

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 23.8 м, диаметр внешней трубы 58.9 мм, диаметр внутренней трубы 38.0 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 487 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 95\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1467.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 172 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 817 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.640 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000045 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 222.484 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 32\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2042 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 150 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1312 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.936 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 339.29 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_{\text{X}} = 31\text{C}$ и расходом $G_{\text{X}} = 159.48 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 75.0 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1896 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 194 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1314 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.881 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 108.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 1751 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 134 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 926.842 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.415643 \text{k}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 533 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 22.9 м, диаметр внешней трубы 45.0 мм, диаметр внутренней трубы 29.8 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 585 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 168\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1601.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 155 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1184 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.546 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000096 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 1739.028 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{х}} = 21\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1640 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 180 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 798 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.836 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{х}} = 2922.00 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{\text{х}} = 31\text{C}$ и расходом $G_{\text{х}} = 271.17 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 66.6 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2251 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 150 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 1122 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.543 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 109.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 1753 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 160 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1248.320 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.767474 \text{k}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 624 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 3

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 21.5 м, диаметр внешней трубы 39.5 мм, диаметр внутренней трубы 17.2 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 585 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется

во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 155^{\circ}\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2017.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 178 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1291 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.287 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000039 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 307.471 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 27^{\circ}\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1729 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 205 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 801 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.973 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 366.49 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{\text{X}} = 22^{\circ}\text{C}$ и расходом $G_{\text{X}} = 83.69 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 106.7°C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1818 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 163 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1444 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.427 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0^{\circ}\text{C}$, теплоемкость $c_p = 181.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 2056 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 228 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 907.989 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.444828 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 421 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 17.8 м, диаметр внешней трубы 19.6 мм, диаметр внутренней трубы 10.4 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 372 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 147^{\circ}\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2024.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 198 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1573 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.237 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000045 \text{K}^{-1}$, расход

$G_{\Gamma} = 31.422 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 35\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1342 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 189 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1480 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.456 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 42.47 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 40\text{C}$ и расходом $G_x = 443.09 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 130.3C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1904 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 214 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1150 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.132 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 216.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 1748 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 229 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1056.160 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.253299\text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 694 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 16.2 м, диаметр внешней трубы 49.7 мм, диаметр внутренней трубы 29.3 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 401 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 155\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1313.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 160 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1197 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.859 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000077\text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 1353.420 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 36\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1678 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 208 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 935 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.529 \text{мПа}\cdot\text{с}$,

расход $G_x = 1896.32 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 33\text{C}$ и расходом $G_x = 148.11 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 120.8C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1489 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 149 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 621 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.219 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 195.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 1425 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 159 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 659.302 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.061094 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 526 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 6

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 25.3 м, диаметр внешней трубы 61.1 мм, диаметр внутренней трубы 33.3 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 324 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 256\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1820.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 149 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 1527 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.296 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000036 \text{K}^{-1}$, расход $G_T = 174.920 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 34\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1654 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 175 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1496 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.678 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 228.10 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в

трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 30C$ и расходом $G_x = 408.93 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $108.9 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1809 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 213 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1114 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.073 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 0C$, теплоемкость $c_p = 190.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 1790 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 152 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1330.845 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.365084 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 612 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 26.4 м, диаметр внешней трубы 30.7 мм, диаметр внутренней трубы 17.6 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 451 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 103C$, теплоемкость $c_p = 2152.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 132 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 944 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.697 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000055 \text{K}^{-1}$, расход $G_T = 254.736 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 25C$, теплоемкость $c_p = 1671 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 187 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1096 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.299 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 175.21 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. 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 $G_x = 376.13 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $87.8 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2067 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 142 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1473 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.191 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноси-

тель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0C$, теплоемкость $c_p = 142.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 1631 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 208 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1572.990 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.486543k^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 586 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 18.3 м, диаметр внешней трубы 68.3 мм, диаметр внутренней трубы 32.1 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 577 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 126C$, теплоемкость $c_p = 1784.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 154 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1553 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.412 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000045K^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 217.498 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 23C$, теплоемкость $c_p = 2054 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 135 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1599 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.418 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 290.85 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 40C$ и расходом $G_x = 28.27 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 99.9 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1735 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 138 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 910 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.345 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0C$, теплоемкость $c_p = 140.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 1447 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 144 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 851.366 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.382305k^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл

толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 677 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 16.8 м, диаметр внешней трубы 32.0 мм, диаметр внутренней трубы 14.6 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 444 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 271\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1892.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 171 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 871 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.806 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000098 \text{K}^{-1}$, расход $G_{г} = 633.647 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 39\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2166 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 208 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 854 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.982 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 1082.43 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 30\text{C}$ и расходом $G_{х} = 1720.83 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 117.2 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2201 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 204 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1537 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.686 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 188.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 2059 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 152 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1576.441 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.859323 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 395 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 26.1 м, диаметр внешней трубы 31.7 мм, диаметр внутренней трубы 16.8 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 427 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 141\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1988.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 147 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1304 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.085 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000031 \text{К}^{-1}$, расход $G_{г} = 332.204 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 24\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1616 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 213 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 728 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.018 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 221.75 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 21\text{С}$ и расходом $G_{х} = 217.28 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 83.4 С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1934 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 179 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 946 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.496 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 0\text{С}$, теплоемкость $c_p = 165.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 2015 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{г} = 173 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1187.428 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.557720 \text{к}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 473 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 17.8 м, диаметр внешней трубы 25.3 мм, диаметр внутренней трубы 13.1 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 475 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 192\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1679.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 211 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1496 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.271 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000021 \text{К}^{-1}$, расход $G_{г} = 800.776 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 27\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1674 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{х} = 186 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1519 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.479 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 491.21 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 39\text{С}$ и расходом $G_{х} = 46.03 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 75.4 С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1886 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 173 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 851 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.702 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 0\text{С}$, теплоемкость $c_p = 129.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 1960 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 228 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1194.926 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.624074 \text{к}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 572 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 24.9 м, диаметр внешней трубы 78.1 мм, диаметр внутренней трубы 39.8 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 421 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: темпе-

ратура $T_{\Gamma} = 261C$, теплоемкость $c_p = 1815.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 196 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 968 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.349 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000053K^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 2549.018 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\chi} = 32C$, теплоемкость $c_p = 1717 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{\chi} = 141 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\chi} = 1578 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.784 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\chi} = 1507.80 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_{\chi} = 37C$ и расходом $G_{\chi} = 54.93 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $115.0 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2109 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{\chi} = 168 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\chi} = 887 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.669 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0C$, теплоемкость $c_p = 175.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 2172 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 217 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 834.931 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.272370k^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 699 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 26.8 м, диаметр внешней трубы 45.3 мм, диаметр внутренней трубы 20.2 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 359 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 136C$, теплоемкость $c_p = 1706.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 198 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 654 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.049 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000009K^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 407.859 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в меж-

трубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 28C$, теплоемкость $c_p = 1758 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 148 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1370 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.635 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 466.01 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 35C$ и расходом $G_x = 314.76 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $91.2 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1465 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 208 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1128 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.426 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 0C$, теплоемкость $c_p = 139.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 2004 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 205 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 928.926 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.435473 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 635 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 24.5 м, диаметр внешней трубы 57.8 мм, диаметр внутренней трубы 26.6 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 389 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 197C$, теплоемкость $c_p = 1343.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 136 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 654 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.690 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000067 \text{K}^{-1}$, расход $G_\Gamma = 52.463 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 31C$, теплоемкость $c_p = 2216 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 134 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 957 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.196 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 30.33 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоноси-

теля по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 34C$ и расходом $G_x = 19.23 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $85.6 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2196 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 220 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1159 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.117 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 0C$, теплоемкость $c_p = 130.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 1918 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_T = 227 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1100.783 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.509743 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 578 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 13.1 м, диаметр внешней трубы 85.7 мм, диаметр внутренней трубы 37.9 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 699 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 87C$, теплоемкость $c_p = 1979.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 187 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_T = 912 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.210 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000022 \text{K}^{-1}$, расход $G_T = 721.644 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 37C$, теплоемкость $c_p = 1824 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 172 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 899 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.519 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 960.95 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 37C$ и

расходом $G_x = 131.41 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 117.4 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1944 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 203 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1415 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.192 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 206.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 1528 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 157 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 716.983 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.740672 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 554 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 16

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 70.3 мм, диаметр внутренней трубы 36.3 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 636 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 245\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2135.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 207 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 1194 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.101 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000058 \text{K}^{-1}$, расход $G_\Gamma = 75.350 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 24\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1912 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 153 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1030 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.282 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 46.44 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. 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 $G_x = 392.51 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 166.4 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2162 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 203 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 987 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.739 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 263.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$

$\lambda_{\Gamma} = 1800 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 194 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1518.270 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.999850 \text{к}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 488 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообенника.

