

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»**
Высшая школа технологии и энергетики
Кафедра процессов и аппаратов химической технологии

МАШИНЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Выполнение курсовой работы

Методические указания для студентов заочной формы обучения
по направлению подготовки
15.03.02 — Технологические машины и оборудование

Составители:
А. О. Никифоров
М. Е. Донова

Санкт-Петербург
2024

Утверждено
На заседании кафедры ПиАХТ
01.02. 2024 г., протокол № 3

Рецензент Н. П. Мидуков

Методические указания соответствуют программе и учебному плану дисциплины «Машины и аппараты химических производств» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование».

В методических указаниях представлены структура, правила оформления, а также график работы с разделами для оптимизации работы студентов. Теоретический материал сопровождается примером практического расчета машин и аппаратов химических производств.

Методические указания предназначены для бакалавров заочной формы обучения.

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД в качестве
методических указаний

Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016, по паролю.
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 05.03.2024 г. Рег.№ 5004/24

Высшая школа технологии и энергетики СПб ГУПТД
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. Структура курсовой работы	6
2. Оформление курсовой работы	7
3. Используемая методика расчета теплообменника.....	7
4. Примеры расчета теплообменника	12
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	18
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Титульный лист курсовой работы	19
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Задание на курсовую работу	20
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Рабочий график.....	21
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Работа с программой расчета теплообменника.....	22
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Теплообменник «труба в трубе».....	28
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Теплообменник кожухотрубчатый	40
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Теплообменник пластинчатый.....	43

ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа – это самостоятельное исследование студентом определенной проблемы, комплекса взаимосвязанных вопросов, касающихся машин и аппаратов химических производств.

Рассмотрим основные этапы подготовки курсовой работы студентом.

Выполнение курсовой работы начинается с выбора темы. Затем студент приходит на первую консультацию к руководителю, которая предусматривает:

– обсуждение цели и задач работы, основных особенностей выбранной темы;

– консультирование по вопросам подбора литературы;

– составление предварительного плана;

– составление графика выполнения курсовой работы.

Следующим этапом является работа с литературой.

После подбора литературы целесообразно сделать рабочий вариант плана работы. В нем нужно выделить основные вопросы, темы и параграфы, раскрывающие их содержание.

Составленный список литературы и предварительный вариант плана уточняются и согласуются на очередной консультации с руководителем.

Затем начинается следующий этап работы – изучение литературы. Только внимательно читая и конспектируя литературу, можно разобраться в основных вопросах темы и подготовиться к самостоятельному (авторскому) изложению содержания курсовой работы. Конспектируя первоисточники, необходимо отразить основную идею автора и его позицию по исследуемому вопросу, выявить проблемы и наметить задачи для дальнейшего изучения данных проблем.

Систематизация и анализ изученной литературы по проблеме исследования позволяют студенту написать первую (теоретическую) главу.

Выполнение курсовой работы предполагает проведение определенного исследования. На основе разработанного плана студент осуществляет сбор фактического материала, необходимых цифровых данных. Затем полученные результаты подвергаются анализу, статистической, математической обработке и представляются в виде текстового описания, таблиц, графиков, диаграмм. Программа исследования и анализ полученных результатов составляют содержание второй (аналитической) главы. Моделирование осуществляется с использованием специального программного обеспечения, установленного на компьютерах кафедры процессов и аппаратов химической технологии. Руководство пользователя для работы в этой программе рассмотрено в соответствующем разделе данных указаний.

В третьей (рекомендательной) части должны быть отражены мероприятия, рекомендации по рассматриваемым проблемам.

Рабочий вариант текста курсовой работы предоставляется руководителю на проверку. На основе рабочего варианта текста руководитель вместе со студентом обсуждает возможности доработки текста, его оформление. После

доработки курсовая работа сдается на кафедру для ее оценивания руководителем.

Защита курсовой работы студентами проходит в сроки, установленные графиком учебного процесса.

При подготовке к защите курсовой работы студент должен знать основные положения работы, выявленные проблемы и мероприятия по их устранению. Защита курсовой работы проводится в университете при наличии у студента курсовой работы и зачетной книжки. Оценка за курсовую работу дифференцирована. Преподаватель оценивает защиту курсовой работы и заполняет графу «оценка» в ведомости и в зачетной книжке.

Не допускаются к защите варианты курсовых работ, найденные в Интернете, сканированные варианты учебников и учебных пособий, а также копии ранее написанных студенческих работ.

1. СТРУКТУРА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Объём курсовой работы, не считая библиографического списка и приложений, составляет не более 40 страниц компьютерного текста, набранного в соответствии с требованиями, изложенными ниже в разделе «Оформление курсовой работы» [1].

По своей структуре курсовая работа должна содержать:

- введение, в котором раскрываются актуальность и значение темы, формулируются цели и задачи работы;
- обзор литературы, в котором даны история вопроса, уровень разработанности проблемы в теории и на практике посредством сравнительного анализа литературных источников, теоретические основы разрабатываемой темы;
- практические разработки и рекомендации, основанные на применении методов теории систем, обоснованные расчетами, графиками, таблицами, схемами;
- заключение, в котором содержатся выводы и рекомендации относительно возможностей практического применения материалов работы;
- список используемых источников;
- приложения (если требуются).

Примерный график выполнения курсовой работы (табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Примерный график выполнения курсовой работы

Номер недели	Примерные даты	Вид деятельности	Время с/м работы	Форма отчетности
1	01.09-08.09	1. Получение задания	0,5	Формулировка цели и задачи работы
2	08.09-20.09	2. Изучение литературы	6,5	Литература для проработки
3	20.09-10.10	3. Моделирование теплообменника	9,0	Система математических уравнений
4	10.10-27.10	4. Решение системы математических уравнений	9,0	Решение поставленной задачи
5	27.10-02.11	5. Подготовка выводов и предложений	1,0	Выводы и предложения
6	02.11-20.11	6. Оформление работы	2	Электронный экземпляр курсовой работы

Окончание таблицы 1.1

Номер недели	Примерные даты	Вид деятельности	Время с/м работы	Форма отчетности
7	20.11-10.12	7. Проверка и исправление замечаний	1	Исправление замечаний
8	10.12-24.12	8. Защита курсовой работы	3	Оценка курсовой работы

Структурными элементами курсовой работы являются:

– Титульный лист. Обязательный элемент, шаблоны представлены в Приложении 1.

– Задание на курсовую работу. Рекомендуемый бланк задания представлен в Приложении 2.

– Рабочий график выполнения курсовой работы. Обязательный элемент, шаблон представлен в Приложении 3.

– Содержание. Обязательный элемент.

– Введение. Обязательный элемент.

– Основная часть. Обязательный элемент.

– Заключение. Обязательный элемент.

– Список использованных источников. Обязательный элемент.

– Приложения. Необязательный элемент.

Каждый структурный элемент должен начинаться с нового листа.

Отдельные элементы по требованию кафедры могут быть оформлены в рамке по ГОСТ Р 2.105–2019.

2. ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Шрифт: Times New Roman, обычный, цвет: черный, размер 14 пт.

Выравнивание текста – по ширине.

Межстрочный интервал – полуторный (допускается одинарный).

Красная строка (абзацный отступ) – 1,25 см.

Отступы и интервалы в тексте – 0 см.

Размеры полей: левое – 3,0 см, правое – 1,5 см, верхнее и нижнее – 2,0 см.

Номера страниц – арабскими цифрами, внизу по центру тем же шрифтом и размером, что и основной текст.

Титульный лист включают в общую нумерацию страниц. Номер страницы на титульном листе не проставляют.

3. ИСПОЛЬЗУЕМАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕПЛООБМЕННИКА

Для решения задачи теплообмена требуется задать ряд исходных и справочных данных. При выборе вещества из базы данных все его известные

теплофизические свойства задаются автоматически. Также допускается их ввод пользователем системы.

Для продукта, если его фазовое состояние не меняется, требуется задать температуру на входе и выходе теплообменника, а также массовый расход. Если фазовое состояние продукта изменяется (продукт конденсируется или испаряется), то необходимо задать его давление (для чистого вещества), или температуру кипения (для смеси), а также массовый расход. Если в теплообменнике происходит подогрев жидкости до температуры кипения и (или) перегрев паров, охлаждение паров до температуры конденсации и (или) переохлаждение конденсата, также необходимо задать температуру на входе и выходе теплообменника.

Для теплоносителя, если его фазовое состояние не меняется, необходимо задать начальную температуру и еще один параметр: конечную температуру либо массовый расход. В случае изменения фазового состояния теплоносителя задается его давление (для чистого вещества) или температура кипения (для смеси).

Расчет требуемой поверхности теплообмена состоит из нескольких этапов [2, 3]:

1. Определение тепловой нагрузки аппарата по продукту, среднего логарифмического температурного напора и средних температур продукта и теплоносителя.

2. Определение из теплового баланса расхода теплоносителя (если задана его конечная температура) либо конечной температуры (если задан расход теплоносителя).

3. Если выбран ориентировочный вид расчета (для кожухотрубчатого теплообменника, внутреннего змеевика или рубашки) или расчет по заданному коэффициенту теплопередачи Kt , производится определение ориентировочной площади поверхности теплообмена. Если выбран поверочный тип расчета, то см. п. 5.

4. Предварительный выбор теплообменника по найденной поверхности теплообмена.

