

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 21.0 м, диаметр внешней трубы 49.0 мм, диаметр внутренней трубы 25.9 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 696 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 192\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1830.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 156 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 704 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.931 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 468.040 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 38\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1654 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 211 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 726 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.579 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 623.28 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 35\text{C}$ и расходом $G_{х} = 58.46 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 106.6 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2224 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 141 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1470 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.488 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 197\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1827.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 145 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 1115 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.816 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 642 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 14.3 м, диаметр внешней трубы 25.0 мм, диаметр внутренней

трубы 16.7 мм, толщина стенки 3 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 $T_{г} = 259\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1737.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 146 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 1196 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.259\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 353.188 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 34\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1879 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 204 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1331 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.560\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 403.47 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 36\text{C}$ и расходом $G_{х} = 408.12 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 135.9 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2068 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 144 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1064 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.287\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 261\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1412.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 227 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 1390 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.476\text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 487 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 3

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 26.2 м, диаметр внешней трубы 71.9 мм, диаметр внутренней трубы 38.7 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 691 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 103\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1991.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 193 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 766 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.113\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 163.288 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в меж-

трубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 39C$, теплоемкость $c_p = 1799 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 144 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1136 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.727 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 272.61 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 26C$ и расходом $G_x = 511.15 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $112.3 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1350 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 204 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 865 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.260 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 194C$, теплоемкость $c_p = 1792.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 172 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 1151 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.707 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 306 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 27.0 м, диаметр внешней трубы 22.2 мм, диаметр внутренней трубы 10.0 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 459 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 97C$, теплоемкость $c_p = 1600.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 132 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 622 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.578 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_\Gamma = 58.069 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 30C$, теплоемкость $c_p = 1654 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 154 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1141 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.756 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 74.97 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 36C$ и расходом $G_x = 234.51 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $73.8 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1645 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 156 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 984 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.220 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 123C$, теплоемкость $c_p = 1885.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 132 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_\Gamma = 671 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.306 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 326 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 22.0 м, диаметр внешней трубы 29.6 мм, диаметр внутренней трубы 12.7 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 447 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 103C$, теплоемкость $c_p = 1893.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 208 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_\Gamma = 1510 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.531 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_\Gamma = 61.178 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 29C$, теплоемкость $c_p = 1962 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 192 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 745 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.460 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 62.83 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 28C$ и расходом $G_x = 1587.75 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $62.7 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2058 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 218 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 970 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.817 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 90C$, теплоемкость $c_p = 1852.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$

$\lambda_{\Gamma} = 137 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1492 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.281 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 503 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 6

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 13.4 м, диаметр внешней трубы 36.0 мм, диаметр внутренней трубы 18.5 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 420 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 221\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1432.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 167 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1309 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.358 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 303.471 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 20\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2221 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 160 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1027 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.308 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 434.71 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 21\text{С}$ и расходом $G_x = 78.49 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 121.5 С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1929 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 143 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1509 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.398 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 192\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2107.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 227 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1127 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.160 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 629 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 7

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 18.6 м, диаметр внешней трубы 46.8 мм, диаметр внутренней трубы 27.5 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 560 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 197\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1702.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 214 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1163 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.490 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 139.064 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 24\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2007 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 143 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 996 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.409 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 183.65 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 35\text{C}$ и расходом $G_x = 47.71 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 119.9 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1935 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 197 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1267 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.324 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 179\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1627.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 175 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1524 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.368 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 681 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 8

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 10.6 м, диаметр внешней трубы 73.5 мм, диаметр внутренней трубы 32.8 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность матери-

ала стенки $\lambda_{ст} = 356 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 165\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1832.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 192 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 987 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.864 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 424.728 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 27\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1391 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\text{X}} = 131 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1338 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\text{X}} = 0.582 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 594.09 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{\text{X}} = 27\text{C}$ и расходом $G_{\text{X}} = 834.32 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 99.7C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2016 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\text{X}} = 187 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 764 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\text{X}} = 0.372 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 170\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2132.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 205 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1494 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.398 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 537 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 9

