

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 25.8 м, диаметр внешней трубы 21.2 мм, диаметр внутренней трубы 12.7 мм, толщина стенки 2 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 $T_{г} = 80\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1778.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 221 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{г} = 1038 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.247\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 166.914 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 21\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1708 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 185 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1541 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.139\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 198.83 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 22\text{C}$ и расходом $G_{х} = 1629.54 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 129.5 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1813 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 160 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 981 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.143\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 230\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1677.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 204 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{г} = 634 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.165\text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 441 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 24.2 м, диаметр внешней трубы 53.9 мм, диаметр внутренней

трубы 30.1 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 531 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 77\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2044.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 164 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 901 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.323 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 33.111 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 26\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2185 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{х} = 160 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 753 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.386 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 39.15 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 23\text{C}$ и расходом $G_{х} = 713.12 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 129.9 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1485 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{х} = 209 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 752 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.481 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 231\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2258.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 163 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1383 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.465 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 401 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 22.7 м, диаметр внешней трубы 65.3 мм, диаметр внутренней трубы 37.3 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 481 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 187\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1348.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 188 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1474 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.709 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 1565.718 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в меж-

трубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 38C$, теплоемкость $c_p = 1317 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 207 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1233 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.219 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 1482.98 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 39C$ и расходом $G_x = 307.94 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $174.9 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1430 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 158 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1572 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.391 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 277C$, теплоемкость $c_p = 1833.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 217 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 1194 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.246 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 409 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 21.7 м, диаметр внешней трубы 32.4 мм, диаметр внутренней трубы 21.4 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 329 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 125C$, теплоемкость $c_p = 1673.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 213 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 1267 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.520 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_\Gamma = 385.251 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 24C$, теплоемкость $c_p = 1506 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 188 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1521 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.525 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 222.92 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 27C$ и расходом $G_x = 101.85 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $71.3 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2297 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot C}$, $\lambda_x = 133 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot K}$, плотность $\rho_x = 1073 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.251 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 135C$, теплоемкость $c_p = 1873.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot K}$, $\lambda_\Gamma = 157 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot C}$, плотность $\rho_\Gamma = 1243 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.286 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 659 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot K}$. 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 24.3 м, диаметр внешней трубы 43.1 мм, диаметр внутренней трубы 25.0 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 603 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot K}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 88C$, теплоемкость $c_p = 1772.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot K}$, $\lambda_\Gamma = 206 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot C}$, плотность $\rho_\Gamma = 977 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.112 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_\Gamma = 110.112 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 37C$, теплоемкость $c_p = 1770 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot C}$, $\lambda_x = 171 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot K}$, плотность $\rho_x = 1176 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.012 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 169.65 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 30C$ и расходом $G_x = 435.18 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $149.0 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2161 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot C}$, $\lambda_x = 147 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot K}$, плотность $\rho_x = 714 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.260 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 258C$, теплоемкость $c_p = 1401.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot K}$

$\lambda_{\Gamma} = 212 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 763 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.713 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 596 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 18.5 м, диаметр внешней трубы 35.9 мм, диаметр внутренней трубы 16.9 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 612 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 155\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1932.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 218 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1213 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.766 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 512.272 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 37\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2107 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 227 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1452 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.853 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 803.85 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_x = 28\text{С}$ и расходом $G_x = 1068.35 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 114.5 С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1998 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 226 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 944 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.035 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 202\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1344.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 203 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 639 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.511 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 476 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 15.7 м, диаметр внешней трубы 74.5 мм, диаметр внутренней трубы 33.9 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 634 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 260\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2275.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 196 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1187 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.177 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 888.483 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 28\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1333 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 140 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1033 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.398 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 1326.17 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. 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 $G_x = 30.55 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 119.8 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1620 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 214 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 970 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.142 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 234\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1379.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 191 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 875 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.409 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 520 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ 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 12.8 м, диаметр внешней трубы 63.9 мм, диаметр внутренней трубы 28.8 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность матери-

ала стенки $\lambda_{ст} = 643 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 217\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2132.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 220 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1378 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.074\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 560.652 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 21\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2061 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_x = 186 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 658 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_x = 0.458\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 854.06 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 31\text{C}$ и расходом $G_x = 917.05 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 59.9C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2014 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 214 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1336 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_x = 0.468\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 104\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1745.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 208 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1254 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.410\text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 593 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 25.5 м, диаметр внешней трубы 36.5 мм, диаметр внутренней трубы 16.4 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 439 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 220\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1680.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 225 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1009 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.167\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 217.029 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: темпера-