ВАРИАНТ 17

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 11.4 м, диаметр внешней трубы 50.3 мм, диаметр внутренней трубы 33.1 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 545 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 249\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2102.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 147 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1229 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.670 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000014 \text{К}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 92.624 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 24\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2101 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 195 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 683 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.767 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 55.99 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообенника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 28\text{С}$ и расходом $G_x = 215.47 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 138.2 С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2038 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 149 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1194 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.582 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0\text{С}$, теплоемкость $c_p = 235.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 1843 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 228 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1104.832 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.199622 \text{к}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 638 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$.

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 26.0 м, диаметр внешней трубы 59.0 мм, диаметр внутренней трубы 34.4 мм, толщина стенки 4 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 $T_{г} = 225\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1393.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 173 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 1005 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.871 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000058 \text{K}^{-1}$, расход $G_{г} = 1481.910 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 30\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2202 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 135 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 798 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.513 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 1169.98 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 30\text{C}$ и расходом $G_{х} = 97.33 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 85.8 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2278 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 154 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1147 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.574 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 161.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 1382 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 179 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 620.142 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.864163 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 636 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 20.7 м, диаметр внешней трубы 61.9 мм, диаметр внутренней трубы 33.5 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 494 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 249\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2087.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{г} = 211 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 988 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.761\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000033\text{K}^{-1}$, расход $G_{г} = 1502.040 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 40\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1664 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 164 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1156 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.619\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 1156.05 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 25\text{C}$ и расходом $G_{х} = 100.32 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 167.2 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1951 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 165 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1425 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.049\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 268.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{г} = 1479 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 203 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 641.773\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.144335\text{k}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 409 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 19.8 м, диаметр внешней трубы 73.6 мм, диаметр внутренней

трубы 39.6 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 597 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 210\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2038.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 195 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 751 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.420 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000066 \text{К}^{-1}$, расход $G_{г} = 114.145 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 27\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1588 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 199 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1389 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.796 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 202.63 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_{х} = 31\text{С}$ и расходом $G_{х} = 538.69 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 131.9С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2183 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 197 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1087 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.407 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 0\text{С}$, теплоемкость $c_p = 262.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 1490 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{г} = 149 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 646.880 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.187910 \text{к}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 442 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 18.4 м, диаметр внешней трубы 40.4 мм, диаметр внутренней трубы 26.2 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 444 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 251\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1951.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 140 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плот-

ность $\rho_{\Gamma} = 1235 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.198 \text{мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000070 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 82.972 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{х}} = 38\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1350 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 223 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 1359 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.454 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_{\text{х}} = 107.03 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_{\text{х}} = 30\text{C}$ и расходом $G_{\text{х}} = 21.84 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 152.4C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2097 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 160 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 1351 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.638 \text{мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 249.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 1874 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 172 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 779.568 \text{мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.792260 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 481 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 22

Проверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 17.6 м, диаметр внешней трубы 43.8 мм, диаметр внутренней трубы 30.7 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 347 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 222\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1587.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 162 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 717 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.029 \text{мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000094 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 117.892 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: темпера-