5. Определение коэффициентов теплоотдачи для продукта и теплоносителя с использованием критериальных уравнений для соответствующих тепловых процессов, режимов теплоносителей, конструктивных характеристик теплообменника (площадей проходных сечений трубного и межтрубного пространства, геометрического расположения труб и т.д.).

6. Определение температур стенок со стороны продукта и теплоносителя из решения системы уравнений баланса тепловых потоков.

7. Пересчет коэффициента теплопередачи с учетом термических сопротивлений слоев загрязнений стенок со стороны продукта и теплоносителя.

8. Определение расчетной поверхности теплообмена по основному уравнению теплопередачи и окончательный выбор теплообменника.

Расчет коэффициентов теплоотдачи

Выбор уравнений для уточненного расчета коэффициентов теплоотдачи зависит от характера теплообмена (без изменения агрегатного состояния, кипение или конденсации), от вида выбранной поверхности теплообмена (плоской, трубчатой), от типа конструкции (кожухотрубчатый теплообменник, змеевик, рубашка и др.), от режима движения теплоносителя (турбулентный, промежуточный или ламинарный) [2]. В общем виде критериальная зависимость для определения коэффициентов теплоотдачи имеет вид (3.1):

$$Nu = f(Re, Pr, Gr, \dots), \quad (3.1)$$

где:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda} \text{ – критерий Нуссельта;}$$

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot d^3 \cdot \rho^2}{\mu^2} \cdot \Delta t \text{ – критерий Грасгофа;}$$

$$Pr = \frac{c \cdot \mu}{\lambda} \text{ – критерий Прандтля;}$$

$$Re = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\mu} \text{ – критерий Рейнольдса;}$$

β – коэффициент объемного расширения, K^{-1}

d – диаметр аппарата, м;

l – геометрический параметр аппарата, м;

c, λ, μ , – удельная теплоемкость, коэффициент теплопроводности, динамическая вязкость (Дж/кг $^\circ$ К, Вт/м $^\circ$ К, Па \cdot с, м 2 /с);

v – скорость потока, м/с;

ρ – плотность конденсата, кг/м 3 ;

Δt – разность температур между стенкой и средой, $^\circ$ К.

Во многие расчетные формулы для определения коэффициента теплоотдачи в явном или неявном виде входит температура стенки.

Таким образом, в общем виде выражения для расчета коэффициентов теплоотдачи можно записать в следующем виде (3.2):

$$\alpha = \frac{\lambda}{l} \cdot f(Re, Pr, Gr, t_{cm} \dots) \quad (3.2)$$

Ниже приводятся выражения для расчета коэффициентов теплоотдачи, используемые в системе.

Для случая *свободной конвекции жидкости или газа* (емкостной аппарат без перемешивающего устройства, теплоотдача от тепловой изоляции в окружающий воздух и т.п.) (3.3, 3.4, 3.5) [3]:

$$\alpha = \frac{\lambda}{H} \cdot 1,18 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,125} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0,25}, \text{ если } Gr \cdot Pr \leq 500; \quad (3.3)$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{H} \cdot 0,54 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,25} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0,25}, \text{ если } 500 < Gr \cdot Pr \leq 2 \cdot 10^7; \quad (3.4)$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{H} \cdot 0,135 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,33} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0,25}, \text{ если } Gr \cdot Pr > 2 \cdot 10^7, \quad (3.5)$$

где H – высота теплообменной поверхности;

Pr_{cm} – значение критерия Прандтля при температуре стенки.

Для случая *вынужденного движения жидкости или газа по трубам и каналам* (кожухотрубчатый теплообменник, «труба-в-трубе») (3.6, 3.7, 3.8) [3]:

$$\alpha = \frac{\lambda}{d} \cdot 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0,25}, \text{ если } Re > 10000 \text{ (турбулентный режим);} \quad (3.6)$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{d} \cdot 0,0015 \cdot Re^{1,09} \cdot Pr^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0,25}, \text{ если } 2300 \leq Re < 10000 \text{ (переходный режим);} \quad (3.7)$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{d} \cdot 0,17 \cdot Re^{0,33} \cdot Pr^{0,43} \cdot Gr^{0,1} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0,25}, \text{ если } Re < 2300 \text{ (ламинарный режим),} \quad (3.8)$$

где d – внутренний диаметр трубы (эквивалентный диаметр канала).

Для случая *поперечного обтекания жидкостью или газом пучка труб* (межтрубное пространство кожухотрубчатого теплообменника) (3.9, 3.10, 3.11) [3]:

$$\alpha = \frac{\lambda}{d_n} \cdot 0,6 \cdot 0,22 \cdot Re^{0,65} \cdot Pr^{0,36} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0,25}, \text{ если } Re \geq 1000 \text{ и в трубной решетке шахматное расположение труб;} \quad (3.9)$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{d_n} \cdot 0,6 \cdot 0,4 \cdot Re^{0,6} \cdot Pr^{0,36} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0,25}, \text{ если } Re \geq 1000 \text{ и в трубной решетке рядное расположение труб;} \quad (3.10)$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{d_n} \cdot 0,6 \cdot 0,56 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,36} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0,25}, \text{ если } Re < 1000, \quad (3.11)$$

где d_n – наружный диаметр трубы

Для случая *кипения жидкости на наружной поверхности пучка труб* (кипение в межтрубном пространстве кожухотрубчатого теплообменника) (3.12) [4]:

$$\alpha = 600 \cdot \Phi \cdot (p \cdot 10^{-6})^{1,33} \cdot (t_{cm} - t)^{2,33}, \quad (3.12)$$

где p – давление паров чистого вещества или смеси, МПа; Φ принимает следующие значения: 1 – для воды, 0,204 – для рассола, 0,155 – для сахара (25%), 0,02 – для бензола, 0,025 – для толуола, 0,074 – для этанола и 0,033 – для метанола.

Для случая *кипения жидкости при вынужденном движении в трубах* (кипение в трубном пространстве кожухотрубчатого теплообменника) (3.13) [3]:

$$\alpha = \left(0,075 + 0,75 \cdot \left(\frac{\rho_n}{\rho - \rho_n} \right)^{0,6667} \right)^3 \cdot \frac{\lambda^2 \cdot (t_{cm} - t)^2 \cdot \rho}{\mu \cdot \sigma \cdot (t + 273)}, \quad (3.13)$$

где ρ_n – плотность пара, кг/м³;

σ – коэффициент поверхностного натяжения, Н·м.

Для случая *конденсации пара в вертикальном аппарате* (конденсация в трубном и межтрубном пространстве вертикального кожухотрубчатого теплообменника) (3.14) [4]:

$$\alpha = 1,15 \cdot \left(\frac{r \cdot \rho^2 \cdot \lambda^3 \cdot 9,807}{\mu \cdot H \cdot (t - t_{cm})} \right)^{0,25}, \quad (3.14)$$

где r – удельная теплота конденсации (парообразования), Дж/кг;

H – рабочая высота вертикальной трубы, м.

Для случая *конденсации пара в горизонтальном аппарате* (конденсация в трубном и межтрубном пространстве горизонтального кожухотрубчатого теплообменника) (3.15) [4]:

$$\alpha = 0,72 \cdot \left(\frac{r \cdot \rho^2 \cdot \lambda^3 \cdot 9,807}{\mu \cdot d \cdot (t - t_{cm})} \right)^{0,25} \quad (3.15)$$

Для случая *турбулентного перемешивания в аппарате с механическими мешалками* (вертикальный аппарат с перемешивающим устройством) (3.16) [5]:

$$\alpha = 0,267 \cdot \left(\frac{N \cdot c \cdot \rho^2 \cdot \lambda^3}{V \cdot \mu^2} \right)^{0,25}, \quad (3.16)$$

где N – мощность, затрачиваемая на перемешивание, Вт;

V – объём среды в аппарате, м³.

Для случая *вынужденного движения жидкости в змеевике, рубашке из полутруб* (движение жидкости во внутреннем концентрическом змеевике, рубашке емкостного аппарата, выполненной из труб, полутруб, уголка или швеллера) (3.17) [5]:

$$\alpha = \frac{\lambda}{d_3} \cdot 0,023 \cdot \text{Re}^{0,8} \cdot \text{Pr}^{0,33} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_{cm}} \right)^{0,14} \cdot \varepsilon, \quad (3.17)$$

где d_3 – внутренний диаметр трубы змеевика или эквивалентный диаметр канала рубашки, м;

μ_{cm} – динамическая вязкость жидкости при температуре стенки, Па·с;

ε – поправка на изогнутость канала змеевика или рубашки.

Для случая *конденсации пара в змеевике, рубашке из полутруб* (конденсация пара во внутреннем концентрическом змеевике, рубашке емкостного аппарата, выполненной из труб, полутруб, уголка или швеллера) (3.18, 3.19) [5]:

$$\alpha = 0,555 \cdot \left(\frac{\lambda^3 \cdot \rho(\rho - \rho_n) \cdot 9,807}{\mu \cdot (t - t_{cm}) \cdot d_3} \cdot (r + 0,68 \cdot c \cdot (t - t_{cm})) \right)^{0,25} \quad \text{если } \text{Re}_n < 35000; \quad (3.18)$$

$$\alpha = 0,086 \cdot \frac{\lambda}{d_3} \cdot \left(\left(\sqrt{\frac{\rho}{\rho_n}} + 1 \right) \cdot \frac{4 \cdot G_k}{\mu \cdot \pi \cdot d_3} \right)^{0,8} \cdot \left(\frac{\mu \cdot c}{\lambda} \right)^{0,33} \quad \text{во всех остальных случаях,} \quad (3.19)$$

где Re_n – критерий Рейнольдса для пленки конденсата;

G_k – массовый расход конденсата, кг/с.

