

Лабораторная работа моделирование тепло-массообменных 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 26.9 м, диаметр внешней трубы 56.1 мм, диаметр внутренней трубы 26.4 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 604 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 221\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1945.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 151 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 657 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.571 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000084 \text{K}^{-1}$, расход $G_{г} = 2248.084 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 24\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1779 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 150 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 801 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.552 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 1453.68 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 26\text{C}$ и расходом $G_{х} = 119.33 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 126.0 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1969 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 174 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1327 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.204 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 212\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1603.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 219 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 1051 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.507 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000028 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 609 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 2

Поверочный расчет

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

вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 26.3 м, диаметр внешней трубы 59.1 мм, диаметр внутренней трубы 39.1 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 330 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 197\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1839.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 225 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1027 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.336\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000003\text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 203.930 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 24\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1525 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 206 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 705 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.586\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 177.93 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_{\text{X}} = 36\text{C}$ и расходом $G_{\text{X}} = 89.72 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 121.5 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1385 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 146 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 617 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.341\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 205\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1637.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 196 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 901 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.338\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000075\text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 586 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 21.8 м, диаметр внешней трубы 28.2 мм, диаметр внутренней трубы 16.2 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 486 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется

во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 160\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1922.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 196 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 812 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.229\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000057\text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 9.858 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 30\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1564 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 185 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1329 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.135\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 8.43 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{\text{X}} = 37\text{C}$ и расходом $G_{\text{X}} = 190.32 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 103.2C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1501 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 154 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 921 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.457\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 167\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1661.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 195 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1446 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.437\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000045\text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 604 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 4

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 20.2 м, диаметр внешней трубы 46.9 мм, диаметр внутренней трубы 21.6 мм, толщина стенки 2 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 $T_{\Gamma} = 204\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2110.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 218 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 979 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.279\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000091\text{K}^{-1}$, расход

$G_{\Gamma} = 12.089 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 38\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1721 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 201 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1401 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.258 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 16.64 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 36\text{C}$ и расходом $G_x = 973.37 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 126.3C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1331 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 137 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1567 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.420 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 207\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2172.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 160 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 937 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.329 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000026 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 572 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 5

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 27.6 м, диаметр внешней трубы 81.9 мм, диаметр внутренней трубы 39.3 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 310 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 246\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1329.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 163 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 873 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.276 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000056 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 120.927 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 38\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2023 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 153 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1024 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.327 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход

$G_x = 143.30 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 30\text{C}$ и расходом $G_x = 1436.01 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 76.6C сырья: теплоемкость $c_p = 2003 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 209 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 622 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 1.580 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_r = 118\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1831.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_r = 137 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_r = 657 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 1.520 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000089 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 628 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 21.2 м, диаметр внешней трубы 25.1 мм, диаметр внутренней трубы 16.5 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 303 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_r = 140\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1553.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_r = 194 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_r = 1547 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 0.542 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000021 \text{K}^{-1}$, расход $G_r = 351.103 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 26\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1916 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 180 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1588 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 1.206 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 570.79 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. 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 $G_x = 485.10 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $106.0 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2047 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot C}$, $\lambda_x = 197 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot K}$, плотность $\rho_x = 1282 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.272 \text{мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 159C$, теплоемкость $c_p = 1569.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot K}$, $\lambda_\Gamma = 219 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot C}$, плотность $\rho_\Gamma = 1589 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.832 \text{мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000058 K^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 333 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot K}$. 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 40.4 мм, диаметр внутренней трубы 17.2 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 410 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot K}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 98C$, теплоемкость $c_p = 1969.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot K}$, $\lambda_\Gamma = 204 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot C}$, плотность $\rho_\Gamma = 712 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.055 \text{мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000073 K^{-1}$, расход $G_\Gamma = 706.134 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 40C$, теплоемкость $c_p = 1590 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot C}$, $\lambda_x = 204 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot K}$, плотность $\rho_x = 1010 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.566 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_x = 694.58 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 37C$ и расходом $G_x = 540.93 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $148.6 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2289 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot C}$, $\lambda_x = 166 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot K}$, плотность $\rho_x = 1581 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.400 \text{мПа} \cdot \text{с}$. Горя-

чий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 240\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1679.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 141 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1073 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.924\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000024\text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 420 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 17.3 м, диаметр внешней трубы 32.5 мм, диаметр внутренней трубы 19.6 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 700 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 133\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1611.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 179 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1588 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.329\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000034\text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 549.057 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{х}} = 26\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1451 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 147 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 605 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.764\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{х}} = 923.96 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_{\text{х}} = 29\text{C}$ и расходом $G_{\text{х}} = 72.57 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 141.2 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1592 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 227 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 1326 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.675\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 238\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1369.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 203 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1240 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.230\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000069\text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника

используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 464 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 12.0 м, диаметр внешней трубы 51.4 мм, диаметр внутренней трубы 36.3 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 528 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 209\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1616.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 183 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{г} = 1187 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.384 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000038 \text{К}^{-1}$, расход $G_{г} = 694.784 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 28\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2262 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 210 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1408 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.120 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 936.10 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 24\text{С}$ и расходом $G_{х} = 164.73 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 58.6 С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2233 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 194 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1273 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.381 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 83\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2149.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 221 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{г} = 965 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.660 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000005 \text{К}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 365 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 27.9 м, диаметр внешней трубы 50.9 мм, диаметр внутренней трубы 21.5 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 387 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 146\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2278.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 183 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 686 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.980 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000072 \text{К}^{-1}$, расход $G_{г} = 37.605 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 21\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2242 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 203 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 831 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.919 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 51.03 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_{х} = 36\text{С}$ и расходом $G_{х} = 163.17 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 126.3 С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2295 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 194 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1114 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.321 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 220\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2183.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 141 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{г} = 1083 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.605 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000074 \text{К}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 376 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 11

Поверочный расчет

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

на 29.3 м, диаметр внешней трубы 42.8 мм, диаметр внутренней трубы 26.1 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 369 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 90\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1570.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 216 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1019 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.514 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000015 \text{K}^{-1}$, расход $G_{г} = 84.052 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 38\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1502 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 169 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 856 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.943 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 73.75 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 30\text{C}$ и расходом $G_{х} = 85.00 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 108.4 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2176 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 150 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1231 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.968 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 162\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1410.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 165 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1150 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.292 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000011 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 501 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 15.2 м, диаметр внешней трубы 36.5 мм, диаметр внутренней трубы 24.4 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: темпера-

тура $T_{\Gamma} = 142C$, теплоемкость $c_p = 1404.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 170 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1100 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.512 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000035 K^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 52.287 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 36C$, теплоемкость $c_p = 1593 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 168 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 704 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.148 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 54.96 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_x = 29C$ и расходом $G_x = 404.86 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $93.5 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2083 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 187 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 839 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.415 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 158C$, теплоемкость $c_p = 1302.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 212 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 670 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.196 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000061 K^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 626 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 13

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 17.5 м, диаметр внешней трубы 39.2 мм, диаметр внутренней трубы 20.0 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 376 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 211C$, теплоемкость $c_p = 2297.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 137 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1104 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.975 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000056 K^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 258.761 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в меж-

трубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 25C$, теплоемкость $c_p = 2147 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 213 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 870 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.149 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 346.50 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 28C$ и расходом $G_x = 41.67 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $135.2 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2057 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 215 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1022 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.052 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 263C$, теплоемкость $c_p = 1618.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 152 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 1343 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.972 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000037 K^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 507 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 13.7 м, диаметр внешней трубы 35.7 мм, диаметр внутренней трубы 16.9 мм, толщина стенки 7 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 $T_\Gamma = 116C$, теплоемкость $c_p = 2086.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 185 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 753 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.365 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000040 K^{-1}$, расход $G_\Gamma = 314.253 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 33C$, теплоемкость $c_p = 1667 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 229 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1235 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.187 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 204.10 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоно-

сителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 22C$ и расходом $G_x = 553.12 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $119.9 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1764 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot C}$, $\lambda_x = 185 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot C}$, плотность $\rho_x = 1183 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\tau = 1.117 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\tau = 226C$, теплоемкость $c_p = 1899.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot C}$, $\lambda_\tau = 198 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot C}$, плотность $\rho_\tau = 1307 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\tau = 1.036 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000074 K^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 596 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot C}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 15

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 14.7 м, диаметр внешней трубы 29.0 мм, диаметр внутренней трубы 12.5 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 540 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot C}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\tau = 226C$, теплоемкость $c_p = 1897.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot C}$, $\lambda_\tau = 152 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot C}$, плотность $\rho_\tau = 946 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\tau = 0.473 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000012 K^{-1}$, расход $G_\tau = 20.125 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 37C$, теплоемкость $c_p = 2161 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot C}$, $\lambda_x = 204 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot C}$, плотность $\rho_x = 906 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\tau = 1.568 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 32.85 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. 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 $G_x = 853.47 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 99.7 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2075 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_x = 202 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 794 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 0.459 \text{мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_r = 153 \text{C}$, теплоемкость $c_p = 1595.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_r = 166 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_r = 992 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 1.531 \text{мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000030 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 536 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. 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 27.8 м, диаметр внешней трубы 53.3 мм, диаметр внутренней трубы 36.3 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 654 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_r = 84 \text{C}$, теплоемкость $c_p = 1926.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_r = 207 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_r = 650 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 1.555 \text{мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000078 \text{K}^{-1}$, расход $G_r = 113.740 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 33 \text{C}$, теплоемкость $c_p = 2071 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_x = 159 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 1290 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 0.422 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_x = 129.02 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_x = 32 \text{C}$ и расходом $G_x = 1211.73 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 88.6 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2256 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_x = 209 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 1572 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 1.215 \text{мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_r = 133 \text{C}$, теплоемкость $c_p =$

