

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 20.6 м, диаметр внешней трубы 75.5 мм, диаметр внутренней трубы 36.7 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 546 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 200\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1444.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 174 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1242 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.446 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000029\text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 649.999 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 22\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2055 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\text{X}} = 195 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1425 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.206 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 487.39 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_{\text{X}} = 33\text{C}$ и расходом $G_{\text{X}} = 91.05 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 69.6 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1367 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\text{X}} = 163 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 656 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.603 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 122.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 2040 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 193 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 759.822 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.333270\text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 416 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 27.6 м, диаметр внешней трубы 64.3 мм, диаметр внутренней трубы 32.3 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 491 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 132\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1654.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 190 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 998 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.520 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000070 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 62.396 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 40\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1488 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 150 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1533 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.185 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 86.06 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_{\text{X}} = 38\text{C}$ и расходом $G_{\text{X}} = 136.52 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 74.1 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2289 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 175 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1201 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.781 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 125.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 1491 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 130 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1472.315 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.236269 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 309 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 14.6 м, диаметр внешней трубы 66.3 мм, диаметр внутренней трубы 35.5 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 636 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется

во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 76C$, теплоемкость $c_p = 1581.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 195 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1233 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.415 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000058 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 157.620 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 25C$, теплоемкость $c_p = 1385 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 192 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 785 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.420 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 185.24 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{\text{X}} = 39C$ и расходом $G_{\text{X}} = 266.35 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $144.0 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1834 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 197 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1133 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.010 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0C$, теплоемкость $c_p = 220.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 2128 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 222 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1498.151 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.571675 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 432 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 12.0 м, диаметр внешней трубы 32.7 мм, диаметр внутренней трубы 14.1 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 474 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 165C$, теплоемкость $c_p = 1636.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 225 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 918 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.628 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000032 \text{K}^{-1}$, расход

$G_{\Gamma} = 379.493 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 25\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2012 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 189 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1217 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.990 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 430.13 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 26\text{C}$ и расходом $G_x = 628.05 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 128.8C сырья: теплоемкость $c_p = 2083 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 196 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 871 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.459 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 257.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 2282 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 153 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 634.490 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.143551 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 439 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 5

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 12.4 м, диаметр внешней трубы 32.8 мм, диаметр внутренней трубы 22.8 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 658 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 87\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2186.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 169 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 926 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.652 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000036 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 251.450 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 21\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1567 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 157 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1298 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.038 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход

$G_x = 273.58 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 23\text{C}$ и расходом $G_x = 230.76 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 129.9C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1940 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 134 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 677 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\tau = 1.281 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\tau = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 206.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\tau = 1663 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\tau = 194 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\tau = 1018.627 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.173031 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 647 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 6

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 13.8 м, диаметр внешней трубы 18.7 мм, диаметр внутренней трубы 10.3 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 610 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\tau = 257\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1795.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\tau = 151 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\tau = 1317 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\tau = 0.882 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000099 \text{K}^{-1}$, расход $G_\tau = 35.816 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 31\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1614 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 198 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1028 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\tau = 1.318 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 28.11 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в

трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 28C$ и расходом $G_x = 49.48 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $80.1 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1737 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 138 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1258 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.485 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 0C$, теплоемкость $c_p = 117.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 1977 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 136 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1403.55 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.757318 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 598 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 19.6 м, диаметр внешней трубы 60.9 мм, диаметр внутренней трубы 32.6 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 590 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 147C$, теплоемкость $c_p = 1978.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 227 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 1061 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.438 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000021 \text{K}^{-1}$, расход $G_T = 46.529 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 36C$, теплоемкость $c_p = 1580 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 195 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1045 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.379 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 35.67 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 28C$ и расходом $G_x = 25.45 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $134.8 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2027 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 151 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1595 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.188 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноси-

тель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0C$, теплоемкость $c_p = 246.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 2021 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 169 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1149.214 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.601343k^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 371 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 24.1 м, диаметр внешней трубы 66.9 мм, диаметр внутренней трубы 37.8 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 448 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 258C$, теплоемкость $c_p = 1934.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 212 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1422 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.782 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000039K^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 322.566 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 29C$, теплоемкость $c_p = 1553 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_x = 206 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 978 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.355 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 260.19 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. 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 $G_x = 210.46 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 62.8 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1881 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_x = 154 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1522 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.327 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0C$, теплоемкость $c_p = 91.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 1633 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 140 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1298.138 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.486811k^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл

толщиной 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 386 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 9

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 18.8 м, диаметр внешней трубы 20.9 мм, диаметр внутренней трубы 10.7 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 570 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 231\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1594.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 144 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1160 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.474 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000062 \text{K}^{-1}$, расход $G_{г} = 105.842 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 40\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1598 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{х} = 200 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 891 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.359 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 108.25 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 40\text{C}$ и расходом $G_{х} = 1238.20 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 104.1 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2040 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{х} = 210 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1214 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.014 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 153.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 1423 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 169 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1209.521 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.304721 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 314 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 22.2 м, диаметр внешней трубы 53.1 мм, диаметр внутренней трубы 30.2 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 561 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 162\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1320.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 223 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 854 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.429 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000039 \text{K}^{-1}$, расход $G_{г} = 655.293 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 23\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1548 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 196 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1274 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.466 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 645.39 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_{х} = 27\text{C}$ и расходом $G_{х} = 182.39 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 107.8 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2192 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 226 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1539 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.054 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 218.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 1520 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 175 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1433.630 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.700680 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 609 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 11

Поверочный расчет

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

на 18.4 м, диаметр внешней трубы 81.9 мм, диаметр внутренней трубы 34.3 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 407 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 165\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1521.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 180 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 669 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.562 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000009 \text{K}^{-1}$, расход $G_{г} = 2075.086 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 31\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1984 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 161 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1531 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.099 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 3277.11 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_{х} = 31\text{C}$ и расходом $G_{х} = 25.20 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 56.1 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2027 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 170 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 789 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.105 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 83.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 2029 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 226 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 770.872 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.584790 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 699 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 12

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 12.9 м, диаметр внешней трубы 71.2 мм, диаметр внутренней трубы 34.6 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 350 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: темпера-

тура $T_{\Gamma} = 260C$, теплоемкость $c_p = 1434.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 160 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1297 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.124 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000068 K^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 12.770 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 30C$, теплоемкость $c_p = 2258 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 216 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1036 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.705 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 22.20 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 39C$ и расходом $G_x = 308.58 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $148.6 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2101 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 173 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1149 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.229 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0C$, теплоемкость $c_p = 246.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 2226 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 221 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 650.720 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.753054 k^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 681 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 14.7 м, диаметр внешней трубы 37.4 мм, диаметр внутренней трубы 24.6 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 416 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 268C$, теплоемкость $c_p = 1552.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 180 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 772 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.562 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000048 K^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 1599.578 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в

межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 29C$, теплоемкость $c_p = 2280 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 208 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1119 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.545 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 2750.14 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 29C$ и расходом $G_x = 13.23 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $138.5 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2119 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 196 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1541 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.118 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 0C$, теплоемкость $c_p = 248.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 2101 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 180 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1095.458 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.236207 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 598 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 21.5 м, диаметр внешней трубы 25.8 мм, диаметр внутренней трубы 15.6 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 375 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 204C$, теплоемкость $c_p = 2148.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 144 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 1075 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.143 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000064 \text{K}^{-1}$, расход $G_\Gamma = 84.536 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 27C$, теплоемкость $c_p = 1720 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 223 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1335 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.163 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 64.74 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоно-

сителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 25C$ и расходом $G_x = 384.04 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $127.1 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1389 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot C}$, $\lambda_x = 182 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot K}$, плотность $\rho_x = 1180 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.064 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 0C$, теплоемкость $c_p = 200.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot K}$, $\lambda_\Gamma = 2237 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot C}$, плотность $\rho_\Gamma = 152 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 683.589 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.378899 k^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 310 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot K}$. 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 11.9 м, диаметр внешней трубы 26.1 мм, диаметр внутренней трубы 16.4 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 525 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot K}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 131C$, теплоемкость $c_p = 2228.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot K}$, $\lambda_\Gamma = 147 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot C}$, плотность $\rho_\Gamma = 1238 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.959 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000001 K^{-1}$, расход $G_\Gamma = 37.835 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 25C$, теплоемкость $c_p = 1420 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot C}$, $\lambda_x = 194 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot K}$, плотность $\rho_x = 1225 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.109 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 46.72 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

