

# Задания к лабораторным работам для группы №117172

дата генерации документа 6 ноября 2020 г.

## Содержание

Лабораторная работа № 8 «Моделирование теплообменника типа труба в трубе»	3
---	---

## Лабораторная работа № 8 «Моделирование теплообменника типа труба в трубе»

### ВАРИАНТ 1

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 29.3 м, диаметр внешней трубы 47.7 мм, диаметр внутренней трубы 22.5 мм, толщина стенки  $\delta_w = 2$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 411 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 205$  °C, теплоемкость  $c_{ph} = 3100.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.235 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$ , плотность  $\rho_h = 1276 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 1.022 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000322 \text{°C}^{-1}$ , расход  $G_h = 48.658 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 28$  °C, теплоемкость  $c_{pc} = 3090 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.517 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$ , плотность  $\rho_c = 1511 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 1.765 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , расход  $G_c = 32.87 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Рассчитать распределение температуры в теплообменнике структура потоков в котором описывается ячеечной моделью. Количество ячеек для обоих теплоносителей равно  $m = 3$ . Коэффициент теплопередачи, свойства веществ и площадь теплообменника взять из первого задания.

### ВАРИАНТ 2

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 21.3 м, диаметр внешней трубы 65.4 мм, диаметр внутренней трубы 33.2 мм, толщина стенки  $\delta_w = 5$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 508 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 238$  °C, теплоемкость  $c_{ph} = 3739.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.290 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$ , плотность  $\rho_h = 901 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 7.474 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000892 \text{°C}^{-1}$ , расход  $G_h = 14346.473 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 24$  °C, теплоемкость  $c_{pc} = 3755 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.584 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$ , плотность  $\rho_c = 972 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 4.033 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , расход  $G_c = 18339.60 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Рассчитать распределение температуры в теплообменнике структура потоков в котором описывается ячеечной моделью. Количество ячеек для обоих теплоносителей равно  $m = 2$ . Коэффициент теплопередачи, свойства веществ и площадь теплообменника взять из первого задания.

### ВАРИАНТ 3

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 16.5 м, диаметр внешней трубы 61.4 мм, диаметр внутренней трубы 36.0 мм, толщина стенки  $\delta_w = 4$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 471 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 88$  °C, теплоемкость  $c_{ph} = 2085.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.379 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$ , плотность  $\rho_h = 866 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 0.858 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000221 \text{°C}^{-1}$ , расход  $G_h = 439.688 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 30$  °C, теплоемкость  $c_{pc} = 1680 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.128 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$ , плотность  $\rho_c = 1222 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 8.013 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , расход  $G_c = 316.05 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Определить площадь теплообмена для модели идеального смешения, необходимую для достижения температур на выходе из теплообменника, таких же как для модели идеального вытеснения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

#### ВАРИАНТ 4

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 11.7 м, диаметр внешней трубы 46.3 мм, диаметр внутренней трубы 31.3 мм, толщина стенки  $\delta_w = 3$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 355 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 93$  °C, теплоемкость  $c_{ph} = 3974.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.197 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$ , плотность  $\rho_h = 1548 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 7.302 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000480 \text{°C}^{-1}$ , расход  $G_h = 3713.831 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 36$  °C, теплоемкость  $c_{pc} = 4038 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.424 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$ , плотность  $\rho_c = 1575 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 1.052 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , расход  $G_c = 4284.42 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Определить площадь теплообмена для модели идеального смешения, необходимую для достижения температур на выходе из теплообменника, таких же как для модели идеального вытеснения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

#### ВАРИАНТ 5

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 15.2 м, диаметр внешней трубы 31.9 мм, диаметр внутренней трубы 19.3 мм, толщина стенки  $\delta_w = 4$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 399 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 232$  °C, теплоемкость  $c_{ph} = 2410.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.192 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$ , плотность  $\rho_h = 1225 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ,

коэффициент вязкости  $\mu_h = 3.823 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000560^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 2946.743 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 22^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{pc} = 3673 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.511 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_c = 1718 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 1.850 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ , расход  $G_c = 4240.55 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .

2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Рассчитать распределение температуры в теплообменнике структура потоков в котором описывается ячеечной моделью. Количество ячеек для обоих теплоносителей равно  $m = 2$ . Коэффициент теплопередачи, свойства веществ и площадь теплообменника взять из первого задания.

