

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «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 13.1 м, диаметр внешней трубы 50.6 мм, диаметр внутренней трубы 31.2 мм, толщина стенки  $\delta_w = 3$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 357 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 255$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 1585.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.533 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_h = 770 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 1.167 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000479\text{°С}^{-1}$ , расход  $G_h = 1442.163 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 26$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 1550 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.580 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_c = 1515 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 0.808 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 1879.04 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
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 смешения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

## ВАРИАНТ 2

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 13.6 м, диаметр внешней трубы 45.9 мм, диаметр внутренней трубы 20.6 мм, толщина стенки  $\delta_w = 5$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 304 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 118$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 3772.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.506 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_h = 762 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 7.495 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000877\text{°С}^{-1}$ , расход  $G_h = 1793.861 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 28$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 1921 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.201 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_c = 1337 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 6.149 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 986.30 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
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 смешения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

## ВАРИАНТ 3

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 24.1 м, диаметр внешней трубы 17.2 мм, диаметр внутренней трубы 10.9 мм, толщина стенки  $\delta_w = 7$  мм, теплопроводность материала стенки

$\lambda_w = 629 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 228 \text{ }^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{ph} = 1550.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.509 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_h = 1382 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 8.398 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000743^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 1536.775 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 26 \text{ }^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{pc} = 2910 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.246 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_c = 1124 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 4.117 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 2441.49 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .

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 смешения (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 14.7 м, диаметр внешней трубы 36.1 мм, диаметр внутренней трубы 15.7 мм, толщина стенки  $\delta_w = 6 \text{ мм}$ , теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 646 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 125 \text{ }^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{ph} = 2012.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.338 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_h = 1056 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 0.268 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000851^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 38.494 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 24 \text{ }^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{pc} = 2633 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.162 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_c = 1214 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 5.275 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 59.78 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
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 смешения (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 27.7 м, диаметр внешней трубы 39.5 мм, диаметр внутренней трубы 20.3 мм, толщина стенки  $\delta_w = 5 \text{ мм}$ , теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 369 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 110 \text{ }^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{ph} = 2309.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.466 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_h = 668 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 2.615 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000346^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 699.934 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 26 \text{ }^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{pc} = 4005 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.385 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_c = 1793 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 7.403 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 445.12 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .

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 смешения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

## ВАРИАНТ 6

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 22.0 м, диаметр внешней трубы 75.4 мм, диаметр внутренней трубы 39.5 мм, толщина стенки  $\delta_w = 7$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 604 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 136$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 4128.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.135 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$ , плотность  $\rho_h = 978 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 5.740 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000438\text{°C}^{-1}$ , расход  $G_h = 734.897 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 22$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 3701 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.567 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$ , плотность  $\rho_c = 854 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 2.490 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 888.60 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
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 смешения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

## ВАРИАНТ 7

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 22.9 м, диаметр внешней трубы 47.0 мм, диаметр внутренней трубы 31.5 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  $T_h = 125$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 1780.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.181 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$ , плотность  $\rho_h = 667 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 4.950 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000923\text{°C}^{-1}$ , расход  $G_h = 2181.731 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 26$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 3379 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.286 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$ , плотность  $\rho_c = 1822 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 2.272 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 2626.21 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
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 смешения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

## ВАРИАНТ 8

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 43.4 мм, диаметр внутренней трубы 22.5 мм, толщина стенки  $\delta_w = 4$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 385 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 245$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 3539.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.171 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_h = 1019 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 8.056 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000282 \text{°С}^{-1}$ , расход  $G_h = 1662.311 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 32$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 3599 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.429 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_c = 888 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 7.131 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 1665.73 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
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 смешения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

## ВАРИАНТ 9

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 27.1 м, диаметр внешней трубы 30.3 мм, диаметр внутренней трубы 18.4 мм, толщина стенки  $\delta_w = 2$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 431 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 247$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 2670.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.487 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_h = 768 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 5.361 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000981 \text{°С}^{-1}$ , расход  $G_h = 5145.101 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 38$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 3266 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.122 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_c = 1393 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 2.900 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 2594.51 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
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 смешения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

## ВАРИАНТ 10

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 13.0 м, диаметр внешней трубы 38.5 мм, диаметр внутренней трубы 22.6 мм, толщина стенки  $\delta_w = 6$  мм, теплопроводность материала стенки

$\lambda_w = 541 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 91 \text{ }^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{ph} = 2248.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{ }^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.442 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{ }^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_h = 932 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 6.577 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000396 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 2939.951 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{pc} = 2904 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{ }^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.321 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{ }^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_c = 828 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 5.486 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 3511.33 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .

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 смешения (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 11.6 м, диаметр внешней трубы 63.2 мм, диаметр внутренней трубы 30.7 мм, толщина стенки  $\delta_w = 3 \text{ мм}$ , теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 352 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 208 \text{ }^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{ph} = 4117.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{ }^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.549 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{ }^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_h = 1417 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 4.428 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000499 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 5163.075 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 32 \text{ }^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{pc} = 3716 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{ }^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.407 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{ }^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_c = 1587 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 2.998 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 5805.40 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
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 смешения (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 12.2 м, диаметр внешней трубы 25.5 мм, диаметр внутренней трубы 16.1 мм, толщина стенки  $\delta_w = 4 \text{ мм}$ , теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 581 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 113 \text{ }^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{ph} = 1959.1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{ }^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.460 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{ }^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_h = 852 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 2.094 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000525 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 321.960 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 23 \text{ }^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{pc} = 1414 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{ }^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.423 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{ }^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_c = 1029 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 0.150 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 428.16 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .

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 смешения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

### ВАРИАНТ 13

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 12.4 м, диаметр внешней трубы 50.5 мм, диаметр внутренней трубы 29.6 мм, толщина стенки  $\delta_w = 3$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 367 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 95$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 3613.2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.153 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$ , плотность  $\rho_h = 1298 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 2.636 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000265$  °С<sup>-1</sup>, расход  $G_h = 1035.812 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 37$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 1530 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.340 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$ , плотность  $\rho_c = 1786 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 5.143 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 1863.63 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
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 смешения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

### ВАРИАНТ 14

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 11.9 м, диаметр внешней трубы 43.4 мм, диаметр внутренней трубы 24.2 мм, толщина стенки  $\delta_w = 3$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 424 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 270$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 3641.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.423 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$ , плотность  $\rho_h = 1132 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 3.395 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000599$  °С<sup>-1</sup>, расход  $G_h = 176.620 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 23$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 1757 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.132 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$ , плотность  $\rho_c = 881 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 2.839 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 99.11 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
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 смешения (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 25.4 м, диаметр внешней трубы 50.4 мм, диаметр внутренней трубы 29.9 мм, толщина стенки  $\delta_w = 2$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 511 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 133$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 3628.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.206 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_h = 793 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 9.558 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000695 \text{°С}^{-1}$ , расход  $G_h = 2928.769 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 22$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 1548 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.196 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_c = 1569 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 4.347 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 4850.92 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
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 смешения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

## ВАРИАНТ 16

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 25.1 м, диаметр внешней трубы 69.1 мм, диаметр внутренней трубы 30.8 мм, толщина стенки  $\delta_w = 3$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 678 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 189$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 1929.7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.183 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_h = 710 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 0.590 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000513 \text{°С}^{-1}$ , расход  $G_h = 336.405 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 30$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 2307 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.179 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_c = 1497 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 0.189 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 203.44 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
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 смешения (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 15.6 м, диаметр внешней трубы 34.0 мм, диаметр внутренней трубы 23.9 мм, толщина стенки  $\delta_w = 4$  мм, теплопроводность материала стенки

$\lambda_w = 377 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 139 \text{ }^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{ph} = 3772.3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.356 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_h = 1563 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 1.276 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000903 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 574.584 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 21 \text{ }^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{pc} = 1654 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.246 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_c = 1396 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 4.050 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 370.89 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .

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 смешения (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 26.1 м, диаметр внешней трубы 42.6 мм, диаметр внутренней трубы 19.6 мм, толщина стенки  $\delta_w = 7 \text{ мм}$ , теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 314 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 141 \text{ }^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{ph} = 3409.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.413 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_h = 698 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 2.678 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000466 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 2302.021 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 37 \text{ }^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{pc} = 2683 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.268 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_c = 1833 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 5.083 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 3434.35 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
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 смешения (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 17.9 м, диаметр внешней трубы 46.6 мм, диаметр внутренней трубы 19.4 мм, толщина стенки  $\delta_w = 6 \text{ мм}$ , теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 415 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 251 \text{ }^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{ph} = 2057.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.280 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_h = 742 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 3.212 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000582 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 149.833 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{pc} = 2352 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.367 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_c = 905 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 8.391 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 218.94 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .



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 смешения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

## ВАРИАНТ 20

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 53.7 мм, диаметр внутренней трубы 30.7 мм, толщина стенки  $\delta_w = 4$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 560 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 169$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 1369.0 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.196 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_h = 1540 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 4.937 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000891 \text{°С}^{-1}$ , расход  $G_h = 389.064 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 30$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 3857 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.255 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_c = 1181 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 5.861 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 473.94 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
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 смешения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

## ВАРИАНТ 21

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 26.4 м, диаметр внешней трубы 87.6 мм, диаметр внутренней трубы 37.9 мм, толщина стенки  $\delta_w = 5$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 515 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 114$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 2349.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.154 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_h = 1204 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 6.434 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000308 \text{°С}^{-1}$ , расход  $G_h = 12070.944 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 33$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 3110 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.537 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_c = 1399 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 6.463 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 10249.13 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
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 смешения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