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 21.8 м, диаметр внешней трубы 44.8 мм, диаметр внутренней трубы 28.0 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 671 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 269\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2007.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 156 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1524 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.518 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 894.827 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температу-

ра $T_x = 30C$, теплоемкость $c_p = 1931 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 151 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1497 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.002 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 1283.98 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 22C$ и расходом $G_x = 1139.62 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $110.9 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1545 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 184 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1349 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.462 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 216C$, теплоемкость $c_p = 1340.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 158 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 1583 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.068 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 352 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 21.6 м, диаметр внешней трубы 73.8 мм, диаметр внутренней трубы 32.4 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 472 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 267C$, теплоемкость $c_p = 2098.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 210 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 720 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.030 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_\Gamma = 108.483 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 20C$, теплоемкость $c_p = 2247 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 132 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1145 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.955 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 56.00 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в тру-

бе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 29C$ и расходом $G_x = 1303.10 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $87.5 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2212 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 178 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1128 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.219 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 141C$, теплоемкость $c_p = 2139.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 155 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 1507 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.550 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 568 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообенника.

ВАРИАНТ 11

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 21.7 м, диаметр внешней трубы 85.9 мм, диаметр внутренней трубы 36.5 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 385 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 140C$, теплоемкость $c_p = 1765.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 213 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 1323 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.476 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_T = 154.831 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 32C$, теплоемкость $c_p = 1938 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 194 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 630 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.717 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 108.42 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 33C$ и расходом $G_x = 178.73 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $122.6 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2045 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 196 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 697 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.556 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 195C$, теплоемкость $c_p = 1850.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 147 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 1131 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T =$

0.470МПа·с. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 398 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ 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 27.9 м, диаметр внешней трубы 17.6 мм, диаметр внутренней трубы 12.1 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 340 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 271\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1672.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$ $\lambda_{г} = 206 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{г} = 1592 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.692\text{МПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 16.833 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 23\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2038 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 134 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1258 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.326\text{МПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 18.41 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 25\text{С}$ и расходом $G_{х} = 1000.48 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 142.5 С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1798 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 188 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 606 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.916\text{МПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 240\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1517.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$ $\lambda_{г} = 225 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{г} = 951 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.329\text{МПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 476 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ 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 16.1 м, диаметр внешней трубы 51.7 мм, диаметр внутренней трубы 28.1 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 546 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 246\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1805.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\Gamma} = 153 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 646 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.242 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 247.886 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 30\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2166 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 157 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 616 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\text{X}} = 1.493 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 204.80 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{\text{X}} = 31\text{C}$ и расходом $G_{\text{X}} = 627.92 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 60.5 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2098 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 196 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 867 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.984 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 82\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1739.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\Gamma} = 139 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 883 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.819 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 402 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 10.5 м, диаметр внешней трубы 30.0 мм, диаметр внутренней трубы 17.8 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 518 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во

внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 264C$, теплоемкость $c_p = 1552.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 208 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1056 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.323 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 110.560 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 30C$, теплоемкость $c_p = 2125 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 179 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1149 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.571 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 154.33 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 36C$ и расходом $G_x = 1624.24 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $105.1 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2203 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 137 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 753 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.476 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 171C$, теплоемкость $c_p = 1595.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 147 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 950 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.997 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 308 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 15

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 19.1 м, диаметр внешней трубы 43.9 мм, диаметр внутренней трубы 19.8 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 552 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 230C$, теплоемкость $c_p = 2172.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 175 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 746 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.538 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 16.972 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 23C$, теплоемкость $c_p = 1438 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 132 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плот-

ность $\rho_x = 975 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.533 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_x = 12.33 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 31\text{С}$ и расходом $G_x = 91.56 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 123.0С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1542 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{С}}$, $\lambda_x = 142 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 1374 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.107 \text{мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 242\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2139.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 137 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{С}}$, плотность $\rho_\Gamma = 991 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.115 \text{мПа} \cdot \text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 467 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 16