### ВАРИАНТ 6

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 24.8 м, диаметр внешней трубы 57.6 мм, диаметр внутренней трубы 25.8 мм, толщина стенки  $\delta_w = 6$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 378 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 195^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{ph} = 4118.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.160 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_h = 1473 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 7.114 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000267^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 8801.390 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 29^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{pc} = 3494 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.195 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_c = 1554 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 6.156 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ , расход  $G_c = 7800.35 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Рассчитать распределение температуры в теплообменнике структура потоков в котором описывается ячеечной моделью. Количество ячеек для обоих теплоносителей равно  $m = 2$ . Коэффициент теплопередачи, свойства веществ и площадь теплообменника взять из первого задания.

### ВАРИАНТ 7

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 12.6 м, диаметр внешней трубы 29.9 мм, диаметр внутренней трубы 18.9 мм, толщина стенки  $\delta_w = 5$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 585 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 107^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{ph} = 1797.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.434 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_h = 770 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 9.417 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000978^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 661.242 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 35^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{pc} = 3220 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.488 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_c = 1137 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 5.601 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ , расход  $G_c = 460.01 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .

2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Рассчитать распределение температуры в теплообменнике структура потоков в котором описывается ячеечной моделью. Количество ячеек для обоих теплоносителей равно  $m = 3$ . Коэффициент теплопередачи, свойства веществ и площадь теплообменника взять из первого задания.

### ВАРИАНТ 8

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 24.6 м, диаметр внешней трубы 31.4 мм, диаметр внутренней трубы 15.3 мм, толщина стенки  $\delta_w = 2$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 372 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 102$  °C, теплоемкость  $c_{ph} = 3091.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.457 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$ , плотность  $\rho_h = 1244 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 9.747 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000960 \text{°C}^{-1}$ , расход  $G_h = 5415.398 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 29$  °C, теплоемкость  $c_{pc} = 3426 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.138 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$ , плотность  $\rho_c = 1796 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 7.170 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , расход  $G_c = 5503.91 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Рассчитать распределение температуры в теплообменнике структура потоков в котором описывается ячеечной моделью. Количество ячеек для обоих теплоносителей равно  $m = 2$ . Коэффициент теплопередачи, свойства веществ и площадь теплообменника взять из первого задания.

### ВАРИАНТ 9

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 23.3 м, диаметр внешней трубы 58.5 мм, диаметр внутренней трубы 24.5 мм, толщина стенки  $\delta_w = 5$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 336 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 206$  °C, теплоемкость  $c_{ph} = 2527.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.235 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$ , плотность  $\rho_h = 1427 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 3.962 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000301 \text{°C}^{-1}$ , расход  $G_h = 401.701 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 28$  °C, теплоемкость  $c_{pc} = 1643 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.446 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$ , плотность  $\rho_c = 834 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 5.459 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , расход  $G_c = 226.84 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Рассчитать распределение температуры в теплообменнике структура потоков в котором описывается ячеечной моделью. Количество ячеек для обоих теплоносителей равно  $m = 2$ . Коэффициент теплопередачи, свойства веществ и площадь теплообменника взять из первого задания.

**ВАРИАНТ 10**

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 15.0 м, диаметр внешней трубы 51.7 мм, диаметр внутренней трубы 30.6 мм, толщина стенки  $\delta_w = 6$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 668 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 161$  °C, теплоемкость  $c_{ph} = 1562.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.366 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$ , плотность  $\rho_h = 656 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 10.010 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000879 \text{ °C}^{-1}$ , расход  $G_h = 14980.822 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 36$  °C, теплоемкость  $c_{pc} = 2587 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.572 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$ , плотность  $\rho_c = 1951 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 5.011 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 11522.03 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Определить площадь теплообмена для модели идеального смешения, необходимую для достижения температур на выходе из теплообменника, таких же как для модели идеального вытеснения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

**ВАРИАНТ 11**

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 10.1 м, диаметр внешней трубы 58.0 мм, диаметр внутренней трубы 24.7 мм, толщина стенки  $\delta_w = 7$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 598 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 148$  °C, теплоемкость  $c_{ph} = 1493.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.312 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$ , плотность  $\rho_h = 934 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 5.546 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000511 \text{ °C}^{-1}$ , расход  $G_h = 2058.189 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 39$  °C, теплоемкость  $c_{pc} = 2959 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.211 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$ , плотность  $\rho_c = 880 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 6.031 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 2096.73 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Определить площадь теплообмена для модели идеального смешения, необходимую для достижения температур на выходе из теплообменника, таких же как для модели идеального вытеснения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

**ВАРИАНТ 12**

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 23.1 м, диаметр внешней трубы 25.3 мм, диаметр внутренней трубы 16.6 мм, толщина стенки  $\delta_w = 2$  мм, теплопроводность материала

стенки  $\lambda_w = 501 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 158^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{ph} = 3077.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.292 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_h = 729 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 8.977 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000233^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 431.268 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 26^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{pc} = 2571 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.170 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_c = 1940 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 6.142 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , расход  $G_c = 304.42 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .

2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Рассчитать распределение температуры в теплообменнике структура потоков в котором описывается диффузионной моделью. Коэффициент обратного перемешивания  $D_L = 0.101$ . Коэффициент теплопередачи, свойства веществ и размеры теплообменника взять из первого задания.

### ВАРИАНТ 13

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 19.6 м, диаметр внешней трубы 70.3 мм, диаметр внутренней трубы 35.0 мм, толщина стенки  $\delta_w = 4$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 512 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 182^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{ph} = 1569.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.135 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_h = 1187 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 4.563 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000233^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 7086.691 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 37^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{pc} = 1587 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.292 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_c = 1623 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 5.004 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , расход  $G_c = 10957.23 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Рассчитать распределение температуры в теплообменнике структура потоков в котором описывается ячеечной моделью. Количество ячеек для обоих теплоносителей равно  $m = 2$ . Коэффициент теплопередачи, свойства веществ и площадь теплообменника взять из первого задания.

### ВАРИАНТ 14

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 13.9 м, диаметр внешней трубы 54.0 мм, диаметр внутренней трубы 32.8 мм, толщина стенки  $\delta_w = 5$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 375 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 175^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{ph} = 4162.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.308 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_h = 815 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 4.781 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000922^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 2821.534 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 21^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{pc} = 1737 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.569 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_c = 1287 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 1.864 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , расход  $G_c = 4905.83 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .



2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Определить площадь теплообмена для модели идеального смешения, необходимую для достижения температур на выходе из теплообменника, таких же как для модели идеального вытеснения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

### ВАРИАНТ 15

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 24.8 м, диаметр внешней трубы 71.5 мм, диаметр внутренней трубы 34.1 мм, толщина стенки  $\delta_w = 4$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 668 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 111$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 4099.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.532 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°С}}$ , плотность  $\rho_h = 1468 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 8.392 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000442$  °С<sup>-1</sup>, расход  $G_h = 5458.120 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 39$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 1585 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.393 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°С}}$ , плотность  $\rho_c = 1230 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 3.615 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , расход  $G_c = 3910.44 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Рассчитать распределение температуры в теплообменнике структура потоков в котором описывается ячеечной моделью. Количество ячеек для обоих теплоносителей равно  $m = 2$ . Коэффициент теплопередачи, свойства веществ и площадь теплообменника взять из первого задания.

### ВАРИАНТ 16

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 20.2 м, диаметр внешней трубы 46.8 мм, диаметр внутренней трубы 31.9 мм, толщина стенки  $\delta_w = 5$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 317 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 87$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 3272.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.159 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°С}}$ , плотность  $\rho_h = 1070 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 0.137 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000711$  °С<sup>-1</sup>, расход  $G_h = 59.641 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 32$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 3297 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.317 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°С}}$ , плотность  $\rho_c = 1920 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 8.229 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , расход  $G_c = 95.70 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Определить площадь теплообмена для модели идеального смешения, необходимую для достижения температур на выходе из теплообменника, таких же как для модели идеального вытеснения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

**ВАРИАНТ 17**

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 15.5 м, диаметр внешней трубы 51.2 мм, диаметр внутренней трубы 30.1 мм, толщина стенки  $\delta_w = 6$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 617 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 134$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 3259.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.171 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$ , плотность  $\rho_h = 1572 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 4.183 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000633^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 455.193 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 29$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 2963 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.336 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$ , плотность  $\rho_c = 1248 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 5.572 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 259.87 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Определить площадь теплообмена для модели идеального смешения, необходимую для достижения температур на выходе из теплообменника, таких же как для модели идеального вытеснения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

**ВАРИАНТ 18**

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 11.1 м, диаметр внешней трубы 44.5 мм, диаметр внутренней трубы 20.0 мм, толщина стенки  $\delta_w = 3$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 302 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 164$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 2296.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.524 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$ , плотность  $\rho_h = 1521 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 10.398 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000438^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 2870.488 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 31$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 2075 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.440 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$ , плотность  $\rho_c = 929 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 2.692 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 1711.18 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Определить площадь теплообмена для модели идеального смешения, необходимую для достижения температур на выходе из теплообменника, таких же как для модели идеального вытеснения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

**ВАРИАНТ 19**

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 26.6 м, диаметр внешней трубы 58.2 мм, диаметр внутренней трубы 27.8 мм, толщина стенки  $\delta_w = 7$  мм, теплопроводность материала

стенки  $\lambda_w = 561 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 167^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{ph} = 3814.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.496 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_h = 638 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 5.427 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000386^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 1396.287 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 38^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{pc} = 4183 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.393 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_c = 1902 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 4.462 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , расход  $G_c = 2128.47 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .

2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Рассчитать распределение температуры в теплообменнике структура потоков в котором описывается диффузионной моделью. Коэффициент обратного перемешивания  $D_L = 0.066$ . Коэффициент теплопередачи, свойства веществ и размеры теплообменника взять из первого задания.

## ВАРИАНТ 20

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 29.7 м, диаметр внешней трубы 45.0 мм, диаметр внутренней трубы 31.9 мм, толщина стенки  $\delta_w = 6$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 601 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 239^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{ph} = 2813.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.493 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_h = 633 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 7.569 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000498^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 459.903 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 21^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{pc} = 1322 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.478 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_c = 1352 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 5.609 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , расход  $G_c = 339.43 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Рассчитать распределение температуры в теплообменнике структура потоков в котором описывается ячеечной моделью. Количество ячеек для обоих теплоносителей равно  $m = 3$ . Коэффициент теплопередачи, свойства веществ и площадь теплообменника взять из первого задания.

## ВАРИАНТ 21

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 14.6 м, диаметр внешней трубы 87.0 мм, диаметр внутренней трубы 37.3 мм, толщина стенки  $\delta_w = 5$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 519 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 171^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{ph} = 3066.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.193 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_h = 1385 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 9.132 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000520^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 6875.696 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 29^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{pc} = 2413 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.449 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_c = 1385 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 6.711 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , расход  $G_c = 7830.39 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .

2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Рассчитать распределение температуры в теплообменнике структура потоков в котором описывается ячеечной моделью. Количество ячеек для обоих теплоносителей равно  $m = 2$ . Коэффициент теплопередачи, свойства веществ и площадь теплообменника взять из первого задания.

### ВАРИАНТ 22

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 11.2 м, диаметр внешней трубы 61.5 мм, диаметр внутренней трубы 31.8 мм, толщина стенки  $\delta_w = 5$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 342 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 112$  °C, теплоемкость  $c_{ph} = 2761.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.251 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$ , плотность  $\rho_h = 1235 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 0.767 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000459 \text{ °C}^{-1}$ , расход  $G_h = 97.672 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 22$  °C, теплоемкость  $c_{pc} = 3496 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.384 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$ , плотность  $\rho_c = 1038 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 7.177 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ , расход  $G_c = 133.65 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Рассчитать распределение температуры в теплообменнике структура потоков в котором описывается ячеечной моделью. Количество ячеек для обоих теплоносителей равно  $m = 3$ . Коэффициент теплопередачи, свойства веществ и площадь теплообменника взять из первого задания.

### ВАРИАНТ 23

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 29.1 м, диаметр внешней трубы 57.6 мм, диаметр внутренней трубы 28.0 мм, толщина стенки  $\delta_w = 7$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 499 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 193$  °C, теплоемкость  $c_{ph} = 3231.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.206 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$ , плотность  $\rho_h = 649 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 10.106 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000323 \text{ °C}^{-1}$ , расход  $G_h = 12244.753 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 24$  °C, теплоемкость  $c_{pc} = 1487 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.538 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$ , плотность  $\rho_c = 1774 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 7.596 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ , расход  $G_c = 20648.47 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Определить площадь теплообмена для модели идеального смешения, необходимую для достижения температур на выходе из теплообменника, таких же как для модели идеального вытеснения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

**ВАРИАНТ 24**

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 16.0 м, диаметр внешней трубы 34.8 мм, диаметр внутренней трубы 22.3 мм, толщина стенки  $\delta_w = 4$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 496 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 283$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 3080.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.221 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_h = 1468 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 2.710 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000531\text{°С}^{-1}$ , расход  $G_h = 3614.303 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 33$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 2303 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.380 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_c = 1370 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 6.338 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 6205.49 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Рассчитать распределение температуры в теплообменнике структура потоков в котором описывается ячеечной моделью. Количество ячеек для обоих теплоносителей равно  $m = 2$ . Коэффициент теплопередачи, свойства веществ и площадь теплообменника взять из первого задания.