## ВАРИАНТ 22

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 23.8 м, диаметр внешней трубы 15.7 мм, диаметр внутренней трубы 10.6 мм, толщина стенки  $\delta_w = 4$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 564 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 251$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 2578.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.586 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_h = 1068 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 3.477 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000208\text{°С}^{-1}$ , расход  $G_h = 102.656 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 29$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 1794 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.471 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_c = 1701 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 6.763 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 74.87 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
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 смешения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

## ВАРИАНТ 23

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 11.6 м, диаметр внешней трубы 51.0 мм, диаметр внутренней трубы 21.5 мм, толщина стенки  $\delta_w = 6$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 686 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 174$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 3198.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.316 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_h = 1304 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 9.679 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000254\text{°С}^{-1}$ , расход  $G_h = 699.447 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 29$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 1679 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.480 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_c = 1467 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 1.307 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 951.95 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
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 смешения (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 21.2 м, диаметр внешней трубы 72.3 мм, диаметр внутренней трубы 33.0 мм, толщина стенки  $\delta_w = 6$  мм, теплопроводность материала стенки

$\lambda_w = 495 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 186 \text{ }^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{ph} = 4280.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.288 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_h = 883 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 3.679 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000255 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 2387.324 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «c») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{pc} = 3419 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.544 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_c = 1921 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 7.830 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 3435.54 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .

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 смешения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

### ВАРИАНТ 25

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 19.5 м, диаметр внешней трубы 57.8 мм, диаметр внутренней трубы 27.1 мм, толщина стенки  $\delta_w = 6 \text{ мм}$ , теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 666 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 121 \text{ }^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{ph} = 2999.9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.376 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_h = 798 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 2.607 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000532 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 198.014 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «c») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 38 \text{ }^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{pc} = 1753 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.481 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_c = 818 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 3.401 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 314.00 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
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 смешения (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 23.6 м, диаметр внешней трубы 55.4 мм, диаметр внутренней трубы 27.3 мм, толщина стенки  $\delta_w = 5 \text{ мм}$ , 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  $T_h = 125 \text{ }^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{ph} = 4158.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.329 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_h = 1034 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 4.777 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000664 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , расход  $G_h = 517.019 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «c») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_{pc} = 4066 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.388 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{}^\circ\text{C}}$ , плотность  $\rho_c = 968 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 3.150 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 395.07 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .

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 смешения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

### ВАРИАНТ 27

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 14.3 м, диаметр внешней трубы 63.1 мм, диаметр внутренней трубы 29.5 мм, толщина стенки  $\delta_w = 4$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 572 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 147$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 2784.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.247 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_h = 1263 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 0.949 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000513 \text{°С}^{-1}$ , расход  $G_h = 1362.784 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 30$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 1756 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.559 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_c = 1520 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 7.797 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 1913.62 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
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 смешения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

### ВАРИАНТ 28

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 28.0 м, диаметр внешней трубы 71.5 мм, диаметр внутренней трубы 34.0 мм, толщина стенки  $\delta_w = 3$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 498 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 287$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 2260.4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.527 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_h = 1098 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 0.931 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000357 \text{°С}^{-1}$ , расход  $G_h = 118.210 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 37$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 2664 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.205 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_c = 1336 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 6.939 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 60.38 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
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 смешения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

## ВАРИАНТ 29

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 11.8 м, диаметр внешней трубы 36.5 мм, диаметр внутренней трубы 22.0 мм, толщина стенки  $\delta_w = 6$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 594 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 254$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 1480.6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.589 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_h = 986 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 4.060 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000730\text{°С}^{-1}$ , расход  $G_h = 2005.398 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 34$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 4054 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.195 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_c = 1230 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 3.612 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 1373.42 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
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 смешения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.

## ВАРИАНТ 30

1. Вычислить распределение температур теплоносителей в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе». Использовать модель идеального вытеснения для обоих потоков. Параметры теплообменника: длина 13.0 м, диаметр внешней трубы 45.5 мм, диаметр внутренней трубы 26.9 мм, толщина стенки  $\delta_w = 2$  мм, теплопроводность материала стенки  $\lambda_w = 583 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ . Горячий теплоноситель (обозначен индексом «h») направляется во внутреннюю трубу и имеет следующие параметры: температура  $T_h = 255$  °С, теплоемкость  $c_{ph} = 2110.8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_h = 0.295 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_h = 1499 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_h = 3.299 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , коэффициент термического расширения  $\beta_h = 0.000541\text{°С}^{-1}$ , расход  $G_h = 936.789 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ . Холодный теплоноситель (обозначен индексом «с») направляется в межтрубное пространство и имеет следующие параметры: температура  $T_c = 25$  °С, теплоемкость  $c_{pc} = 3312 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°С}}$ , теплопроводность  $\lambda_c = 0.171 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°С}}$ , плотность  $\rho_c = 1963 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , коэффициент вязкости  $\mu_c = 6.930 \text{мПа}\cdot\text{с}$ , расход  $G_c = 1599.18 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .
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 смешения (температуры взять из предыдущих заданий). Провести сравнение эффективности теплообменников с различной структурой потоков.