Для случая *движения жидкости в пластинчатом теплообменнике* (3.20) [4]:

$$\alpha = \frac{\lambda}{d_3} \cdot 0,135 \cdot \text{Re}^{0,73} \cdot \text{Pr}^{0,43} \cdot \left(\frac{\text{Pr}}{\text{Pr}_{cm}} \right)^{0,25}, \quad (3.20)$$

где d_3 – эквивалентный диаметр каналов пластин теплообменника, м.

4. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ТЕПЛООБМЕННИКА

Расчет кожухотрубчатого теплообменника

Проверка исходных данных

Вещество/смесь во внутренней трубе является продуктом

Находится в жидком состоянии

Вещество/смесь во внешней трубе является теплоносителем/хладагентом

Проверка исходных данных для продукта и теплоносителя/хладагента

СООБЩЕНИЕ: Расход теплоносителя/хладагента будет рассчитан

Проверка завершена успешно

Проверка теплофизических свойств веществ

Проверка завершена успешно

Проверка характеристик теплообменника

Проверка завершена успешно

Проверка исходных данных завершена

Исходные данные

Трубное пространство

Состав смеси:

Толуол: 100%

Вещество/смесь является продуктом

Тепловой процесс без изменения агрегатного состояния

Вещество/смесь находится в жидком состоянии

Начальная температура, гр. С: 21

Конечная температура, гр. С: 98

Массовый расход, кг/ч: 20000

Межтрубное пространство

Состав смеси:

Вода и водяной пар: 100%

Вещество/смесь является теплоносителем/хладагентом

Изменение агрегатного состояния (конденсация)

Давление вещества/смеси, МПа: 0,160

Температура кипения, гр. С: 112,399

Материал труб: Нержавеющая сталь 12X18H10T

Расположение теплообменника: Горизонтальное

Выбор стандартного теплообменника

Найден подходящий теплообменник

Требуемая поверхность теплообмена, м²: 35,794

Действительная поверхность теплообмена, м²: 41,700

Параметры кожухотрубчатого теплообменника

Обозначение теплообменника:	ТН, ТК
Поверхность теплообмена, м ² :	41,700
Внутренний диаметр кожуха, мм:	400
Длина труб теплообменника, мм:	4000
Толщина стенок труб, мм:	2
Наружный диаметр труб, мм:	20
Число ходов по трубам:	2
Площадь проходного сечения одного хода по трубам, м ² :	0,016
Площадь проходного сечения в вырезе перегородки м ² :	0,018
Площадь проходного сечения между перегородками, м ² :	0,030
Расположение труб в трубной решетке: Шахматное	
Максимальное число рядов труб:	14
Количество найденных теплообменников, [шт.]	1

Расчет пластинчатого теплообменника

Проверка исходных данных

Вещество/смесь в первом контуре является продуктом

Находится в жидком состоянии

Вещество/смесь во втором контуре является теплоносителем/хладагентом

Находится в жидком состоянии

Проверка исходных данных для продукта и теплоносителя/хладагента

СООБЩЕНИЕ: Конечная температура теплоносителя/хладагента будет рассчитана

Проверка завершена успешно

Проверка теплофизических свойств веществ

Проверка завершена успешно

Проверка исходных данных завершена

Исходные данные

Первый контур

Состав смеси:

Этиловый спирт: 100%

Вещество/смесь является продуктом Тепловой процесс без изменения агрегатного состояния

Вещество/смесь находится в жидком состоянии

Начальная температура, гр. С: 10

Конечная температура, гр. С: 60

Массовый расход, кг/ч: 20000

Второй контур

Состав смеси:

Вода и водяной пар: 100%

Вещество/смесь является теплоносителем/хладагентом

Тепловой процесс без изменения агрегатного состояния

Вещество/смесь находится в жидком состоянии

Начальная температура, гр.С: 80

Конечная температура, гр. С:	59,297
Массовый расход, кг/ч:	30000,000

Расчет

Значения температур

Средняя температура в первом контуре, гр. С:	35
Средняя температура во втором контуре, гр. С:	69,649
Средняя разность температур, гр. С:	32,475
Тепловой поток по продукту, Вт:	7,23e+05
Коэффициент теплопередачи, Вт/(м ² *К):	300
Ориентировочная поверхность теплообмена м ² :	74,211

Расчет теплообменника типа «Труба в трубе»

Проверка исходных данных

Вещество/смесь во внутренней трубе является продуктом

Находится в жидком состоянии

Вещество/смесь во внешней трубе является теплоносителем/хладагентом

Находится в жидком состоянии

Проверка исходных данных для продукта и теплоносителя/хладагента

СООБЩЕНИЕ: Конечная температура теплоносителя/хладагента будет рассчитана

Проверка завершена успешно

Проверка теплофизических свойств веществ

Проверка завершена успешно

Проверка исходных данных завершена

Исходные данные

Внутренняя труба

Состав смеси:

Метиловый спирт: 100%

Вещество/смесь является продуктом

Тепловой процесс без изменения агрегатного состояния

Вещество/смесь находится в жидком состоянии

Начальная температура, гр. С: 50

Конечная температура, гр. С: 35

Массовый расход, кг/ч: 20000

Внешняя труба

Состав смеси:

Вода и водяной пар: 100%

Вещество/смесь является теплоносителем/хладагентом

Тепловой процесс без изменения агрегатного состояния

Вещество/смесь находится в жидком состоянии

Начальная температура, гр. С: 20

Конечная температура, гр. С: 26,224

Массовый расход, кг/ч: 30000,000

Расчет

Значения температур

Средняя температура во внутренней трубе, гр. С:	42,500
Средняя температура во внешней трубе, гр. С:	23,112
Средняя разность температур, гр. С:	19,052
Тепловой поток по продукту, Вт:	2,169e+05
Коэффициент теплопередачи, Вт/(м ² *К):	300
Ориентировочная поверхность теплообмена, м ² :	37,944

Средняя температура во внешней трубе, гр. С:	23,112
Средняя разность температур, гр. С:	19,052
Тепловой поток по продукту, Вт:	2,169e+05
Коэффициент теплопередачи, Вт/(м ² *К):	300
Ориентировочная поверхность теплообмена, м ² :	37,944

Расчет внутреннего змеевика

Проверка исходных данных

Вещество/смесь в пространстве змеевика является теплоносителем/хладагентом

Вещество/смесь в пространстве аппарата является продуктом

Находится в жидком состоянии

Проверка исходных данных для продукта и теплоносителя/хладагента

СООБЩЕНИЕ: Расход теплоносителя/хладагента будет рассчитан

Проверка завершена успешно

Проверка теплофизических свойств веществ

Проверка завершена успешно

Проверка исходных данных завершена

Исходные данные

Пространство змеевика

Состав смеси:

Вода и водяной пар: 100%

Вещество/смесь является теплоносителем/хладагентом

Изменение агрегатного состояния (конденсация)

Давление вещества/смеси, МПа: 0,200

Температура кипения, гр. С: 119,207

Пространство аппарата

Состав смеси:

Уксусная кислота: 100%

Вещество/смесь является продуктом

Тепловой процесс без изменения агрегатного состояния

Начальная температура в аппарате, гр. С: 25

Конечная температура в аппарате, гр. С: 70

Длительность нагрева, чч:мм:сс 01:05:00

Объем среды в аппарате, м³ 3

Расчет

Значения температур

Средняя температура в змеевике, гр. С:	119,207
Средняя температура в аппарате, гр. С:	47,500
Средняя разность температур, гр. С:	69,289
Тепловой поток по продукту, Вт:	76263,798
Коэффициент теплопередачи, Вт/(м ² *К):	300
Ориентировочная поверхность теплообмена, м ² :	0,590

Расчет рубашки

Проверка исходных данных

Вещество/смесь в пространстве рубашки является теплоносителем/хладагентом

Вещество/смесь в пространстве аппарата является продуктом

Находится в жидком состоянии

Проверка исходных данных для продукта и теплоносителя/хладагента

СООБЩЕНИЕ: Расход теплоносителя/хладагента будет рассчитан

Проверка завершена успешно

Проверка теплофизических свойств веществ

Проверка завершена успешно

Проверка характеристик теплообменника

Проверка исходных данных завершена

Исходные данные

Пространство рубашки

Состав смеси:

Вода и водяной пар: 100%

Вещество/смесь является теплоносителем/хладагентом

Изменение агрегатного состояния (конденсация)

Давление вещества/смеси, МПа: 0,400

Температура кипения, гр. С: 142,445

Пространство аппарата

Состав смеси:

Аммиак: 100%

Вещество/смесь является продуктом

Тепловой процесс без изменения агрегатного состояния

Начальная температура в аппарате, гр. С: 21

Конечная температура в аппарате, гр. С: 55

Длительность нагрева, чч:мм:сс 12:20:00

Объем среды в аппарате, м³. 3

Параметры рубашки и аппарата

Тип рубашки: Полутруба

Материал рубашки: Нержавеющая сталь 12Х18Н10Т

Диаметр полутрубы, мм: 50

Высота полутрубы, мм: 25

Толщина стенки рубашки, мм:	4
Толщина стенки аппарата, мм:	6
Диаметр навивки рубашки, мм:	1,600
Шаг навивки рубашки, мм:	60
Число витков рубашки:	190
Мощность перемешивающего устройства, кВт:	60
Расчет	
Средняя температура в рубашке, гр. С:	142,445
Средняя температура в аппарате, гр. С:	38
Средняя разность температур, гр. С:	103,516
Предельный тепловой поток, Вт:	1,134e+06
Найденные температуры стенок	
Температура стенки в рубашке, гр. С:	126,314
Температура стенки в аппарате, гр. С:	67,514
Результат расчета	
Коэффициент теплопроводности материала стенки, Вт/(м*К):	15,946
Коэффициент теплоотдачи в рубашке, Вт/(м ² *К):	9096,294
Коэффициент теплоотдачи в аппарате, Вт/(м ² *К):	4971,649
Сопротивление загрязнений в рубашке, м ² *К/Вт:	0,00017
Сопротивление загрязнений в аппарате, м ² *К/Вт:	0,00030
Коэффициент теплопередачи, Вт/(м ² *К):	846,164
Требуемая поверхность теплообмена, м ² :	0,056
Обеспечиваемая поверхность теплообмена, м ² :	0,058
Требуемый тепловой поток, Вт:	4916,216
Максимально возможный тепловой поток, Вт:	5041,239
Требуемый тепловой поток обеспечивается	
Расчет изоляции	
Температура стенки в рубашке, гр. С:	142,446
Температура внутреннего слоя изоляции, гр. С:	142,405
Толщина слоя изоляции, мм:	31,863

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Оформление текстовой части курсовой работы и курсового проекта. Краткая выписка из ГОСТ 7.32-2017 «Отчет о научно- исследовательской работе. Структура и правила оформления»: методические рекомендации / сост.: М. Д. Баранова, А. Ю. Котова. – СПб: ВШТЭ СПбГУПТД, 2023. – 20с. – URL: <https://nizrp.narod.ru/recomedation.pdf> (дата обращения: 14.01.2024). – Текст: электронный.
2. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию / Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский [и др.] ; под ред. Ю. И. Дытнерского. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1991. – 496 с. – Текст: непосредственный.
3. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи): учебное пособие / П. Г. Романков, В. Ф. Фролов, О. М. Флисюк, М. И. Курочкина. – СПб: Химия, 1993. – 496 с. – Текст: непосредственный.
4. Машины и аппараты химических производств: Примеры и задачи: учебное пособие / И. В. Доманский, В. П. Исаков, Г. М. Островский [и др.]; под общ. ред. В. Н. Соколова. – Л.: Машиностроение, 1982. –384 с., ил. – Текст: непосредственный.
5. Брагинский, Л. Н. Перемешивание в жидких средах: Физические основы и инженерные методы расчета / Л. Н. Брагинский, В. И. Бегачев, В. М. Барабаш. – Л.: Химия, 1984. – 336с. – Текст: непосредственный.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Титульный лист курсовой работы

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

Институт Технологии

Кафедра процессов и аппаратов химической технологии

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине «Машины и аппараты химических производств»

на тему:

Расчет теплообменника

Выполнил студент учебной группы №

(фамилия, имя, отчество)

Проверил

(должность, фамилия, имя, отчество)

**Санкт-Петербург
2024**

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Задание на курсовую работу

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

Институт Технологии

Кафедра процессов и аппаратов химической технологии

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЕ РАБОТУ

по дисциплине «Машины и аппараты химических производств»

Студенту _____ группа _____

Тема проекта _____

Содержание пояснительной записки

Реферат.

Введение.

1. Название раздела

2. Название раздела.

3. Название раздела.

Заключение.

Список использованных источников

Приложение. Название приложения

Графический материал

1. Схема теплообменника

Исходные данные

Руководитель

(должность/ звание, ученая степень, Ф.И.О.)

(подпись)

Задание на курсовую работу выдано «__» _____ 202_ г.

Срок предоставления курсовой работы к защите «__» _____ 202_ г.

Исполнитель

Ф.И.О.

(подпись)

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Рабочий график

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

Институт Технологии

Кафедра процессов и аппаратов химической технологии

РАБОЧИЙ ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ
по дисциплине «Химические реакторы»

Студент _____ группа _____
Тема работы _____

Дата	Содержание выполняемых работ и заданий	Форма отчетности

Руководитель _____

(должность/ звание, ученая степень, Ф.И.О.)

(подпись)

Рабочий график согласован «__» _____ 202_ г.

Исполнитель _____

Ф.И.О.

(подпись)

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Работа с программой расчета теплообменника



Для создания нового документа выполните команду верхнего меню **Файл – Создать – «Требуемый тип теплообменника»**. Другим способом создания нового документа является выбор его из меню кнопки **Создать** (рис. 4.1).

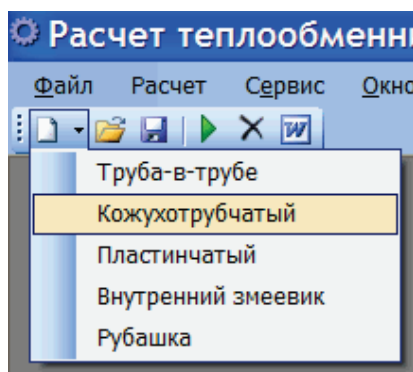




Рисунок 4.1 – Создание файла теплообменника

После выполнения команды **Создать** в главном окне программы появится новый документ, соответствующий выбранному типу теплообменника.

Открытие

 Чтобы открыть существующий документ, выполните команду верхнего меню **Файл – Открыть**. Другим способом открытия документа является щелчок левой клавишей мыши на кнопке **Открыть** на панели инструментов или нажатие сочетания клавиш на клавиатуре **Ctrl+O**. В появившемся на экране диалоговом окне укажите имя файла и нажмите кнопку **Открыть**.

Сохранение

 Для сохранения документа на диске вызовите команду **Файл – Сохранить**. Другим способом сохранения документа является щелчок левой клавишей мыши на кнопке **Сохранить** на панели инструментов или нажатие сочетания клавиш на клавиатуре **Ctrl+S**. Документ будет автоматически сохранен в той же папке и в том же файле, что и в последний раз. При необходимости Вы можете сохранить документ под другим именем или в другой папке, выполнив команду **Файл – Сохранить как**.

Заккрытие

Чтобы закрыть документ, вызовите команду **Файл – Заккрыть**. Другим способом закрытия документа является нажатие сочетания клавиш на клавиатуре **Ctrl+W**. Если документ содержит несохраненные изменения, то на экране появится запрос на подтверждение закрытия документа.

Ввод и редактирование исходных данных (рис. 4.2)

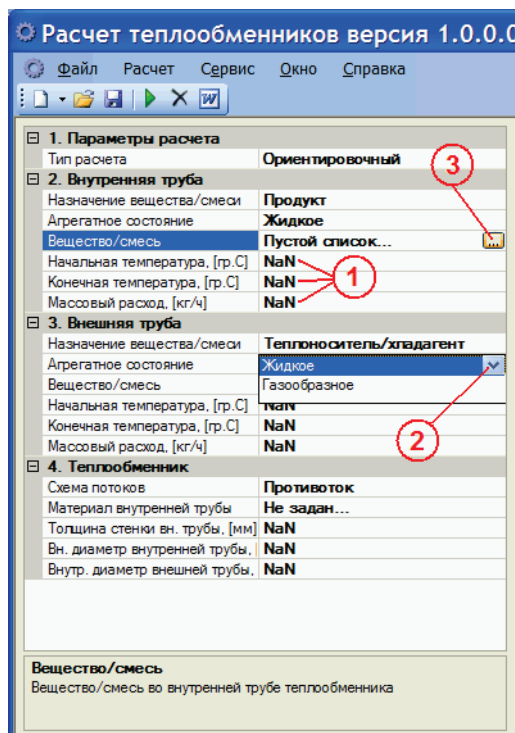


Рисунок 4.2 – Ввод данных

После выполнения команды **Создать** в главном окне программы будет создан новый документ, соответствующий выбранному типу теплообменника. Перед тем, как выполнить расчет, необходимо ввести исходные данные. Ввод осуществляется несколькими способами. Например, такие исходные данные как начальная температура, конечная температура, массовый расход, геометрические характеристики теплообменника вводятся непосредственно с клавиатуры (1). По умолчанию таким характеристикам присваивается значение NaN – (англ. Not-a-Number), буквальный перевод – «не число», т.е. фактически «никакое», пустое значение.

Такие данные, как тип расчета, назначение вещества/смеси, агрегатное состояние выбираются из выпадающих списков. (2).

Выбор вещества/смеси для продукта и теплоносителя, материала стенки, материала изоляции для рубашек осуществляется при помощи диалоговых окон, которые открываются при нажатии на кнопку (3).

