5 мм, диаметр внутренней трубы 26.0 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 333 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 126^{\circ}\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2158.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 189 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 748 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.159 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000010 \text{K}^{-1}$, расход

$G_{\Gamma} = 104.816 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 33\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2215 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 198 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1495 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.680 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 168.90 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 21\text{C}$ и расходом $G_x = 887.42 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 85.5C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1487 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 183 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1511 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.413 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 172.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 2145 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 198 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 779.151 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.738650 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 537 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 5

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 29.2 м, диаметр внешней трубы 42.6 мм, диаметр внутренней трубы 18.7 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 538 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 179\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2220.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 176 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 681 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.935 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000039 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 223.530 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 33\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1474 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 141 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 620 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.196 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход

$G_x = 212.49 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 26\text{C}$ и расходом $G_x = 354.61 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 91.1C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1324 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 162 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1089 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.896 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 179.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 2141 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 207 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1458.421 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.626446 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 681 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 6

Поверочный расчет

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 33.5 мм, диаметр внутренней трубы 18.4 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 434 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 246\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2127.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 155 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 1388 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.831 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000043 \text{K}^{-1}$, расход $G_T = 829.628 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 30\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1959 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 206 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1091 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.319 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 982.54 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в

трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 25C$ и расходом $G_x = 313.90 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $93.0 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2043 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 229 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1365 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.253 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 0C$, теплоемкость $c_p = 173.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 2282 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 153 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1205.953 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.218225 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 671 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 7

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 15.0 м, диаметр внешней трубы 40.7 мм, диаметр внутренней трубы 18.3 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 318 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 184C$, теплоемкость $c_p = 1377.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 133 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 1531 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.095 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000029 \text{K}^{-1}$, расход $G_T = 1237.162 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 21C$, теплоемкость $c_p = 1333 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 160 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1425 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.510 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 1161.19 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 22C$ и расходом $G_x = 617.58 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $125.1 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1518 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 185 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1380 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.470 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Го-

рячий теплоноситель имеет температуру $T_r = 0C$, теплоемкость $c_p = 202.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_r = 1458 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_r = 156 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 903.400 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.402730k^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 610 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 8

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 22.6 м, диаметр внешней трубы 38.9 мм, диаметр внутренней трубы 20.0 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 644 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_r = 84C$, теплоемкость $c_p = 1373.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_r = 185 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_r = 1125 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 0.667 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000003K^{-1}$, расход $G_r = 300.842 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 30C$, теплоемкость $c_p = 1914 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 190 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1425 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 0.428 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 462.54 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 32C$ и расходом $G_x = 950.05 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 147.7 С сырья: теплоемкость $c_p = 2126 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 181 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 671 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 0.435 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_r = 0C$, теплоемкость $c_p = 234.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_r = 1408 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_r = 177 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 680.001 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.439940k^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника

используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 315 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 9

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 17.6 м, диаметр внешней трубы 21.6 мм, диаметр внутренней трубы 12.9 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 325 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 125\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1311.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 143 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1514 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.249\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000066\text{K}^{-1}$, расход $G_{г} = 214.160 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 24\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1816 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 161 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 765 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.423\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 188.49 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 34\text{C}$ и расходом $G_{х} = 21.16 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 121.6 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1526 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 191 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 669 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.255\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 214.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 1795 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 142 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 794.681\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.840925\text{k}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 370 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 10

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 22.1 м, диаметр внешней трубы 39.9 мм, диаметр внутренней трубы 22.7 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 476 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 217\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2259.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 227 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1334 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.847\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000010\text{K}^{-1}$, расход $G_{г} = 70.014 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 21\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1982 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 205 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1339 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.383\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 97.37 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_{х} = 23\text{C}$ и расходом $G_{х} = 533.46 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 127.7 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1471 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 162 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1095 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.673\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 227.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 1645 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 182 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1366.248\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.146813\text{k}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 626 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 11

Поверочный расчет

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

на 24.1 м, диаметр внешней трубы 36.2 мм, диаметр внутренней трубы 18.5 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 536 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 243\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2257.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 211 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1361 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.704 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000008 \text{К}^{-1}$, расход $G_{г} = 40.725 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 25\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1860 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 160 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 902 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.676 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 71.63 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_{х} = 26\text{С}$ и расходом $G_{х} = 41.90 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 104.1 С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1425 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 202 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1469 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.544 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 0\text{С}$, теплоемкость $c_p = 216.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 1865 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{г} = 215 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1448.152 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.254392 \text{к}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 318 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 12

