

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 прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 13.4 м, диаметр внешней трубы 54.4 мм, диаметр внутренней трубы 26.4 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 474 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 203\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2156.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 159 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{г} = 1186 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.573 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_{г} = 1777.426 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 33\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1473 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 183 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1342 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.349 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_{х} = 3121.21 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 26\text{С}$ и расходом $G_{х} = 489.78 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 58.6 С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1319 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 175 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1364 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.426 \text{мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 87\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1454.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 165 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{г} = 1015 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.176 \text{мПа} \cdot \text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 399 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 2

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 17.9 м, диаметр внешней трубы 19.3 мм, диаметр внутренней

трубы 10.2 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 568 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 104\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1643.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 222 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 1346 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.675 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 25.131 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 27\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2223 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 184 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1013 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.773 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 19.97 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 26\text{C}$ и расходом $G_{х} = 2574.32 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 113.5 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2210 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 217 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 677 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.595 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 191\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1578.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 196 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 1127 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.560 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 450 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 24.3 м, диаметр внешней трубы 53.3 мм, диаметр внутренней трубы 35.3 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 688 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 136\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1694.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 222 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 678 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.858 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 113.749 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в меж-

трубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 31C$, теплоемкость $c_p = 1380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 166 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1315 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.344\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 102.72 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 29C$ и расходом $G_x = 125.13 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $146.8 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1794 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 145 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 862 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.408\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 229C$, теплоемкость $c_p = 1979.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 215 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 920 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.237\text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 483 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 28.9 м, диаметр внешней трубы 68.5 мм, диаметр внутренней трубы 29.9 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 381 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 149C$, теплоемкость $c_p = 1700.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 194 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 1499 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.226\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_\Gamma = 551.457 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 39C$, теплоемкость $c_p = 2085 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 171 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 613 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.547\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 847.70 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 24C$ и расходом $G_x = 135.15 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $64.2 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1678 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 178 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 638 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.036 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 114C$, теплоемкость $c_p = 1422.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 155 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_\Gamma = 828 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.078 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 423 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 24.8 м, диаметр внешней трубы 29.7 мм, диаметр внутренней трубы 17.3 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 301 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 210C$, теплоемкость $c_p = 1356.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 211 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_\Gamma = 876 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.738 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_\Gamma = 44.793 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 31C$, теплоемкость $c_p = 1975 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 157 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 883 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.522 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 79.37 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 26C$ и расходом $G_x = 16.45 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $133.0 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2096 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 221 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 794 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.408 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 236C$, теплоемкость $c_p = 2197.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$

$\lambda_{\Gamma} = 143 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1559 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.734 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 329 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 20.8 м, диаметр внешней трубы 66.5 мм, диаметр внутренней трубы 28.9 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 366 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 116\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2104.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 185 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1318 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.278 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 14.739 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{х}} = 30\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1823 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{\text{х}} = 150 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 992 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.825 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{х}} = 22.98 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_{\text{х}} = 31\text{С}$ и расходом $G_{\text{х}} = 22.19 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 152.9 С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1596 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{\text{х}} = 142 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 1240 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.009 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 279\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1348.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 155 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 941 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.400 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 383 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 7

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 10.4 м, диаметр внешней трубы 20.2 мм, диаметр внутренней трубы 12.4 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 630 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 117\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1378.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 217 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1058 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.014 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 494.199 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 21\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1906 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 138 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1437 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.399 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 269.56 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 36\text{C}$ и расходом $G_x = 40.55 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 133.0 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1482 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 223 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1409 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.062 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 257\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2174.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 227 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1522 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.467 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 590 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 8

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 25.2 м, диаметр внешней трубы 63.5 мм, диаметр внутренней трубы 35.3 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность матери-