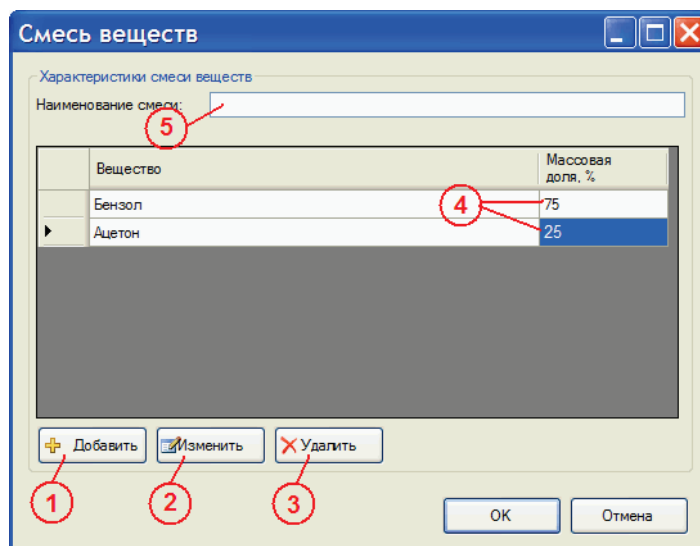


Рисунок 4.3 – Смесь веществ

Диалоговое окно **Смесь веществ** (рис. 4.3) позволяет задавать характеристики смеси нескольких веществ: добавлять (1), изменять (2) или удалять (3) компоненты смеси, задавать массовую долю каждого компонента (4), вводить наименование смеси в поле текстового ввода (5).

Если наименование смеси не введено, то оно формируется автоматически на основе введенных наименований компонентов, например, так: «Бензол (75); Ацетон (20)».

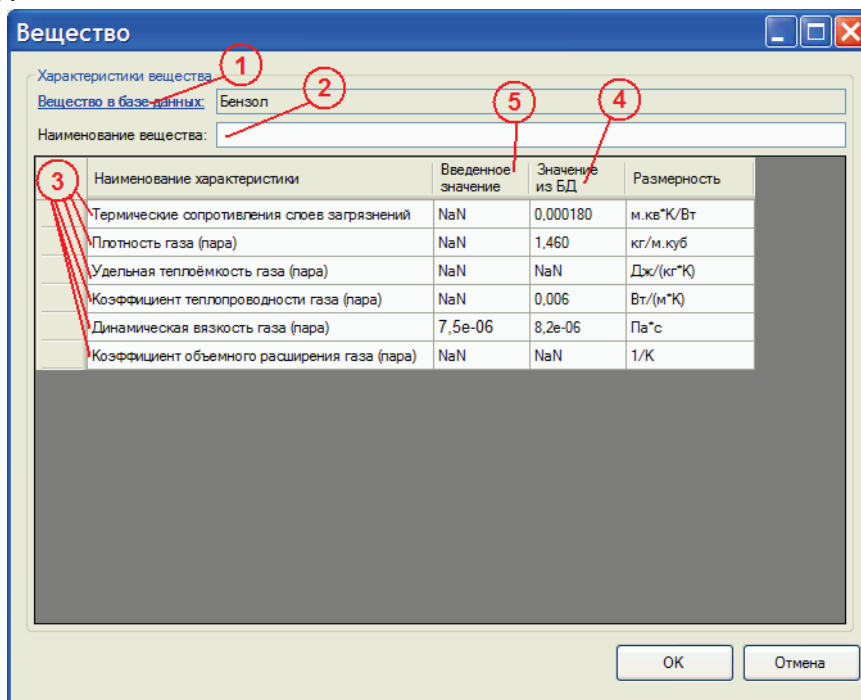


Рисунок 4.4 – Добавить вещество


После нажатия на кнопку **Добавить** или **Изменить** откроется диалоговое окно **Вещество** (рис. 4.4).

С помощью этого диалогового окна можно изменять теплофизические характеристики веществ. Щелчок на ссылке **Вещество в базе данных** (1) откроет диалоговое окно, позволяющее выбрать требуемое вещество из


справочника. В текстовом поле (2) можно задать наименование вещества. Если наименование вещества не задано, то будет использовано наименование из справочника. Список характеристик в таблице (3) зависит от вида теплового процесса, агрегатного состояния вещества. Колонка **Значение из БД** (значение из базы данных) (4) используется как индикатор наличия/отсутствия соответствующей характеристики в справочнике. Если значение в этой колонке равно NaN, то характеристики в справочнике нет, иначе отображаются значения при 25°C и давлении 0,1 МПа. Колонка **Введенное значение** (5) позволяет задать значение соответствующей характеристики, для чего необходимо сделать двойной щелчок левой клавишей мыши в соответствующую ячейку. Если характеристика есть и в справочнике, и введена в колонку **Введенное значение** (в данном примере значение динамической вязкости газа (пара) из справочника равно 8,2e-06, а введенное значение равно 7,5e-06), то при расчете будет использоваться введенное значение 7,5e-06. Чтобы вернуться к использованию значения из справочника, нужно ввести вместо 7,5e-06 значение NaN или 0.

Выполнение расчетов


Рассчитать

 Чтобы начать расчет теплообменника выполните команду верхнего меню **Расчет – Рассчитать**. Другим способом выполнения расчета является щелчок левой клавишей мыши на кнопке **Рассчитать** на панели инструментов или нажатие клавиши **F5** на клавиатуре. После этого осуществится автоматическая проверка введенных данных, и, если все данные введены корректно, то будет запущена процедура расчета теплообменника. Ход расчета и конечный результат будут выведены в окно расчета.

Очистить окно расчета

 Чтобы очистить окно расчета, выполните команду верхнего меню **Расчет – Очистить окно расчета** или выполните щелчок левой клавишей мыши на кнопке **Очистить окно расчета** на панели инструментов. Следует отметить, что окно расчета очищается автоматически при каждом выполнении команды **Рассчитать**.

Передать в MS Word

 Чтобы передать содержимое окна расчета в текстовый редактор Microsoft Word, выполните команду **Расчет – Передать в MS Word** или выполните щелчок левой клавишей мыши на кнопке **Передать в MS Word** на панели инструментов. При этом на компьютере пользователя должен быть установлен Microsoft Word 2003 или более поздней версии.

Настройки программы

Чтобы открыть диалоговое окно **Параметры программы** (рис. 4.5), выполните команду **Сервис – Параметры....**

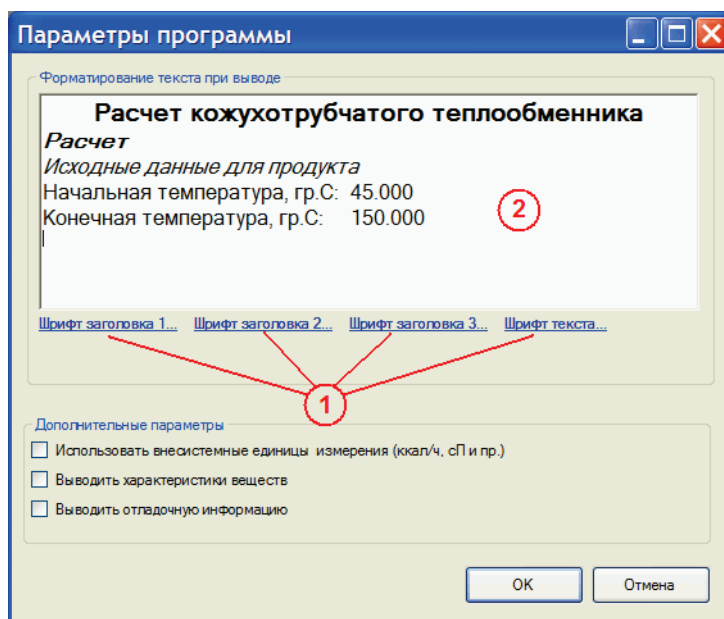


Рисунок 4.5 – Параметры программы

Открывшееся диалоговое окно позволяет изменять параметры шрифтов заголовков различных уровней и текста. Для этого необходимо щелкнуть левой клавишей мыши на соответствующую ссылку (1), после чего откроется стандартное системное диалоговое окно **Шрифт**. Все изменения отображаются в окне просмотра (2).

Также в этом окне можно задать дополнительные параметры. Если отмечен флажок **Использовать внесистемные единицы измерения**, то в окне расчета и при вводе исходных данных будут использоваться внесистемные единицы измерения: вместо $\text{Па}\cdot\text{с}$ – сП; вместо $\text{Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{К})$ – $\text{ккал}/(\text{ч}\cdot\text{м}\cdot^{\circ}\text{С})$; вместо $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{К})$ – $\text{ккал}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{С})$; вместо $\text{м.кв}\cdot^{\circ}\text{К}/\text{Вт}$ – $\text{м.кв}\cdot^{\circ}\text{С}\cdot\text{ч}/\text{ккал}$; вместо $1/^{\circ}\text{К}$ – $1/^{\circ}\text{С}$; вместо $\text{Дж}/\text{кг}$ – $\text{ккал}/\text{кг}$; вместо $\text{Вт}/(\text{м.кв}\cdot^{\circ}\text{К})$ – $\text{ккал}/(\text{ч}\cdot\text{м.кв}\cdot^{\circ}\text{С})$. Замечание: в данной версии программы.

Работа со справочником веществ (ввод новых характеристик в базу данных и редактирование существующих) осуществляется только в системных единицах!

Если отмечен флажок **Выводить характеристики веществ**, то в окно расчета будут дополнительно выводиться значения всех теплофизических характеристик продукта и теплоносителя при их средней температуре соответственно.

Если отмечен флажок **Выводить отладочную информацию**, то в окно расчета будут дополнительно выводиться некоторые промежуточные значения переменных и прочая информация, полезная при отладке программы и поиске ошибок.