$2177.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$ $\lambda_{\Gamma} = 193 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 924 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.395 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000060 \text{К}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 350 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 17

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 29.8 м, диаметр внешней трубы 42.5 мм, диаметр внутренней трубы 23.4 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 353 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 153\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1396.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$ $\lambda_{\Gamma} = 186 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1271 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.337 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000011 \text{К}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 167.449 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 36\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1685 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 201 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1149 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.829 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 144.83 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_x = 20\text{С}$ и расходом $G_x = 389.19 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 69.7С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2234 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 201 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 739 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.228 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 119\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1665.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$ $\lambda_{\Gamma} = 154 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1312 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.768 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000059 \text{К}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала

ла стенки $\lambda_{ст} = 452 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 18

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 20.3 м, диаметр внешней трубы 18.9 мм, диаметр внутренней трубы 12.7 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 600 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 246\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1367.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 185 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1533 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.371\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000087\text{К}^{-1}$, расход $G_{г} = 51.472 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 38\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1427 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 171 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1207 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.039\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 84.83 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 23\text{С}$ и расходом $G_{х} = 29.80 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 154.7 С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2287 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 230 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1314 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.798\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 249\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1877.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 220 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1104 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.043\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000079\text{К}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 682 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 13.7 м, диаметр внешней трубы 70.1 мм, диаметр внутренней трубы 31.6 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 380 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 98\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2117.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 165 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 987 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.677 \text{мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000094 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 269.877 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 32\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1458 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_x = 228 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 1457 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.476 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_x = 244.71 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_x = 27\text{C}$ и расходом $G_x = 690.32 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 141.5 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1495 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_x = 187 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 1556 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.355 \text{мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 257\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1434.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 159 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 678 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.501 \text{мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000080 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 332 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 20

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 13.1 м, диаметр внешней трубы 45.9 мм, диаметр внутренней

трубы 26.6 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 408 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 116\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2096.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 217 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1514 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.542\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000054\text{K}^{-1}$, расход $G_{г} = 119.256 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 27\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1843 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 195 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1033 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.727\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 124.15 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_{х} = 34\text{C}$ и расходом $G_{х} = 1017.81 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 99.6 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2019 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 138 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1422 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.773\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 189\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1342.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 185 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1135 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.518\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000064\text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 447 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 21.1 м, диаметр внешней трубы 50.2 мм, диаметр внутренней трубы 23.2 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 604 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 154\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1427.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 183 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плот-

ность $\rho_{\Gamma} = 1458 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.173 \text{мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000058 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 12.929 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{х}} = 23\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2090 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 143 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 1333 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.218 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_{\text{х}} = 21.81 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{\text{х}} = 25\text{C}$ и расходом $G_{\text{х}} = 1304.47 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 120.7C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1707 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 168 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 1432 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.205 \text{мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 205\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1737.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 208 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1185 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.129 \text{мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000036 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 349 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 22

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 20.4 м, диаметр внешней трубы 42.0 мм, диаметр внутренней трубы 25.2 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 454 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 269\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2293.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 150 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 660 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.511 \text{мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000015 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 450.726 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: темпера-

тура $T_x = 26C$, теплоемкость $c_p = 1633 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 199 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 619 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.375 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 261.84 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_x = 38C$ и расходом $G_x = 562.54 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $78.9 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1304 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 139 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1245 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.394 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 115C$, теплоемкость $c_p = 1912.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 210 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 1504 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.316 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000061 K^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 411 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 13.1 м, диаметр внешней трубы 48.3 мм, диаметр внутренней трубы 22.5 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 436 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 215C$, теплоемкость $c_p = 1519.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 156 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 1016 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.171 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000027 K^{-1}$, расход $G_T = 74.135 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 40C$, теплоемкость $c_p = 1713 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 140 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 624 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.429 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 95.33 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 21C$ и расходом $G_x = 10.57 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $77.3 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1802 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot C}$, $\lambda_x = 191 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot K}$, плотность $\rho_x = 699 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 1.583 \text{мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_r = 147C$, теплоемкость $c_p = 1881.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot K}$, $\lambda_r = 147 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot C}$, плотность $\rho_r = 1270 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 0.204 \text{мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000049 K^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 539 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot K}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 24