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 11.7 м, диаметр внешней трубы 30.9 мм, диаметр внутренней трубы 17.5 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 663 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: темпера-

тура $T_{\Gamma} = 144^{\circ}\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1996.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 211 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 801 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.285 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000043 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 90.289 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 26^{\circ}\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2017 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 132 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1263 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.844 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 103.94 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_{\text{X}} = 25^{\circ}\text{C}$ и расходом $G_{\text{X}} = 654.84 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 89.7°C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1779 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 172 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1599 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.167 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0^{\circ}\text{C}$, теплоемкость $c_p = 144.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 1429 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 148 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 984.816 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.712114 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 542 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 13

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 12.7 м, диаметр внешней трубы 54.4 мм, диаметр внутренней трубы 33.1 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 424 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 89^{\circ}\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2160.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 144 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1129 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.167 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000008 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 80.706 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в меж-

трубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 20C$, теплоемкость $c_p = 1529 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 202 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1404 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.455 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 114.94 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 26C$ и расходом $G_x = 271.27 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $122.4 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1988 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 183 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1513 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.939 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 0C$, теплоемкость $c_p = 193.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 1786 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 185 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1465.878 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.096929 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 552 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 14

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 24.0 м, диаметр внешней трубы 54.0 мм, диаметр внутренней трубы 34.2 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 451 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 98C$, теплоемкость $c_p = 1480.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 210 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 854 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.431 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000051 \text{K}^{-1}$, расход $G_\Gamma = 2452.726 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 24C$, теплоемкость $c_p = 1854 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 228 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 971 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.148 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 3833.42 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры

теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 22C$ и расходом $G_x = 151.12 \frac{кг}{ч}$ до температуры $126.6 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1603 \frac{Дж}{кг \cdot C}$, $\lambda_x = 179 \frac{Вт}{м \cdot К}$, плотность $\rho_x = 1065 \frac{кг}{м^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.918 мПа \cdot с$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 0C$, теплоемкость $c_p = 262.7 \frac{Дж}{кг \cdot К}$, $\lambda_T = 1818 \frac{Вт}{м \cdot C}$, плотность $\rho_T = 200 \frac{кг}{м^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 605.944 мПа \cdot с$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.168214 K^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 537 \frac{Вт}{м \cdot К}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 15

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 17.2 м, диаметр внешней трубы 45.8 мм, диаметр внутренней трубы 28.5 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 696 \frac{Вт}{м \cdot К}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 171C$, теплоемкость $c_p = 1410.1 \frac{Дж}{кг \cdot К}$, $\lambda_T = 132 \frac{Вт}{м \cdot C}$, плотность $\rho_T = 884 \frac{кг}{м^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.387 мПа \cdot с$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000087 K^{-1}$, расход $G_T = 1543.492 \frac{кг}{ч}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 33C$, теплоемкость $c_p = 1813 \frac{Дж}{кг \cdot C}$, $\lambda_x = 179 \frac{Вт}{м \cdot К}$, плотность $\rho_x = 924 \frac{кг}{м^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.489 мПа \cdot с$, расход $G_x = 2452.90 \frac{кг}{ч}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 26C$

и расходом $G_x = 349.04 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 55.4 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1982 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 172 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 812 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.196 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 76.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 1306 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_\Gamma = 134 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 898.851 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.455532 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 480 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 16

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 15.5 м, диаметр внешней трубы 44.9 мм, диаметр внутренней трубы 27.3 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 627 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 131\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1985.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 209 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_\Gamma = 946 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.240 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000036 \text{K}^{-1}$, расход $G_\Gamma = 1960.577 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 30\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1651 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 136 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1007 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.296 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 1562.71 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_x = 37\text{C}$ и расходом $G_x = 34.36 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 85.8 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1543 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 196 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 992 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.114 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 132.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$

$\lambda_{\Gamma} = 1684 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 135 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1178.536 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.107831 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 315 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообенника.