Справочник характеристик веществ

Для выполнения теплового расчета требуется большое количество справочных данных о теплофизических свойствах используемых рабочих сред, включающих в себя плотность, вязкость, удельную теплоемкость, коэффициент теплопроводности, коэффициент объемного расширения, коэффициент

поверхностного натяжения, удельную теплоту парообразования. Все эти характеристики зависят от температуры.

Значения характеристик веществ представлены в реляционной базе данных на основе парадигмы «объект-свойство-значение». В окне интерфейса пользователя справочника данные представлены в виде иерархии (слева направо) **Вещество** → **Зависимость** → **Значения зависимости**.


В таблице **Вещество** хранится следующая информация: *Наименование вещества* (например, «Бензол»); *Назначение вещества* (одно из трех возможных значений: «Рабочая среда и теплоносители»; «Материалы стенки» или «Изоляционные материалы»); флажок *Не отображать* (если вещество из справочника временно не используется, то его можно не удалять из базы данных, а пометить как неотображаемое).


В таблице **Зависимость** хранится следующая информация: *Наименование зависимости* (например, «Динамическая вязкость паров аммиака от температуры»); *Определяющая характеристика* (как правило, это температура «Температура t, [гр.С]»); *Зависимая характеристика* (например, «Динамическая вязкость газа (пара) μ , [Па·с]»). Значения определяющей и зависимой характеристики представляют собой идентификаторы, взятые из справочника характеристик.


В таблице **Значения зависимости** хранятся пары значений $X \leftrightarrow Y(X)$ (Значение определяющей характеристики \leftrightarrow Значение зависимой характеристики).


Чтобы открыть окно работы со справочником характеристик веществ, выполните команду **Сервис – Характеристики веществ**.

Стандартные команды для работы с данными

 Добавить новую запись. После выполнения этой команды открывается диалоговое окно, в котором нужно ввести необходимые значения полей новой записи.

 Редактировать текущую запись. После выполнения этой команды открывается диалоговое окно, в котором можно отредактировать поля текущей записи.

 Удалить текущую запись. После выполнения этой команды откроется диалоговое окно для подтверждения удаления текущей записи.

 Обновить данные. После выполнения этой команды происходит повторное считывание содержимого таблиц из базы данных.

ТЕПЛООБМЕННИКИ «ТРУБА В ТРУБЕ» ПО ТУ 3612-014-00220302-99

Теплообменные аппараты «труба в трубе» (далее – теплообменники) однопоточные разборные типа ТТОР, однопоточные неразборные типа ТТОН, многопоточные разборные типа ТТМ, разборные малогабаритные типа ТТРМ и их модификации предназначены для нагрева и охлаждения сред в технологических процессах нефтяной, химической, нефтехимической, газовой и других отраслях промышленности и изготавливаются для внутрироссийских и зарубежных поставок.

Теплообменники изготавливаются следующих исполнений:

1 – с приварными двойниками;

2 – со съемными двойниками.

В теплообменниках применяются теплообменные трубы гладкие (Г).

Теплообменники могут эксплуатироваться в условиях макроклиматических районов с умеренным и тропическим климатом. Климатическое исполнение (У) и (Т), категория изделия 1, 2 и 3 по ГОСТ 15150.

Теплообменники рассчитаны на установку в географических районах сейсмичностью менее 7 баллов по принятой в РФ 12-балльной шкале. Возможность эксплуатации в районах с сейсмичностью 7 и более баллов определяется расчетом на сейсмичность по СНиП II-7-81 (с учетом конкретного типоразмера и схемы компоновки аппаратов).

Основные параметры теплообменников должны соответствовать указанным в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Основные параметры теплообменников «труба в трубе»

Наименование параметров		Значения параметров для теплообменников типа			
		ТТОН	ТТОР	ТТМ	ТТРМ
Поверхность теплообмена гладких труб, м ²		0,11 – 4,45	5,0 – 18,0	3,9 – 93,0	0,55 – 4,6
Исполнение теплообменных труб		Г; ПР; Ш	Г	Г; ПР; Ш	Г; ПР; Ш
Наружный диаметр теплообменных труб, мм		25; 38; 48; 57; 89; 108; 133; 159	89; 108; 133; 159	38; 48; 57	25; 38; 48; 57
Наружный диаметр кожуховых труб, мм		57; 76; 89; 108; 133; 159; 219	133; 159; 219	89; 108	57; 76; 89; 108
Условное давление, МПа, не более	В трубах	1,6; 4,0; 6,3; 10,0; 16,0	1,6; 4,0	1,6; 4,0*)	6,3; 10,0; 16,0
	В кожухе	1,6; 4,0; 6,3; 10,0	1,6; 4,0	1,6; 4,0*)	1,6; 4,0; 6,3; 10,0

Наименование параметров	Значения параметров для теплообменников типа				
	ТТОН		ТТОН		ТТОН
Температура рабочей среды, °С	в трубах	от минус 30 до 300	от минус 30 до 400	от минус 30 до 400	от минус 30 до 400
	в кожухе	от минус 30 до 300	от минус 30 до 400	от минус 30 до 400	от минус 30 до 400
Длина теплообменных труб, мм		1500; 3000; 4500; 6000; 9000;	4500; 6000; 9000	3000; 4500; 6000; 9000;	1500; 3000; 4500; 6000;

Поверхность теплообмена по наружному диаметру труб и площадь проходных сечений по трубному и кольцевому пространствам теплообменников должны соответствовать следующим параметрам:

Наибольшая допускаемая разность температур стенок кожуховых (t_k) и теплообменных труб (t_t) для теплообменников типа ТТОН не должна превышать: -50 °С для теплообменников исполнения М1; -40 °С для теплообменников исполнения М3.

Наибольшая допускаемая разность температур входа и выхода среды кольцевого пространства для теплообменников типа ТТОР не должна превышать 150 °С.

Наибольшая допускаемая разность температур входа и выхода среды кольцевого пространства для теплообменников типа ТТМ и ТТРМ не должна превышать: -150 °С для теплообменников исполнений М1, М2, М4 и М6; -100 °С для теплообменников исполнения М5.

Теплообменники должны быть герметичными. Класс герметичности 5 по ГОСТ 26-11-14. Назначенный срок службы теплообменников для сред, вызывающих скорость проникновения коррозии в глубину металла не более 0,1 мм в год: 5 лет – для аппаратов типа ТТОН; 8 лет – для аппаратов типа ТТОР; 12 лет – для аппаратов типов ТТМ и ТТРМ.

Для теплообменников, отработавших назначенный срок службы, он может быть продлен по результатам технического диагностирования и определения остаточного ресурса в установленном порядке.

Циклическая нагрузка допускается в пределах 1000 циклов за весь период службы. По требованию потребителя допускается:

- принимать уменьшенный диаметр одного или нескольких штуцеров (увеличение диаметра штуцеров не допускается);
- уплотнительную поверхность аппаратных фланцев и фланцев штуцеров выполнять "шип-паз" на $P_u \leq 4,0$ МПа;
- производить крепление труб в трубных решетках обваркой с развальцовкой (при отсутствии специального указания тип соединения труб с трубными решетками выбирает предприятие-изготовитель);
- не устанавливать детали для крепления теплоизоляции.

Применять условное обозначение (шифр) стандартного теплообменника по ТУ 3612-014-00220302-99 для изготовления аппарата, отличающегося по параметрам, указанным в настоящих технических условиях, равно как и ссылка

на стандартные аппараты по ТУ 3612-014-00220302-99 не допускается.

Выбор геометрических характеристик аппарата по техническим условиям должен определяться на основании теплового и гидравлического расчета и осуществляться на основании технологических данных.

Выбор материального исполнения должен основываться на материалах стойких в коррозионном отношении для сред при данных условиях эксплуатации.

Рекомендации по выбору и области применения теплообменных аппаратов типа «труба в трубе»

Теплообменники типа ТТОН

Неразборные однопоточные теплообменники «труба в трубе» ТТОН предназначены для таких условий эксплуатации, когда среда, проходящая в кольцевом пространстве, не дает отложений, вызывающих необходимость механической очистки наружной поверхности теплообменных труб, их характеристики должны соответствовать данным приведенным в таблице 5.2.

Аппараты с приварными двойниками (1 исполнение) предназначены для условий, когда среда трубного пространства также не требует механической очистки внутренней поверхности теплообменных труб (рис. 5.1).

Аппараты со съёмными двойниками (2 исполнение) наиболее пригодны для условий эксплуатации, вызывающих необходимость регулярной механической очистки внутренней поверхности теплообменных труб от загрязнений (рис. 5.2).