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 16.2 м, диаметр внешней трубы 50.3 мм, диаметр внутренней трубы 21.2 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 417 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot K}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_r = 121C$, теплоемкость $c_p = 1308.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot K}$, $\lambda_r = 211 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot C}$, плотность $\rho_r = 874 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 0.185 \text{мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000018 K^{-1}$, расход $G_r = 232.154 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 30C$, теплоемкость $c_p = 1326 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot C}$, $\lambda_x = 147 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot K}$, плотность $\rho_x = 886 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 0.533 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_x = 230.04 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 31C$ и расходом $G_x = 27.14 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $96.9 C$ свойства сы-

рья: теплоемкость $c_p = 1698 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 142 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 757 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.112 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 164\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2007.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 158 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_\Gamma = 903 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.375 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000049 \text{К}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 620 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 14.1 м, диаметр внешней трубы 32.1 мм, диаметр внутренней трубы 14.8 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 623 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 233\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1347.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 173 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_\Gamma = 933 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.001 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000022 \text{К}^{-1}$, расход $G_\Gamma = 53.267 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 25\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1702 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 228 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 835 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.913 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 62.83 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_x = 23\text{С}$ и расходом $G_x = 85.73 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 68.6 С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2145 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 207 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1473 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.343 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 102\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1632.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 169 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_\Gamma = 1400 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент

вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.788 \text{ мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000010 \text{ К}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 636 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. 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 22.2 м, диаметр внешней трубы 57.4 мм, диаметр внутренней трубы 28.7 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 441 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 161 \text{ C}$, теплоемкость $c_p = 2273.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 175 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 991 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.308 \text{ мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000045 \text{ К}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 340.358 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 39 \text{ C}$, теплоемкость $c_p = 2177 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 200 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1350 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.206 \text{ мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 553.71 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_{\text{X}} = 25 \text{ C}$ и расходом $G_{\text{X}} = 34.27 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 97.0 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1522 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 214 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 684 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.166 \text{ мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 172 \text{ C}$, теплоемкость $c_p = 1528.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 155 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1287 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.454 \text{ мПа} \cdot \text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000000 \text{ К}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 646 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. 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 20.8 м, диаметр внешней трубы 56.0 мм, диаметр внутренней трубы 27.3 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 678 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 193\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2081.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 144 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1510 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.403\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000077\text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 166.022 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{х}} = 23\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1761 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 221 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 967 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.967\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{х}} = 179.95 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_{\text{х}} = 35\text{C}$ и расходом $G_{\text{х}} = 176.15 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 68.4 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2092 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 157 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 1141 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.253\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 110\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1839.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 150 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1347 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.391\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000043\text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 356 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 28

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном тепло-

обменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 21.6 м, диаметр внешней трубы 58.5 мм, диаметр внутренней трубы 29.8 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 595 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 286\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1541.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 162 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1506 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.416\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000014\text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 218.706 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 36\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1953 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 182 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1052 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\text{X}} = 0.847\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 167.07 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_{\text{X}} = 23\text{C}$ и расходом $G_{\text{X}} = 53.86 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 131.0 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2056 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 193 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1559 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.761\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 255\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1828.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 178 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1212 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.296\text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000069\text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 665 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 19.1 м, диаметр внешней трубы 29.7 мм, диаметр внутренней трубы 17.0 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность матери-

ала стенки $\lambda_{ст} = 480 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 106\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1423.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 166 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 939 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.349 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент термического расширения $\beta = 0.000097 \text{K}^{-1}$, расход $G_{\Gamma} = 232.430 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{х}} = 36\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2156 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 180 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 892 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.278 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{х}} = 298.63 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{\text{х}} = 32\text{C}$ и расходом $G_{\text{х}} = 98.05 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 121.2 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2243 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 159 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 1143 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.194 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 253\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1657.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 180 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 646 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.946 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000087 \text{K}^{-1}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 561 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 30

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 25.1 м, диаметр внешней трубы 51.2 мм, диаметр внутренней трубы 30.4 мм, толщина стенки 3 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 $T_{\Gamma} = 106\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2143.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 166 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 878 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.749 \text{мПа}\cdot\text{с}$, ко-

эффицент термического расширения $\beta = 0.000078K^{-1}$, расход $G_r = 492.338 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 37C$, теплоемкость $c_p = 2028 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot C}$, $\lambda_x = 229 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot K}$, плотность $\rho_x = 639 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 0.595 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 728.28 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточный теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_x = 29C$ и расходом $G_x = 776.57 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $139.4 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1834 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot C}$, $\lambda_x = 140 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot K}$, плотность $\rho_x = 991 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 0.188 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_r = 226C$, теплоемкость $c_p = 1321.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot K}$, $\lambda_r = 174 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot C}$, плотность $\rho_r = 880 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 0.445 \text{мПа}\cdot\text{с}$, коэффициент теплового расширения $\beta = 0.000086K^{-1}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 504 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot K}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.