тура $T_x = 20C$, теплоемкость $c_p = 1800 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 206 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 622 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.252 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 201.83 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 23C$ и расходом $G_x = 528.90 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $45.0 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1337 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 143 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 755 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.590 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 76C$, теплоемкость $c_p = 2074.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 146 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_T = 1377 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.502 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 3мм , теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 580 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 10

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 17.6м , диаметр внешней трубы 43.1мм , диаметр внутренней трубы 26.5мм , толщина стенки 4мм , теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 425 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 191C$, теплоемкость $c_p = 1846.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 188 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_T = 911 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.480 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_T = 36.199 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 38C$, теплоемкость $c_p = 1716 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 186 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1299 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.580 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 37.14 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в

трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 32C$ и расходом $G_x = 86.32 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $112.0 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2108 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 134 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1314 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.110 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 231C$, теплоемкость $c_p = 1357.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 213 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 1187 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.415 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 481 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 11

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 13.4 м, диаметр внешней трубы 61.9 мм, диаметр внутренней трубы 32.5 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 688 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 169C$, теплоемкость $c_p = 1409.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 224 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 733 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.539 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_T = 61.273 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 33C$, теплоемкость $c_p = 2284 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 211 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1359 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.749 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 83.10 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 23C$ и расходом $G_x = 607.19 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $64.0 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1655 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 172 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1538 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.570 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 100C$, теплоемкость $c_p = 1726.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 223 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 989 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T =$

1.081МПа·с. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 564 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 12

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 12.8 м, диаметр внешней трубы 80.6 мм, диаметр внутренней трубы 33.8 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 377 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 260\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1615.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 214 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1186 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.381\text{МПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 607.440 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 28\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1992 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{х} = 164 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1015 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.984\text{МПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 509.57 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 38\text{C}$ и расходом $G_{х} = 48.40 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 133.2 С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1471 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{х} = 198 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1340 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.005\text{МПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 255\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2037.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 224 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 798 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.442\text{МПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 607 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 24.5 м, диаметр внешней трубы 52.4 мм, диаметр внутренней трубы 30.5 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 373 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 204\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1483.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 212 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 847 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.379\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 81.514 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 30\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1654 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\text{X}} = 164 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1509 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\text{X}} = 0.960\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 47.34 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{\text{X}} = 29\text{C}$ и расходом $G_{\text{X}} = 40.50 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 85.8 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1629 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 181 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1511 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.142\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 125\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1570.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 188 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1574 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.741\text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 579 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 14

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 14.3 м, диаметр внешней трубы 41.2 мм, диаметр внутренней трубы 18.6 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 414 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во

внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 88C$, теплоемкость $c_p = 2280.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 158 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 965 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.918 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 27.958 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 29C$, теплоемкость $c_p = 2222 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 218 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 671 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.666 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 36.46 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 37C$ и расходом $G_x = 49.99 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $153.2 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1417 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 164 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1297 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.811 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 235C$, теплоемкость $c_p = 2268.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 195 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1092 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.867 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 542 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 25.7 м, диаметр внешней трубы 27.6 мм, диаметр внутренней трубы 13.1 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 320 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 203C$, теплоемкость $c_p = 1479.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 186 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1136 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.809 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 44.799 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 21C$, теплоемкость $c_p = 1622 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 225 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность

$\rho_x = 1165 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.229 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_x = 41.10 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 35\text{С}$ и расходом $G_x = 456.79 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 124.3С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{С}}$, $\lambda_x = 212 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 864 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.688 \text{мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 236\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1437.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 162 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{С}}$, плотность $\rho_\Gamma = 1156 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.173 \text{мПа} \cdot \text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 646 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 16

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 17.3 м, диаметр внешней трубы 43.3 мм, диаметр внутренней трубы 21.7 мм, толщина стенки 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 540 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 94\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1727.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 130 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{С}}$, плотность $\rho_\Gamma = 704 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.480 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_\Gamma = 445.917 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 28\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1657 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{С}}$, $\lambda_x = 182 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 970 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.127 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_x = 503.22 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 30\text{С}$ и

расходом $G_x = 3419.01 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 66.2 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1979 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 205 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 894 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.424 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 113\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1477.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 221 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 1563 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.446 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 2 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 638 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 29.8 м, диаметр внешней трубы 40.9 мм, диаметр внутренней трубы 27.9 мм, толщина стенки 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 495 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 196\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2068.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 175 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 1058 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.147 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_\Gamma = 72.089 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 30\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1826 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 176 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1444 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.561 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 56.22 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагрева сырья с исходной температурой $T_x = 26\text{C}$ и расходом $G_x = 1422.36 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 61.8 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1973 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 145 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1405 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.266 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 106\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2080.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 151 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 908 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.583 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника исполь-