ала стенки $\lambda_{ст} = 573 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 253\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1854.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 133 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1061 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.886 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 130.461 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 21\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1794 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{х} = 176 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1521 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.132 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 119.93 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 25\text{C}$ и расходом $G_{х} = 70.85 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 124.1C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1443 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 138 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1109 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.600 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 206\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2058.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 196 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1409 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.935 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 605 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 16.6 м, диаметр внешней трубы 24.8 мм, диаметр внутренней трубы 14.0 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 581 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 198\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1782.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 145 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 846 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.492 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 384.349 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температу-

ра $T_x = 27C$, теплоемкость $c_p = 2194 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 153 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1301 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.010 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 351.23 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 25C$ и расходом $G_x = 84.21 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $99.9 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1759 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 148 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1334 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.397 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 183C$, теплоемкость $c_p = 2174.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 168 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 1276 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.799 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 582 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 10

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 27.5 мм, диаметр внутренней трубы 17.7 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 533 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 192C$, теплоемкость $c_p = 2110.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 208 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 649 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.654 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_\Gamma = 36.894 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 33C$, теплоемкость $c_p = 1341 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 207 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 652 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.479 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 57.23 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в тру-

бе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 23C$ и расходом $G_x = 23.04 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $73.4 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1616 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 197 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1178 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.859 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 139C$, теплоемкость $c_p = 1532.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 185 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 889 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.245 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 581 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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: длина 21.1 м, диаметр внешней трубы 90.7 мм, диаметр внутренней трубы 39.4 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 565 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 118C$, теплоемкость $c_p = 1467.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 168 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 1596 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.244 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_T = 851.485 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 35C$, теплоемкость $c_p = 1895 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 204 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 812 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.122 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 632.55 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 32C$ и расходом $G_x = 425.96 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $115.6 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1675 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 186 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1366 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.244 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 172C$, теплоемкость $c_p = 1465.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 174 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 904 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T =$

0.916МПа·с. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 568 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 19.0 м, диаметр внешней трубы 25.2 мм, диаметр внутренней трубы 14.6 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 541 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 278\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2051.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 159 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 833 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.956\text{МПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 24.745 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 35\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1447 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 153 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 607 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.555\text{МПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 17.68 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 24\text{C}$ и расходом $G_{х} = 1480.14 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 111.7 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1658 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 147 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 625 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.740\text{МПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 172\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1878.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 134 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 1418 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.278\text{МПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 497 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 22.5 м, диаметр внешней трубы 40.7 мм, диаметр внутренней трубы 22.5 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 352 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 220\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1961.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{г} = 174 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 766 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.200 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 81.875 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 24\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1939 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 217 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 979 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.152 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 93.95 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 35\text{C}$ и расходом $G_{х} = 563.60 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 97.4 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2275 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 205 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1229 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.267 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 191\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1872.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{г} = 223 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 1209 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.640 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 307 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 14

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 17.6 м, диаметр внешней трубы 66.2 мм, диаметр внутренней трубы 32.6 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 390 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во

внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 172C$, теплоемкость $c_p = 2203.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 222 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1433 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.301 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 1946.076 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 22C$, теплоемкость $c_p = 2282 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 148 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1004 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.997 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 2180.39 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 30C$ и расходом $G_x = 900.76 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $116.6 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1718 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 146 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 940 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.327 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 175C$, теплоемкость $c_p = 1553.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 198 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1216 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.716 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 397 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 15

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 27.0 м, диаметр внешней трубы 27.5 мм, диаметр внутренней трубы 18.5 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 421 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 134C$, теплоемкость $c_p = 2227.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 224 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1426 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.246 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 82.674 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 20C$, теплоемкость $c_p = 2076 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 145 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность

$\rho_x = 1482 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.453 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_x = 54.98 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 30\text{C}$ и расходом $G_x = 4.95 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 66.3C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1384 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_x = 146 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 1483 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.391 \text{мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 113\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1318.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 160 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 859 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.106 \text{мПа} \cdot \text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 318 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. 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 28.6 м, диаметр внешней трубы 44.3 мм, диаметр внутренней трубы 25.9 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 508 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 236\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1977.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 137 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 1591 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.408 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_\Gamma = 71.858 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 22\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1580 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_x = 142 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 1436 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.322 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_x = 73.89 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 22\text{C}$ и