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

расходом $G_x = 428.55 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 106.6 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1850 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 149 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 882 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.838 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 178.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 1721 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 145 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1285.605 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.558565 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 653 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 14.1 м, диаметр внешней трубы 57.0 мм, диаметр внутренней трубы 31.8 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 547 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 115\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2037.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 193 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 723 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.349 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000066 \text{K}^{-1}$, расход $G_\Gamma = 2103.233 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 23\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2153 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 156 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1221 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.386 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 2708.47 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_x = 30\text{C}$ и расходом $G_x = 154.40 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 94.1 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1721 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 185 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1314 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.535 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 181.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$

$\lambda_{\Gamma} = 1886 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 139 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1230.306 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.963879 \text{к}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 431 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 22.3 м, диаметр внешней трубы 79.0 мм, диаметр внутренней трубы 33.4 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 431 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 187\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1897.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 206 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 998 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.196 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000004 \text{К}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 20.668 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 36\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1883 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 180 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 961 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.254 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 21.96 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообенника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 33\text{С}$ и расходом $G_x = 117.36 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 90.1 С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2207 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 172 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 818 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.591 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0\text{С}$, теплоемкость $c_p = 139.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 1952 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 215 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1594.647 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.474053 \text{к}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 549 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$.

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 22.7 м, диаметр внешней трубы 54.1 мм, диаметр внутренней трубы 36.8 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 309 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 199\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2215.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 174 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 847 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.009\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000054\text{K}^{-1}$, расход $G_{г} = 1522.384 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 28\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1942 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 168 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1483 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.083\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 2006.22 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_{х} = 22\text{C}$ и расходом $G_{х} = 64.36 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 149.0 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1911 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 206 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1246 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.288\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 255.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 1313 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 132 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 907.247\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.781607\text{k}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 602 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 22.6 м, диаметр внешней трубы 66.3 мм, диаметр внутренней трубы 35.3 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 461 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 277\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1866.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 219 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1463 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.581 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000085 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 377.621 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 28\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1986 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 137 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1128 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.120 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 491.86 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 30\text{C}$ и расходом $G_x = 214.69 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 78.6 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1533 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 182 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1586 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.140 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 120.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 2178 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 191 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 721.817 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.577095 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 585 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 13.6 м, диаметр внешней трубы 19.8 мм, диаметр внутренней

трубы 12.8 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 691 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 182\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2294.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 184 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 717 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.556 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000054 \text{К}^{-1}$, расход $G_{г} = 90.229 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 22\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2147 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 205 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1589 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.010 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 133.91 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 25\text{С}$ и расходом $G_{х} = 302.80 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 107.9 С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1876 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 200 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1045 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.292 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 0\text{С}$, теплоемкость $c_p = 205.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 1402 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{г} = 162 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1326.444 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.182079 \text{к}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 524 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 27.6 м, диаметр внешней трубы 58.1 мм, диаметр внутренней трубы 29.5 мм, толщина стенки 6 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: температура $T_{г} = 119\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1535.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 143 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плот-

ность $\rho_{\Gamma} = 685 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.521 \text{мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000006 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 300.368 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{х}} = 38\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1692 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 211 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 1502 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.129 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_{\text{х}} = 457.49 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_{\text{х}} = 21\text{C}$ и расходом $G_{\text{х}} = 3.43 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 124.8C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2186 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 170 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 647 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.203 \text{мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 194.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 1451 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 206 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 657.290 \text{мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.112838 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 5мм , теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 454 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 22

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 27.4м , диаметр внешней трубы 25.0мм , диаметр внутренней трубы 16.3мм , толщина стенки 6мм , теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 433 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 202\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2212.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 193 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 856 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.059 \text{мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000090 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 216.030 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температу-

ра $T_x = 35C$, теплоемкость $c_p = 1520 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 139 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1444 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.925 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 201.01 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 33C$ и расходом $G_x = 125.22 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $63.1 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1703 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 174 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1491 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.254 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 0C$, теплоемкость $c_p = 104.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 1988 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 132 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1395.171 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.287223 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 413 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 23