зается металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 615 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 18

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 12.6 м, диаметр внешней трубы 73.8 мм, диаметр внутренней трубы 38.0 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 615 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 272\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1407.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 168 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{г} = 710 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.496\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 2380.084 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 24\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1640 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 216 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1405 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.532\text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 3574.63 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. 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 $G_{х} = 23.49 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 135.4 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1987 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_{х} = 180 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 657 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.756\text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 249\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1581.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 215 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{г} = 862 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.264\text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 643 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 19

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в прямоточном теплооб-

меннике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 13.9 м, диаметр внешней трубы 24.3 мм, диаметр внутренней трубы 15.7 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 484 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 179\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1727.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 202 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 973 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.495 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 407.433 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 20\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1334 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\text{X}} = 218 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1384 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.017 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 460.67 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{\text{X}} = 40\text{C}$ и расходом $G_{\text{X}} = 2272.38 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 82.9 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1807 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 195 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1026 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.901 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 117\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1703.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 178 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1374 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.908 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 300 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 10.0 м, диаметр внешней трубы 29.6 мм, диаметр внутренней трубы 19.1 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 351 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура

$T_{\Gamma} = 251C$, теплоемкость $c_p = 1887.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 142 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1488 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.983 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 275.031 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 37C$, теплоемкость $c_p = 1644 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 208 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1579 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.453 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 319.97 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 25C$ и расходом $G_x = 692.41 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $77.8 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1789 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 181 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1141 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.743 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 123C$, теплоемкость $c_p = 2100.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 144 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1179 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.523 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 542 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ 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 13.8 м, диаметр внешней трубы 59.7 мм, диаметр внутренней трубы 30.9 мм, толщина стенки 7 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 648 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 234C$, теплоемкость $c_p = 1662.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 144 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1209 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.251 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 132.456 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 22C$, теплоемкость $c_p = 2002 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 164 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1577 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.915 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход

$G_x = 205.98 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 28\text{C}$ и расходом $G_x = 764.41 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 92.0C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2024 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 209 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1399 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.677 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_\Gamma = 135\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2186.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 153 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 789 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.106 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 368 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 24.1 м, диаметр внешней трубы 42.0 мм, диаметр внутренней трубы 19.5 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 341 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_\Gamma = 90\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1326.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_\Gamma = 217 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_\Gamma = 1009 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 0.133 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_\Gamma = 47.219 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 39\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1664 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 184 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1597 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_\Gamma = 1.023 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 43.25 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 25\text{C}$ и расходом $G_x = 397.78 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 57.8C свойства сырья:

теплоемкость $c_p = 1484 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 156 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1265 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.777 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 101\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2287.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 151 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_T = 1347 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.518 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 694 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 23

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 20.4 м, диаметр внешней трубы 72.0 мм, диаметр внутренней трубы 38.3 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 682 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 233\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1907.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 135 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_T = 1176 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.875 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_T = 1213.175 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 39\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1571 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 140 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1446 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.177 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 1758.67 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 28\text{С}$ и расходом $G_x = 131.17 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 58.5 С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1872 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$, $\lambda_x = 220 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 901 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.553 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 103\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1384.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 130 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}}$, плотность $\rho_T = 631 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.183 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стен-

ки $\lambda_{ст} = 398 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ 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 14.6 м, диаметр внешней трубы 33.8 мм, диаметр внутренней трубы 23.7 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 693 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{г} = 245\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1584.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 200 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1075 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 1.208 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{г} = 57.299 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{х} = 37\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1397 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{х} = 219 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1397 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.450 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{х} = 55.14 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{х} = 33\text{C}$ и расходом $G_{х} = 300.09 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 92.1 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1455 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{х} = 202 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{х} = 1070 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.440 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{г} = 132\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1587.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{г} = 162 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{г} = 1240 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{г} = 0.435 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 622 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ 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 23.9 м, диаметр внешней трубы 24.0 мм, диаметр внутренней трубы 13.1 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 382 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 205\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1498.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 206 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 958 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.958 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 264.309 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{X}} = 28\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2166 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\text{X}} = 225 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1491 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.421 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{X}} = 199.90 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{\text{X}} = 24\text{C}$ и расходом $G_{\text{X}} = 479.68 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 110.1 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2090 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{X}} = 221 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{X}} = 1042 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.424 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 187\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1618.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 184 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1351 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.353 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 665 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 18.6 м, диаметр внешней трубы 87.8 мм, диаметр внутренней трубы 39.7 мм, толщина стенки 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 492 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 110\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2200.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 168 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность