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 28.6 м, диаметр внешней трубы 50.8 мм, диаметр внутренней трубы 35.5 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 436 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 158\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1981.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 213 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{С}}$, плотность $\rho_\Gamma = 1526 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.258 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_\Gamma = 17.010 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 32\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1379 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{С}}$, $\lambda_x = 167 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 683 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.256 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_x = 10.27 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 38\text{С}$

и расходом $G_x = 40.32 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 136.7 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1930 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 133 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 618 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.810 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 266\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2152.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 136 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 731 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.927 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 347 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 17

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 20.6 м, диаметр внешней трубы 32.0 мм, диаметр внутренней трубы 18.5 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 406 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 236\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2146.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 170 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 1109 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.484 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_\Gamma = 72.633 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 36\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1345 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 223 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 623 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.152 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 124.65 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_x = 27\text{C}$ и расходом $G_x = 18.33 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 54.5 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2044 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 199 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 977 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.247 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 79\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1736.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 150 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 922 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.225 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника исполь-

зуется металл толщиной 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 378 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ 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 24.7 м, диаметр внешней трубы 28.9 мм, диаметр внутренней трубы 12.4 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 $T_{г} = 275\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1400.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 230 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 705 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.669\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 365.269 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 26\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1317 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 185 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1387 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.154\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 210.71 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 33\text{C}$ и расходом $G_{х} = 1412.03 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 88.9 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2138 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 215 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 959 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.991\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 137\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1857.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 213 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 1073 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.463\text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 597 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 19

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном тепло-

обменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 15.8 м, диаметр внешней трубы 46.4 мм, диаметр внутренней трубы 32.8 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 519 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 115\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1684.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 136 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 827 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.158 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 1714.656 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 25\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1781 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{х} = 156 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 673 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.856 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 866.66 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 32\text{C}$ и расходом $G_{х} = 78.66 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 146.3 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1837 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 194 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1422 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.503 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 233\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2292.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 207 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 728 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.123 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 422 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 20

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 16.3 м, диаметр внешней трубы 31.2 мм, диаметр внутренней трубы 17.8 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 630 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура

$T_{\Gamma} = 145C$, теплоемкость $c_p = 1600.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 211 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1180 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.164 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 361.935 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 37C$, теплоемкость $c_p = 2299 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 136 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 978 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.865 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 393.22 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырь с исходной температурой $T_x = 32C$ и расходом $G_x = 873.57 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $111.1 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1967 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 162 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1516 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.318 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 200C$, теплоемкость $c_p = 1700.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 208 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 632 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.404 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 398 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ 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 28.9 м, диаметр внешней трубы 51.8 мм, диаметр внутренней трубы 32.8 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 434 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 272C$, теплоемкость $c_p = 1664.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 198 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1149 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.380 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 22.133 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 23C$, теплоемкость $c_p = 2074 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 203 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1072 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.562 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход

$G_x = 13.34 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 39\text{C}$ и расходом $G_x = 9.51 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 132.5 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1636 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 130 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 980 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_x = 1.446 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_r = 215\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1948.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_r = 133 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_r = 1003 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 0.104 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 335 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 22

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 29.5 м, диаметр внешней трубы 65.2 мм, диаметр внутренней трубы 28.8 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 662 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_r = 263\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1798.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_r = 148 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_r = 606 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_r = 0.588 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_r = 855.320 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 31\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1895 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 153 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 702 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_x = 1.109 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 1278.73 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 34\text{C}$ и расходом $G_x = 623.49 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 100.0 C свойства сырья:

теплоемкость $c_p = 2011 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 142 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 673 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.327 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 193\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1786.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 162 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_T = 1001 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.480 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 307 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 16.8 м, диаметр внешней трубы 39.9 мм, диаметр внутренней трубы 18.1 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 327 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 135\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1876.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 169 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_T = 875 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.088 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_T = 195.441 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 29\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1959 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 144 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 670 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.236 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 256.42 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 34\text{С}$ и расходом $G_x = 103.97 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 94.5 С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1342 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 195 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 856 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.314 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 150\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2124.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 187 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_T = 725 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.517 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стен-