Таблица 5.2 – Основные размеры теплообменников ТТОН, размеры в мм

Условное обозначение группы элементов	Сортамент труб		Длина труб lt	Длина секции L		Ду	h	А0	А
	теплообменных	кожуховых		исполнение					
				1	2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТТОН 25/57-6,3/4,0	25x3	57x4	1500	1620	1810	40	90	100	1300
			3000	3120	3310				2800
ТТОН 25/57-16,0/4,0	25x4		1500	1620	1810				1300
			3000	3120	3310				2800
ТТОН 25\57-16,0\10,0	38x4	57x5	1500	1620	1810				1300
			3000	3120	3310				2800
ТТОН 38/57-6,3/4,0		57x4	1500	1630	1840	1300			
			3000	3130	3340	2800			

Продолжение таблицы 5.2

Условное обозначение группы элементов	Сортамент труб		Длина труб lt	Длина секции L		Ду	h	A0	A
				исполнение					
	теплообменных	кожуховых		1	2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТТОН 38/57-16,0/4,0			1500	1630	1840				1300
			3000	3130	3340				2800
ТТОН 38/57-16,0/10,0	38x5	57x5	1500	1630	1840				1300
			3000	3130	3340				2800
ТТОН 38/76-6,3/4,0	38x4	76x4	1500	1670	1880			115	1270
			3000	3170	3380				2770
ТТОН 38/89-6,3/4,0		89x5	3000	3170	3380			130	2740
			4500	4670	4880				4240
ТТОН 48/76-6,3/4,0	48x4	76x4	3000	3180	3430				2770
			4500	4680	4930				4270
			6000	6180	6430				5770
ТТОН 48/76-10,0/6,3		76x5	3000	3180	3430	50	130	115	2770
			4500	4680	4930				4270
			6000	6180	6430				5770
ТТОН 48/76-16,0/10,0	48x5	76x6	3000	3180	-				2770
			4500	4680					4270
			6000	6180					5770
ТТОН 48/89-10,0/6,3		89x5	3000	3180	3430			130	2740
			4500	4680	4930				4240
			6000	6180	6430				5740

Продолжение таблицы 5.2

Условное обозначение группы элементов	Сортамент труб		Длина труб lt	Длина секции L		Ду	h	А0	А
				исполнение					
	теплообменных	кожуховых		1	2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТТОН 48/89-16,0/10,0			3000	3180	-				2740
			4500	4680					4240
			6000	6180					5740
ТТОН 48/108-6,3/4,0	48x4	108x5	3000	3240	3430	80	190	150	2700
			4500	4740	4930				4200
			6000	6240	6430				5700
ТТОН 48/108-10,0/6,3	48x5	108x6	3000	3180	3430	80	190	150	2700
			4500	4680	4930				4200
			6000	6180	6430				5700
ТТОН 57/89-10,0/6,3	57x5	89x5	4500	4690	4970	50	130	130	4240
			6000	6190	6470				5740
ТТОН 57/89-16,0/10,0	57x6	89x6	4500	4690	-	50	130	130	4240
			6000	6190					5740
ТТОН 57/108-6,3/4,0	57x5	108x5	4500	4750	5030	80	190	150	4200
			6000	6250	6530				5700
ТТОН 57/108-10,0/6,3		108x6	4500	4750	5030	80	190	150	4200
			6000	6250	6530				5700

Продолжение таблицы 5.2

Условное обозначение группы элементов	Сортамент труб		Длина труб lt	Длина секции L		Ду	h	А0	А
				исполнение					
	теплообменных	кожуховых		1	2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТТОН 57/108- 16,0/10,0	57x6	108x8	4500	4750	-				4200
			6000	6250					5700
ТТОН 89/133- 1,6/1,6 ТТОН 89/133- 4,0/1,6	89x5	133x6	6000	-	6535	80	240	160	5680
			9000		9535				8680
			6000		6555				5680
			9000		9555				8680
ТТОН 89/133- 6,3/4,0			6000	6330	6625				5680
			9000	9330	9625				8680
ТТОН 89/133- 10,0/6,3	89x6		6000	6330					5680
			9000	9330					8680
ТТОН 89/133- 16,0/10,0	89x8	133x8	6000	6330	-				5680
			9000	9330					8680
ТТОН 89/159- 1,6/1,6 ТТОН 89/159- 4,0/1,6	89x5	159x6	6000	-	6535	100	270	180	5640
			9000		9535				8640
			6000		6555				5640
			9000		9555				8640
ТТОН 89/159- 6,3/4,0			6000	6330	6625				5640
			9000	9330	9625				8640
ТТОН 89/159- 10,0/6,3	89x6	159x8	6000	6330	-	100	270	180	5640
			9000	9330					8640

Продолжение таблицы 5.2

Условное обозначение группы элементов	Сортамент труб		Длина труб lt	Длина секции L		Ду	h	А0	А
				исполнение					
	теплообменных	кожуховых		1	2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТТОН 89/159- 16,0/10,0	89x8	159x12	6000	6330					5640
			9000	9330					8640
ТТОН 108/159- 1,6/1,6	108x5		6000		6585				5640
			9000		9585				8640
ТТОН 108/159- 4,0/1,6		159x6	6000	-	6645				56408
			9000		9545				640
ТТОН 108/159- 6,3/4,0	108x6		6000	6380	6625				56408
			9000	9380	9625				640
ТТОН 108/159- 10,0/6,3	108x8	159x8	6000	6380	6625				5640
			9000	9380	9625				8640
ТТОН 108/159- 16,0/10,0	108x10	159x12	6000	6380					5640
			9000	9380					8640
ТТОН 133/219- 4,0/1,6		219x6	6000	6380					8640
			9000	9380					5640
ТТОН 133/219- 10,0/1,6	133x6								
ТТОН 133/219- 10,0/1,6	133x8								
ТТОН 133/219- 10,0/4,0		219x8	9000	9455		150	350	210	8580

Условное обозначение группы элементов	Сортамент труб		Длина труб lt	Длина секции L		Ду	h	A0	A	
	теплообменных	кожуховых		исполнение						
				1	2					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ТТОН 159/219- 1,6/1,6	159x6	219x6	6000		6755	125	360	210	5580	
			9000		9755				8580	
ТТОН 159/219- 4,0/1,6		219x6	6000	-	6800				5580	
			9000	9520	9800				8580	
ТТОН 159/219- 6,3/4,0		159x8	219x8	6000	-				6945	5580
				9000	9520				9945	8580
ТТОН 159/219- 10,0/6,3	159x12	219x12	9000	9520	-	8580				

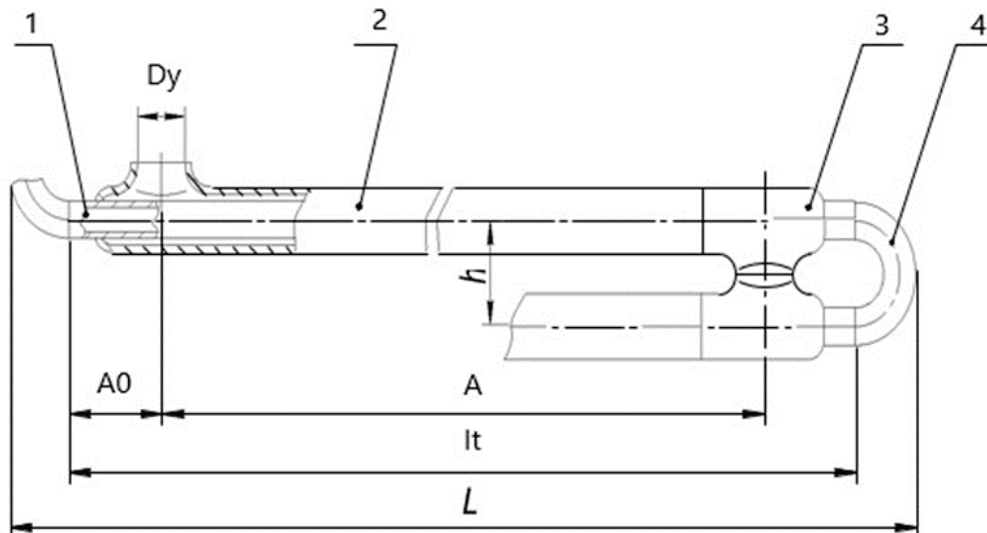


Рисунок 5.1 – Теплообменник «труба в трубе» однопоточный неразборный ТТОН, исполнение 1 – с приварными двойниками:
 1 – труба теплообменная; 2 – труба кожуховая; 3 – тройник специальный;
 4 – двойник

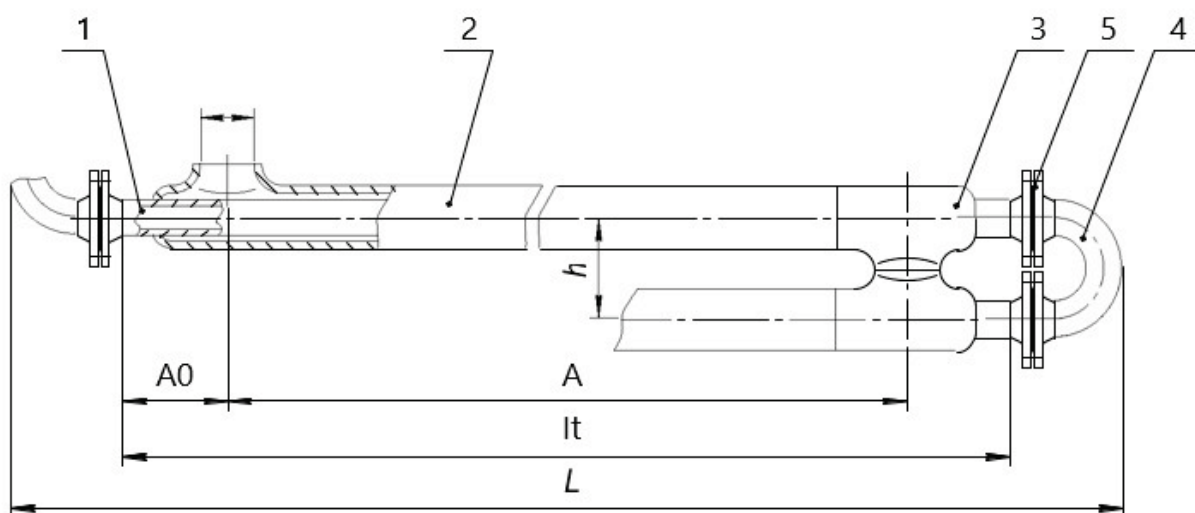


Рисунок 5.2 – Теплообменник «труба в трубе» однопоточный неразборный ТТОН, исполнение 2 – со съёмными двойниками:

1 – труба теплообменная; 2 – труба кожуховая; 3 – тройник специальный; 4 – двойник; 5-нипельное соединение (для теплообменных труб $\varnothing\varnothing$ 25-57 мм)
фланцевое соединение (для теплообменных труб $\varnothing\varnothing$ 89-159 мм)

Теплообменники типа ТТОР

Разборные однопоточные теплообменники «труба в трубе» ТТОР (рис. 5.3) предназначены для загрязненных и склонных к значительным отложениям рабочих сред, а также для сред, несущих взвеси, то есть для таких технологических условий, когда не допускается разделение рабочей среды на параллельные потоки, их характеристики должны соответствовать данным приведенным в таблице 5.2.