ВАРИАНТ 17

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 11.4 м, диаметр внешней трубы 29.1 мм, диаметр внутренней трубы 14.3 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 659 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 223\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1869.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 197 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1409 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.197 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000070 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 7.116 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 36\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1554 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 179 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 899 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.243 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 7.82 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообенника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 39\text{С}$ и расходом $G_x = 60.42 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 154.7 С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1388 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 220 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 621 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.784 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0\text{С}$, теплоемкость $c_p = 247.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 2094 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 227 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1068.956 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.165039 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 336 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$.

Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 18

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 17.2 м, диаметр внешней трубы 23.4 мм, диаметр внутренней трубы 13.1 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 464 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 96\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1825.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 160 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 731 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.386 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000097 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 296.063 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{х}} = 32\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1377 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 191 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 744 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.161 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{х}} = 324.04 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{\text{х}} = 37\text{C}$ и расходом $G_{\text{х}} = 781.39 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 176.5 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2270 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 159 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 1324 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.447 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 270.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 1375 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 195 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1312.445 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.736500 \text{k}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 596 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 19

Поверочный расчет

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 51.0 мм, диаметр внутренней трубы 22.1 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 410 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 112\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1890.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{г} = 169 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1354 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.743\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000051\text{К}^{-1}$, расход $G_{г} = 31.415 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 25\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1793 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 197 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 846 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.293\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 30.80 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 29\text{С}$ и расходом $G_{х} = 1033.04 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 156.5 С сырья: теплоемкость $c_p = 1626 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 185 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 742 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.254\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 0\text{С}$, теплоемкость $c_p = 244.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 1420 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{г} = 174 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1552.760\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.252007\text{к}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 637 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 20

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 17.5 м, диаметр внешней трубы 18.9 мм, диаметр внутренней

трубы 11.6 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 632 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 250\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1842.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 173 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 758 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.533\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000063\text{K}^{-1}$, расход $G_{г} = 28.753 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 23\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2104 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 204 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1438 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.540\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 50.95 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 29\text{C}$ и расходом $G_{х} = 1115.80 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 84.4C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1900 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 156 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1526 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.203\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 129.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 1939 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 178 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1315.315\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.648132\text{k}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 508 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 21

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 17.7 м, диаметр внешней трубы 22.7 мм, диаметр внутренней трубы 12.0 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 447 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 245\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1744.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 215 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плот-

ность $\rho_{\Gamma} = 763 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.547 \text{мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000027 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 131.996 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 31\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1430 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_x = 227 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 1092 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.076 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_x = 85.01 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырь с исходной температурой $T_x = 26\text{C}$ и расходом $G_x = 202.71 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 111.4C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1969 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_x = 173 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 824 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.329 \text{мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 230.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 1306 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 148 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 629.208 \text{мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.611977 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 512 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 22

Проверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 18.1 м, диаметр внешней трубы 60.8 мм, диаметр внутренней трубы 25.9 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 566 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 154\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1799.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 200 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1348 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.596 \text{мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000082 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 2482.225 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: тем-

пература $T_x = 31C$, теплоемкость $c_p = 1595 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 131 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 680 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.540 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 4020.53 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 24C$ и расходом $G_x = 183.85 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $123.5 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1517 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 131 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1387 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.626 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 0C$, теплоемкость $c_p = 240.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 1971 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 227 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 751.857 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.645327 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 538 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 23

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 23.1 м, диаметр внешней трубы 41.6 мм, диаметр внутренней трубы 18.8 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 500 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 264C$, теплоемкость $c_p = 1960.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 156 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 732 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.994 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000046 \text{K}^{-1}$, расход $G_\Gamma = 270.383 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 39C$, теплоемкость $c_p = 1502 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 177 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1028 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.404 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 340.34 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 32C$ и расходом $G_x = 31.67 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $58.8 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2107 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 175 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 980 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.217 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 0C$, теплоемкость $c_p = 85.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 1791 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 190 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 976.724 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.407608 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 579 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 24

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 26.0 м, диаметр внешней трубы 37.1 мм, диаметр внутренней трубы 18.6 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 492 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 183C$, теплоемкость $c_p = 1301.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 142 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 1174 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.369 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000086 \text{K}^{-1}$, расход $G_T = 1188.253 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 29C$, теплоемкость $c_p = 1359 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 215 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 666 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.927 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 615.62 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 30C$ и расходом $G_x = 2431.14 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $107.4 C$ свойства сырья:

теплоемкость $c_p = 1953 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{С}}$, $\lambda_x = 220 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 751 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.380 \text{мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 0\text{С}$, теплоемкость $c_p = 175.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_T = 1492 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{С}}$, плотность $\rho_T = 222 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1371.463 \text{мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.060954 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 361 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 25

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 23.2 м, диаметр внешней трубы 52.1 мм, диаметр внутренней трубы 34.9 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 460 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 229\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2267.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_T = 226 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{С}}$, плотность $\rho_T = 834 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.328 \text{мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000001 \text{K}^{-1}$, расход $G_T = 600.648 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 26\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1589 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{С}}$, $\lambda_x = 213 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 1479 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.425 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_x = 634.24 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 36\text{С}$ и расходом $G_x = 1001.63 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 141.2 С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1607 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{С}}$, $\lambda_x = 162 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 877 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.842 \text{мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 0\text{С}$, теплоемкость $c_p = 281.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_T = 1542 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{С}}$, плотность $\rho_T = 161 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент

вязкости $\mu_{\Gamma} = 1573.501 \text{ мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.398274 \text{ К}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 353 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 26

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 27.1 м, диаметр внешней трубы 63.3 мм, диаметр внутренней трубы 28.8 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 601 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 257 \text{ C}$, теплоемкость $c_p = 1572.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 159 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1282 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.102 \text{ мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000049 \text{ К}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 173.539 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 23 \text{ C}$, теплоемкость $c_p = 1394 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_x = 156 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 1570 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.336 \text{ мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_x = 260.98 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_x = 30 \text{ C}$ и расходом $G_x = 31.56 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 95.7 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1834 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_x = 170 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 772 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.528 \text{ мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0 \text{ C}$, теплоемкость $c_p = 143.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 1724 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 137 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1541.467 \text{ мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.484526 \text{ К}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 537 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине

теплообменника.

ВАРИАНТ 27

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 23.5 м, диаметр внешней трубы 36.5 мм, диаметр внутренней трубы 18.8 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 347 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 226\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1434.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 170 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1195 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.264\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000066\text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 40.856 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 32\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2093 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 131 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1182 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.892\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 48.03 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{\text{X}} = 32\text{C}$ и расходом $G_{\text{X}} = 4025.18 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 71.4 C сырья: теплоемкость $c_p = 1696 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 132 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1129 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.369\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 97.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 2277 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 142 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1416.000\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.223538\text{k}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 418 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 28

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном тепло-

обменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 23.9 м, диаметр внешней трубы 73.1 мм, диаметр внутренней трубы 31.4 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 499 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 193\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1840.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 194 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1346 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.365\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000084\text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 441.919 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 29\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1339 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 152 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 876 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.470\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 509.41 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{\text{X}} = 20\text{C}$ и расходом $G_{\text{X}} = 139.17 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 58.9 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1434 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 168 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1324 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.527\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 110.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 1409 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 222 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1207.033\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.412068\text{k}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 433 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 29

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 21.0 м, диаметр внешней трубы 42.6 мм, диаметр внутренней трубы 26.8 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность матери-

ала стенки $\lambda_{ст} = 300 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 275\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1957.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 140 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 890 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.574 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000026 \text{K}^{-1}$, расход $G_{г} = 227.115 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 28\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1331 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 226 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1516 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.119 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 282.81 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 32\text{C}$ и расходом $G_{х} = 9.74 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 136.2C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1319 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 224 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1092 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.852 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 259.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 1614 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 173 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 783.471 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.229327 \text{k}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 337 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 30

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 18.0 м, диаметр внешней трубы 30.8 мм, диаметр внутренней трубы 18.7 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 647 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 174\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1872.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 148 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 847 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.270 \text{мПа}\cdot\text{с}$, ко-

эффицент термического расширения $\beta = 0.000023K^{-1}$, расход $G_r = 47.673 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 36C$, теплоемкость $c_p = 1568 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 163 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1590 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 0.401 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 73.15 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_x = 28C$ и расходом $G_x = 58.86 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $58.5 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1465 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 199 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 865 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 0.849 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_r = 0C$, теплоемкость $c_p = 102.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_r = 1630 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_r = 132 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 1349.246 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.684355k^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 328 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.