тура $T_x = 36C$, теплоемкость $c_p = 2254 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 188 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 615 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.263 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 181.45 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 39C$ и расходом $G_x = 3301.45 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $104.1 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1786 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 202 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 674 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.362 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 0C$, теплоемкость $c_p = 186.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 1829 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 132 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 680.534 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.377332 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 3мм , теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 619 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 20.2 м , диаметр внешней трубы 58.7 мм , диаметр внутренней трубы 31.5 мм , толщина стенки 3 мм , теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 492 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 277C$, теплоемкость $c_p = 2168.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 171 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 995 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.182 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000026 \text{K}^{-1}$, расход $G_\Gamma = 65.203 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 35C$, теплоемкость $c_p = 1925 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 131 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1196 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.539 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 95.32 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 33C$ и расходом $G_x = 790.00 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $85.6 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2123 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 174 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1211 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.917 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 0C$, теплоемкость $c_p = 161.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 1339 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 195 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1252.101 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.935959 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 532 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 13.1 м, диаметр внешней трубы 71.6 мм, диаметр внутренней трубы 36.0 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 666 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 176C$, теплоемкость $c_p = 1666.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 184 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 1261 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.677 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000001 \text{K}^{-1}$, расход $G_T = 296.955 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 30C$, теплоемкость $c_p = 1695 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 173 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1270 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.212 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 519.59 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. 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 $G_x = 1002.06 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $90.6 C$ свойства сырья:

теплоемкость $c_p = 1464 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 217 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1102 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.423 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 144.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 1836 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 143 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1193.283 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.550470 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 538 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 10.3 м, диаметр внешней трубы 38.7 мм, диаметр внутренней трубы 17.3 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 443 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 225\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2280.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 221 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 885 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.751 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000071 \text{K}^{-1}$, расход $G_T = 44.765 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 36\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1595 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 226 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 892 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.590 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 67.72 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырь с исходной температурой $T_x = 22\text{C}$ и расходом $G_x = 370.15 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 94.8 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1810 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 176 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 691 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.767 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 167.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 2264 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 217 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T =$

831.365МПа·с, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.150404k^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 555 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 21.0 м, диаметр внешней трубы 18.7 мм, диаметр внутренней трубы 10.3 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 337 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 229\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2295.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 150 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1325 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.963\text{МПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000070\text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 482.205 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 33\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1747 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 172 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1459 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.106\text{МПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 542.14 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_{\text{X}} = 31\text{C}$ и расходом $G_{\text{X}} = 39.58 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 121.2 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2271 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 200 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1525 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.297\text{МПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 232.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 2295 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 131 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1092.398\text{МПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.597268k^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 344 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 29.2 м, диаметр внешней трубы 72.6 мм, диаметр внутренней трубы 30.7 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 522 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 83\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1669.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 171 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 966 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.369 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000080 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 546.243 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 23\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2062 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 205 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 776 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.246 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 682.11 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_{\text{X}} = 31\text{C}$ и расходом $G_{\text{X}} = 17.49 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 136.7 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2062 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 189 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 877 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.767 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 262.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 1510 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 180 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1060.794 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.506980 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 486 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 18.9 м, диаметр внешней трубы 45.5 мм, диаметр внутренней трубы 19.5 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 517 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 278\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1416.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 226 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1352 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.976 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000016 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 50.132 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 35\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2167 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 134 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 695 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.562 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 90.08 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{\text{X}} = 24\text{C}$ и расходом $G_{\text{X}} = 553.11 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 72.0C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2050 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 149 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 693 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.859 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 114.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 2217 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 191 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1377.773 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.954353 \text{k}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 627 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 26.5 м, диаметр внешней трубы 82.6 мм, диаметр внутренней трубы 34.4 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность мате-

риала стенки $\lambda_{ст} = 700 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 266\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2273.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 173 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1474 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.047\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000039\text{K}^{-1}$, расход $G_{г} = 1495.202 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 40\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1553 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{х} = 226 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1282 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.303\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 1674.71 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 34\text{C}$ и расходом $G_{х} = 97.36 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 89.2C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1919 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{х} = 201 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1457 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.210\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 0\text{C}$, теплоемкость $c_p = 139.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 1823 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 226 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1500.135\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.483574\text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 383 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 16.4 м, диаметр внешней трубы 48.6 мм, диаметр внутренней трубы 24.7 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 431 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 135\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2058.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 225 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1422 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.039\text{мПа}\cdot\text{с}$,

коэффициент термического расширения $\beta = 0.000098K^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 1353.351 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 30C$, теплоемкость $c_p = 2170 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 221 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1518 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.162 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 1856.89 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 34C$ и расходом $G_x = 22.63 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $106.0 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1765 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 214 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 915 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.274 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 0C$, теплоемкость $c_p = 165.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 2149 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 154 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1288.361 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 1.593242k^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 420 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.