расходом $G_x = 4.45 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 96.1 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1509 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 142 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 601 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.698 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 166\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1959.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 200 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 1037 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.231 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 613 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 17

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 78.7 мм, диаметр внутренней трубы 39.2 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 565 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 196\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2144.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 196 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 1247 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.327 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_\Gamma = 141.820 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 36\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2250 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 209 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1029 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.823 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 108.56 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 29\text{C}$ и расходом $G_x = 23.10 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 69.1 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2291 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 222 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 969 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.370 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 97\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1753.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 140 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 799 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.159 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника исполь-

зуется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 608 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 18

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 27.1 м, диаметр внешней трубы 29.7 мм, диаметр внутренней трубы 15.1 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 394 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 220\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1303.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 210 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 1549 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.499\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 924.515 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 28\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2252 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 153 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 714 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.746\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 774.25 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 38\text{C}$ и расходом $G_{х} = 322.37 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 139.1 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1954 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 151 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1111 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.757\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 213\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1957.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 140 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.129\text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 427 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 19

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном тепло-

обменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 24.9 м, диаметр внешней трубы 25.8 мм, диаметр внутренней трубы 17.6 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 527 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 147\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1528.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 153 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1519 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.105 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 5.583 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{х}} = 25\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1550 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 217 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 1498 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.791 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{х}} = 8.55 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{\text{х}} = 28\text{C}$ и расходом $G_{\text{х}} = 407.39 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 77.1 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2187 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 216 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 778 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.206 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 134\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2286.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 221 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 770 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.390 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 515 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 24.4 м, диаметр внешней трубы 24.1 мм, диаметр внутренней трубы 14.8 мм, толщина стенки 7 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

$T_{\Gamma} = 128C$, теплоемкость $c_p = 1500.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 151 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1217 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.409 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 326.306 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 34C$, теплоемкость $c_p = 1660 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 206 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 691 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.825 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 374.21 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 25C$ и расходом $G_x = 553.75 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $67.3 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1981 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 216 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1138 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.499 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 120C$, теплоемкость $c_p = 1806.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 187 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1287 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.274 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 5 мм , теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 615 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 21

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 23.6 м , диаметр внешней трубы 29.1 мм , диаметр внутренней трубы 14.0 мм , толщина стенки 5 мм , теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 358 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 262C$, теплоемкость $c_p = 1330.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 147 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 954 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.981 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 163.195 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 34C$, теплоемкость $c_p = 1786 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 205 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 799 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.571 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход

$G_x = 188.29 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 28\text{C}$ и расходом $G_x = 321.36 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 110.1C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2274 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 225 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 742 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.168 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 207\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2143.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 172 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 1395 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.363 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 341 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 14.0 м, диаметр внешней трубы 39.9 мм, диаметр внутренней трубы 20.9 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 407 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 138\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1943.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 148 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 1075 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.491 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_T = 452.873 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 36\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2267 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 174 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1460 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.529 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 405.55 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 27\text{C}$ и расходом $G_x = 117.75 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 60.6C свойства сырья:

теплоемкость $c_p = 1700 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 221 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1063 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.293 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 97\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1417.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 172 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_T = 1220 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.239 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 346 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 22.1 м, диаметр внешней трубы 46.1 мм, диаметр внутренней трубы 25.5 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 506 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 84\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2219.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 159 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_T = 755 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.108 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_T = 300.186 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 27\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1754 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 229 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 837 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.301 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 519.90 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 32\text{С}$ и расходом $G_x = 225.03 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 61.9 С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1824 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 210 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 649 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.528 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 93\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2190.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 148 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_T = 1029 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.060 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стен-