**ВАРИАНТ 25**

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 27.8 м, диаметр внешней трубы 85.1 мм, диаметр внутренней трубы 36.0 мм, толщина стенки  $\delta_w = 6$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 319 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 146$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 1566.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.234 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_h = 1138 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 3.749 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000515\text{°С}^{-1}$ , расход  $G_h = 452.913 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 34$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 2876 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.491 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_c = 1644 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 6.971 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 363.61 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Определить площадь теплообмена для модели идеального смешения, необходимую для достижения температур на выходе из теплообменника, таких же как для модели идеального вытеснения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

**ВАРИАНТ 26**

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 26.2 м, диаметр внешней трубы 23.6 мм, диаметр внутренней трубы 10.3 мм, толщина стенки  $\delta_w = 4$  мм, теплопроводность материала

стенки  $\lambda_w = 343 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 96^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{ph} = 4032.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.395 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_h = 724 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 7.421 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000983^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 202.903 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 26^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{pc} = 3504 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.387 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_c = 1762 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 6.728 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , расход  $G_c = 109.20 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .

2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Рассчитать распределение температуры в теплообменнике структура потоков в котором описывается ячеечной моделью. Количество ячеек для обоих теплоносителей равно  $m = 2$ . Коэффициент теплопередачи, свойства веществ и площадь теплообменника взять из первого задания.

### ВАРИАНТ 27

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 22.7 м, диаметр внешней трубы 28.4 мм, диаметр внутренней трубы 12.1 мм, толщина стенки  $\delta_w = 6$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 465 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 161^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{ph} = 4236.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.158 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_h = 780 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 7.164 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000891^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 4364.151 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 35^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{pc} = 1839 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.130 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_c = 1635 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 5.347 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , расход  $G_c = 3812.18 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Рассчитать распределение температуры в теплообменнике структура потоков в котором описывается ячеечной моделью. Количество ячеек для обоих теплоносителей равно  $m = 3$ . Коэффициент теплопередачи, свойства веществ и площадь теплообменника взять из первого задания.

### ВАРИАНТ 28

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 28.5 м, диаметр внешней трубы 48.6 мм, диаметр внутренней трубы 33.8 мм, толщина стенки  $\delta_w = 6$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 384 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 235^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{ph} = 2295.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.236 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_h = 815 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 10.158 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000927^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 939.866 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 25^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{pc} = 2833 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.127 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_c = 1890 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 2.699 \text{мПа} \cdot \text{с}$ , расход  $G_c = 934.09 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .

2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Рассчитать распределение температуры в теплообменнике структура потоков в котором описывается диффузионной моделью. Коэффициент обратного перемешивания  $D_L = 0.074$ . Коэффициент теплопередачи, свойства веществ и размеры теплообменника взять из первого задания.

### ВАРИАНТ 29

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 11.2 м, диаметр внешней трубы 87.1 мм, диаметр внутренней трубы 37.0 мм, толщина стенки  $\delta_w = 2$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 319 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 268$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 3131.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.288 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°С}}$ , плотность  $\rho_h = 950 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 10.312 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000460 \text{ °С}^{-1}$ , расход  $G_h = 6324.174 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 28$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 3256 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.430 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°С}}$ , плотность  $\rho_c = 1874 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 6.726 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ , расход  $G_c = 6273.87 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Рассчитать распределение температуры в теплообменнике структура потоков в котором описывается диффузионной моделью. Коэффициент обратного перемешивания  $D_L = 0.029$ . Коэффициент теплопередачи, свойства веществ и размеры теплообменника взять из первого задания.

### ВАРИАНТ 30

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 25.4 м, диаметр внешней трубы 51.6 мм, диаметр внутренней трубы 32.8 мм, толщина стенки  $\delta_w = 6$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 374 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 89$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 1417.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.219 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°С}}$ , плотность  $\rho_h = 1228 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 1.895 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000893 \text{ °С}^{-1}$ , расход  $G_h = 1148.648 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 22$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 2574 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.289 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°С}}$ , плотность  $\rho_c = 1484 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 0.397 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ , расход  $G_c = 1880.97 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
2. Определить распределение температуры вдоль теплообменника, если изменить направление движения теплоносителей на противоточное.
3. Определить площадь теплообмена для модели идеального смешения, необходимую для достижения температур на выходе из теплообменника, таких же как для модели идеального вытеснения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.