ки $\lambda_{ст} = 432 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ 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 11.7 м, диаметр внешней трубы 32.3 мм, диаметр внутренней трубы 15.4 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 304 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 180\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1957.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 149 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 1338 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.270\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 31.537 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 38\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1339 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 144 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 934 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{х} = 0.521\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 37.50 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 35\text{C}$ и расходом $G_{х} = 23.34 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 128.3 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1359 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 228 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 750 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.715\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 202\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1453.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 170 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{г} = 938 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.322\text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 326 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 25

Поверочный расчет

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

вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 16.9 м, диаметр внешней трубы 37.7 мм, диаметр внутренней трубы 15.7 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 379 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 135\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1601.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 201 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 695 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.567 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 108.440 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 33\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1371 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{х} = 142 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1027 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.473 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 169.57 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 34\text{C}$ и расходом $G_{х} = 2891.96 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 79.7 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1909 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{х} = 206 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 663 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.979 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 130\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2054.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 226 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1382 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.895 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 685 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 26

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 29.9 м, диаметр внешней трубы 40.4 мм, диаметр внутренней трубы 21.4 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 338 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 227\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1758.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 188 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$,

плотность $\rho_{\Gamma} = 681 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.180 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 134.868 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 30\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1369 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_x = 169 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 606 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.343 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_x = 182.48 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 25\text{C}$ и расходом $G_x = 4.65 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 56.0C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1867 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_x = 178 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 1133 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.731 \text{мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 86\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1947.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 205 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1321 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.153 \text{мПа} \cdot \text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 553 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 27

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 10.8 м, диаметр внешней трубы 33.9 мм, диаметр внутренней трубы 18.1 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 524 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 97\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2073.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 228 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1453 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.905 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 25.692 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 21\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1951 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_x = 156 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 767 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.923 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_x = 29.03 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоноси-

теля по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 25C$ и расходом $G_x = 12.76 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $84.1 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1391 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 221 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1543 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.910 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 132C$, теплоемкость $c_p = 1550.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 186 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 1571 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.338 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 578 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 28

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 15.4 м, диаметр внешней трубы 65.7 мм, диаметр внутренней трубы 27.4 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 546 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 129C$, теплоемкость $c_p = 1580.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 175 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 922 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.884 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_T = 70.101 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 37C$, теплоемкость $c_p = 1572 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 229 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1105 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.393 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 48.40 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 28C$ и расходом $G_x = 52.86 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $115.2 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2253 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 189 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1101 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$,

коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.504 \text{ мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 214 \text{ C}$, теплоемкость $c_p = 1899.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$, $\lambda_{\Gamma} = 145 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1529 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.585 \text{ мПа} \cdot \text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 658 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{K}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 29

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 10.2 м, диаметр внешней трубы 65.7 мм, диаметр внутренней трубы 38.0 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 430 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{K}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 259 \text{ C}$, теплоемкость $c_p = 2224.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_{\Gamma} = 211 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 984 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.678 \text{ мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 1320.042 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{х}} = 23 \text{ C}$, теплоемкость $c_p = 2077 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 162 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{K}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 613 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.566 \text{ мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_{\text{х}} = 2240.68 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{\text{х}} = 27 \text{ C}$ и расходом $G_{\text{х}} = 164.92 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 64.4 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1587 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 193 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{K}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 880 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.352 \text{ мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 111 \text{ C}$, теплоемкость $c_p = 2218.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$, $\lambda_{\Gamma} = 141 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 753 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.292 \text{ мПа} \cdot \text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 473 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{K}}$. Определить распределение температуры теплоно-

сителя 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 28.8 м, диаметр внешней трубы 28.9 мм, диаметр внутренней трубы 15.2 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 455 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 187\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2154.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 215 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 649 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.540 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 96.961 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 38\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2027 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 138 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1423 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.197 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 120.09 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 24\text{C}$ и расходом $G_x = 609.81 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 51.3 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1715 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 185 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 827 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.175 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 87\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1921.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 194 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1242 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.219 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 620 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.