$\rho_{\Gamma} = 1120 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.318 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 156.979 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 39\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1827 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{С}}$, $\lambda_x = 168 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 738 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_x = 1.364 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_x = 210.82 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 30\text{С}$ и расходом $G_x = 421.88 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 163.7С свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2192 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{С}}$, $\lambda_x = 180 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 1189 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_x = 1.362 \text{мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 273\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2179.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 163 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 825 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.138 \text{мПа} \cdot \text{с}$. В качестве материала стенки теплообменника используется металл толщиной 3 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 568 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. 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 22.5 м, диаметр внешней трубы 24.2 мм, диаметр внутренней трубы 16.7 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 322 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 215\text{С}$, теплоемкость $c_p = 1301.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 187 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{С}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1259 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.783 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 467.835 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 33\text{С}$, теплоемкость $c_p = 2123 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{С}}$, $\lambda_x = 149 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_x = 699 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_x = 0.455 \text{мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_x = 332.02 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоно-

сителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 39C$ и расходом $G_x = 464.00 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $105.2 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 2288 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 179 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 901 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.912 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_T = 200C$, теплоемкость $c_p = 1946.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 170 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 655 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 1.486 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 430 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. 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 15.7 м, диаметр внешней трубы 60.4 мм, диаметр внутренней трубы 32.4 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 693 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_T = 211C$, теплоемкость $c_p = 1978.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_T = 140 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_T = 986 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.552 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_T = 1064.281 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_x = 26C$, теплоемкость $c_p = 1380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 174 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1401 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_T = 0.502 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_x = 1892.25 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать противоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_x = 33C$ и расходом $G_x = 253.07 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры $148.2 C$ свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1780 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_x = 181 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_x = 1033 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$,

коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.550 \text{ мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 226 \text{ C}$, теплоемкость $c_p = 1924.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 210 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1064 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.431 \text{ мПа} \cdot \text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 6 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 355 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

ВАРИАНТ 29

Поверочный расчет

Смоделировать процесс теплообмена в противоточном теплообменнике типа Труба в трубе. Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Размеры теплообменника: длина 25.8 м, диаметр внешней трубы 39.0 мм, диаметр внутренней трубы 18.8 мм, толщина стенки 5 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 608 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 205 \text{ C}$, теплоемкость $c_p = 1529.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 136 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 692 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.392 \text{ мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 51.655 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{х}} = 37 \text{ C}$, теплоемкость $c_p = 2245 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 217 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 743 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.503 \text{ мПа} \cdot \text{с}$, расход $G_{\text{х}} = 29.02 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. 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 $G_{\text{х}} = 657.38 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 101.7 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1552 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 187 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 770 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.950 \text{ мПа} \cdot \text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 154 \text{ C}$, теплоемкость $c_p = 1992.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 175 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1034 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.487 \text{ мПа} \cdot \text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{\text{ст}} = 513 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. 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 29.9 м, диаметр внешней трубы 67.1 мм, диаметр внутренней трубы 34.7 мм, толщина стенки 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 480 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Горячий теплоноситель направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура $T_{\Gamma} = 265\text{C}$, теплоемкость $c_p = 2269.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 211 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1552 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.904 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\Gamma} = 92.402 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Холодный теплоноситель направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура $T_{\text{х}} = 21\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1815 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 217 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 976 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.404 \text{мПа}\cdot\text{с}$, расход $G_{\text{х}} = 160.03 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.

Проектный расчет

Спроектировать прямоточном теплообменник типа Труба в трубе для нагревания сырья с исходной температурой $T_{\text{х}} = 24\text{C}$ и расходом $G_{\text{х}} = 9.74 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ до температуры 129.1 C свойства сырья: теплоемкость $c_p = 1390 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$, $\lambda_{\text{х}} = 187 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, плотность $\rho_{\text{х}} = 1530 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 1.056 \text{мПа}\cdot\text{с}$. Горячий теплоноситель имеет температуру $T_{\Gamma} = 213\text{C}$, теплоемкость $c_p = 1950.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{\Gamma} = 168 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$, плотность $\rho_{\Gamma} = 1232 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент вязкости $\mu_{\Gamma} = 0.122 \text{мПа}\cdot\text{с}$. В качестве материала стенки теплообенника используется металл толщиной 4 мм, теплопроводность материала стенки $\lambda_{ст} = 446 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Определить распределение температуры теплоносителя по длине теплообменника.