ки $\lambda_{ст} = 616 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ 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 21.0 м, диаметр внешней трубы 84.5 мм, диаметр внутренней трубы 38.3 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 514 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 237\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1746.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 206 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 866 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.934 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 1333.081 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 39\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1729 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{х} = 209 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1533 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.331 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 954.01 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 34\text{C}$ и расходом $G_{х} = 23.78 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 111.1 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2043 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{х} = 179 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 643 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.225 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 193\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2045.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 167 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1564 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.459 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 424 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 25

Поверочный расчет

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

вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 12.7 м, диаметр внешней трубы 46.0 мм, диаметр внутренней трубы 29.5 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 563 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 137\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2287.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 169 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1265 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.332 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 473.978 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 31\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1642 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{х} = 200 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 918 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.708 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 524.25 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 36\text{C}$ и расходом $G_{х} = 6.15 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 124.1 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2035 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{х} = 203 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 861 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.285 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 240\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1407.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 138 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1158 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.207 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 565 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 16.1 м, диаметр внешней трубы 42.6 мм, диаметр внутренней трубы 20.4 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 646 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 104\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1402.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 148 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность

$\rho_{\Gamma} = 1167 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.287 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 345.112 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 29\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1501 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{С}}$, $\lambda_x = 197 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 1163 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_x = 1.544 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_x = 592.60 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 39\text{С}$ и расходом $G_x = 41.39 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 125.8С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1483 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{С}}$, $\lambda_x = 180 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 1175 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_x = 1.552 \text{мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 238\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2007.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 152 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1042 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.531 \text{мПа} \cdot \text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 557 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. 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 12.8 м, диаметр внешней трубы 58.6 мм, диаметр внутренней трубы 25.9 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 521 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 162\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1719.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 223 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 760 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.535 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 30.520 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 27\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1584 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{С}}$, $\lambda_x = 159 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 1550 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_x = 0.278 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_x = 15.29 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоно-

сителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 38C$ и расходом $G_x = 1863.40 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $73.8 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1959 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 156 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 960 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.784 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 111C$, теплоемкость $c_p = 1639.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 217 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 1439 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.471 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 546 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 28

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 10.4 м, диаметр внешней трубы 58.3 мм, диаметр внутренней трубы 25.6 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 501 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 223C$, теплоемкость $c_p = 1971.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 193 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 1442 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.326 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_T = 104.227 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 30C$, теплоемкость $c_p = 1376 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 147 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 668 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.327 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 125.66 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 25C$ и расходом $G_x = 389.09 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $88.2 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1499 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 142 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 749 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$,

коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.427 \text{ мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 151 \text{ C}$, теплоемкость $c_p = 1825.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 198 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1499 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.264 \text{ мПа} \cdot \text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 381 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 29

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 10.8 м, диаметр внешней трубы 45.0 мм, диаметр внутренней трубы 27.0 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 377 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 181 \text{ C}$, теплоемкость $c_p = 2217.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 180 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1254 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.176 \text{ мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 51.433 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 21 \text{ C}$, теплоемкость $c_p = 2152 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_x = 220 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 1386 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.235 \text{ мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_x = 85.40 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 25 \text{ C}$ и расходом $G_x = 1541.04 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 81.2 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1625 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_x = 167 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 895 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.511 \text{ мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 155 \text{ C}$, теплоемкость $c_p = 1334.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 223 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1314 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.778 \text{ мПа} \cdot \text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 654 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Определить распределение температуры теплоно-

сителя 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 17.3 м, диаметр внешней трубы 66.5 мм, диаметр внутренней трубы 32.8 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 456 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 95\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1873.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 180 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 879 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.567 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 730.183 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 26\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1747 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 167 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1042 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.774 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 916.66 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_x = 39\text{C}$ и расходом $G_x = 213.63 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 86.9 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1989 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 153 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1053 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.967 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 144\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1983.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 132 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1311 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.078 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 673 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.