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 20.7 м, диаметр внешней трубы 58.0 мм, диаметр внутренней трубы 25.2 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 413 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 244C$, теплоемкость $c_p = 1877.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 170 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 714 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.543 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000079 \text{K}^{-1}$, расход $G_\Gamma = 822.054 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 36C$, теплоемкость $c_p = 1848 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 136 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1434 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.528 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 1477.32 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. 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 $G_x = 23.55 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $73.7 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1735 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 203 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1060 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.858 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 0C$, теплоемкость $c_p = 129.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 2237 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 158 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 834.820 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.266873 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 302 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 18.2 м, диаметр внешней трубы 37.5 мм, диаметр внутренней трубы 18.5 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 497 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 114C$, теплоемкость $c_p = 1683.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 198 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 1489 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.543 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000008 \text{K}^{-1}$, расход $G_T = 583.905 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 24C$, теплоемкость $c_p = 1518 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 224 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1158 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.580 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 835.64 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. 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 $G_x = 3830.11 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $124.9 C$ свойства сырья:

теплоемкость $c_p = 1391 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 159 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1105 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.127 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 248.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 1859 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 146 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1220.167 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.249390 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 444 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 24.9 м, диаметр внешней трубы 39.1 мм, диаметр внутренней трубы 27.8 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 429 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 151\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2114.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 168 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 1124 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.808 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000016 \text{K}^{-1}$, расход $G_T = 40.675 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 26\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2257 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 135 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1396 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.317 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 65.66 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. 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 $G_x = 18.44 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 109.0 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2171 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 217 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1598 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.470 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 167.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 2040 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 196 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T =$

680.830мПа·с, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.513711k^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 698 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 26

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 10.9 м, диаметр внешней трубы 19.6 мм, диаметр внутренней трубы 11.1 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 472 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 157\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2197.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 217 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 840 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.360\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000054\text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 695.242 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 23\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2082 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 185 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1534 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.596\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 862.93 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{\text{X}} = 26\text{C}$ и расходом $G_{\text{X}} = 441.71 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 113.6 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1528 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 166 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1012 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.500\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 242.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 2205 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 217 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 870.401\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.698429k^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 574 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры

теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 27

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 21.5 м, диаметр внешней трубы 81.3 мм, диаметр внутренней трубы 39.0 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 540 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 140\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1847.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 155 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1096 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.725 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000002 \text{K}^{-1}$, расход $G_{г} = 1039.500 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 40\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2193 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 201 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 751 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.128 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 1451.65 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 22\text{C}$ и расходом $G_{х} = 141.12 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 109.8 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1756 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 190 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 791 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.036 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 228.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 1409 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 197 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1578.705 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.992845 \text{k}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 601 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 28

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплооб-

меннике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 13.5 м, диаметр внешней трубы 84.9 мм, диаметр внутренней трубы 39.1 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 492 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 183\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1359.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 196 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 925 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.322\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000026\text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 2114.199 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{х}} = 34\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1841 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 211 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 665 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.153\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{х}} = 1996.17 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{\text{х}} = 26\text{C}$ и расходом $G_{\text{х}} = 308.86 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 114.3 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2245 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 209 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 964 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.693\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 199.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 1878 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 221 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1097.299\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.196574\text{k}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 467 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 29.2 м, диаметр внешней трубы 72.0 мм, диаметр внутренней трубы 33.4 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность мате-

риала стенки $\lambda_{ст} = 415 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 105\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2086.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 169 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1393 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.219\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000062\text{K}^{-1}$, расход $G_{г} = 2173.551 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 34\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1794 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{х} = 222 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 711 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.394\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 3205.84 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 24\text{C}$ и расходом $G_{х} = 525.29 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 138.1C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2285 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{х} = 214 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 991 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.997\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 261.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 1533 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 172 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1184.331\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.065349\text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 666 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 10.4 м, диаметр внешней трубы 59.5 мм, диаметр внутренней трубы 27.2 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 473 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 121\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1359.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 227 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1467 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.979\text{мПа}\cdot\text{с}$,

коэффициент термического расширения $\beta = 0.000095 K^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 1120.843 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 36 C$, теплоемкость $c_p = 1981 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot C}$, $\lambda_x = 211 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot K}$, плотность $\rho_x = 1288 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.406 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_x = 1073.36 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 35 C$ и расходом $G_x = 351.71 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $64.6 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2126 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot C}$, $\lambda_x = 215 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot K}$, плотность $\rho_x = 1554 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.053 \text{мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0 C$, теплоемкость $c_p = 103.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot K}$, $\lambda_{\Gamma} = 2264 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot C}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 214 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1330.609 \text{мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.302059 k^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 647 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot K}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.