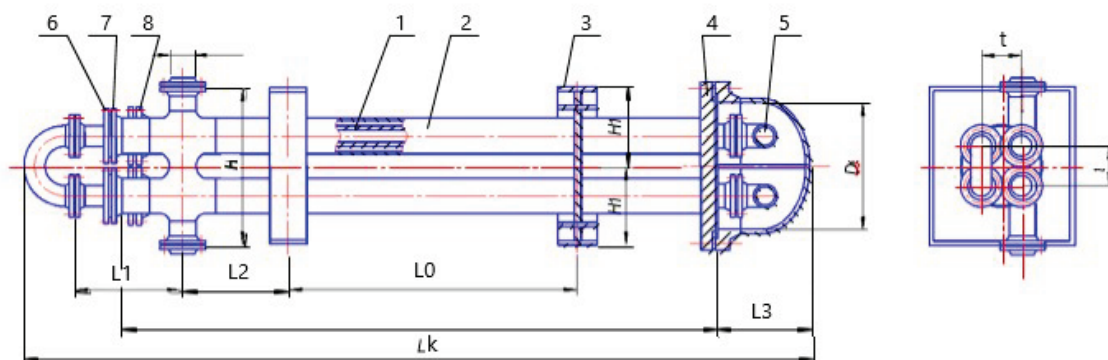


Рисунок 5.3 – Теплообменник «труба в трубе» однопоточный разборный ТТОР:

1 – труба теплообменная; 2 – труба кожуховая; 3 – опора; 4 – решетка кожуховых труб; 5 – камера; 6 – решетка теплообменных труб; 7 – фланец специальный соединения кожуховых труб с решеткой теплообменных труб; 8 – фланец специальный

Аппараты предназначены для применения в различных очистных установках, сооружаемых с целью охраны окружающей среды, в том числе на установках обработки осадков сточных вод, установках сжигания нефтешлама и для аналогичных условий работы в других областях промышленности при расходах жидкостей в кольцевом и трубном пространствах от 2 до 60 т/ч.

Конструкция аппаратов обеспечивает возможность регулярной механической очистки внутренней поверхности теплообменных труб от загрязнений, а также возможность выемки теплообменных труб для их замены или механической очистки наружной поверхности.

Более загрязненная среда одним потоком проходит внутри теплообменных труб, совершая при этом четыре хода по трубному пространству. Менее загрязненная среда противотоком проходит снаружи теплообменных труб, совершая также четыре хода по кольцевому пространству.

Допускается выполнение аппарата двухходовым и, следовательно, двухпоточным по кольцевому пространству для тех случаев, когда это обусловлено условиями теплообмена (снаружи теплообменных труб – процесс теплообмена с испарением или конденсацией). Например, при использовании аппарата в качестве парового подогревателя загрязненного продукта.

Конструкцией аппаратов предусмотрена возможность свободных температурных удлинений теплообменных труб. Возможность температурных удлинений кожуховых труб конструкцией однопоточных четырехходовых по кольцевому пространству аппаратов ограничена, поэтому перепад температур входа и выхода среды, проходящей через кольцевое пространство одного аппарата, не должен превышать 150 °С.

Теплообменники типа ТТМ

Разборные многопоточные теплообменники «труба в трубе» ТТМ (рис. 5.4), в отличие от однопоточных предназначены для относительно больших расходов рабочих сред (в случае жидких сред: от 10 до 200 т/ч в трубном пространстве и от 10 до 300 т/ч в кольцевом пространстве).

Многопоточные теплообменники могут применяться для процессов конвективного теплообмена "жидкость-жидкость", "газ-газ" и "жидкость-газ", а также для процессов теплообмена с частичной конденсацией или испарением рабочих сред.

Типоразмеры с относительно широким кольцевым каналом ($d/D = 38/89$ и $48/108$ мм) выполняются преимущественно с ребристыми и ошипованными трубами и предназначены для нагрева и охлаждения газообразных сред низкого давления и вязких жидкостей, то есть для сред, требующих интенсификации теплообмена при минимальном увеличении гидравлического сопротивления.

Типоразмеры со средним кольцевым каналом ($d/D = 48/89$ и $57/108$ мм) выполняются с гладкими, ребристыми и ошипованными теплообменными трубами. Для грязных сред предпочтительными являются аппараты с трубами 57/108 мм.

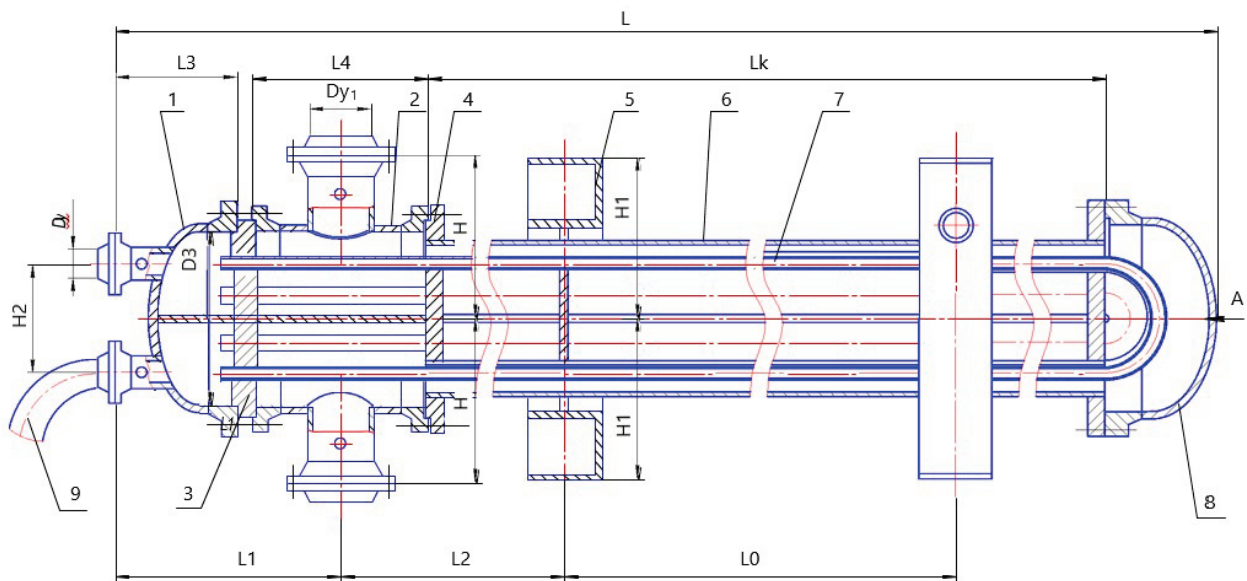


Рисунок 5.4 – Теплообменник «труба в трубе» многопоточный разборный ТТМ, исполнение 1 – с приварными двойниками:

- 1 – камера распределительная; 2 – камера распределительная вторая; 3 – решетка теплообменных труб; 4 – решетка кожуховых труб; 5 – опора; 6 – труба кожуховая; 7 – труба теплообменная; 8 – камера поворотная; 9 – отвод к нижнему аппарату

Ребристые и ошпикованные трубы имеют различные назначения:

– стальные трубы с продольными ребрами предназначены для интенсификации теплоотдачи от газов и вязких жидкостей (с вязкостью до 20...30 сСт) с температурами свыше 150 °С;

– алюминиевые трубы с продольными ребрами предназначены для интенсификации теплоотдачи от газов и вязких жидкостей (с вязкостью до 20...30 сСт) с температурами до 150 °С;

– ошпикованные стальные трубы предназначены для интенсификации теплоотдачи от высоковязких жидкостей (типа мазутов, гудронов и других тяжелых нефтепродуктов). В этой области теплообмена ошпикованные трубы отличаются меньшим гидравлическим сопротивлением и меньшей загрязняемостью, чем ребристые трубы, т.к. они обладают эффектом самоочищения.

Конструкцией многопоточных разборных теплообменников предусмотрена возможность температурных удлинений теплообменных труб. Возможность температурных удлинений кожуховых труб конструкцией ограничена, поэтому перепад температур входа и выхода среды, проходящей через кольцевое пространство одного аппарата, не должен превышать 150 °С.

Конструкция разборных многопоточных теплообменников обеспечивает возможность выемки теплообменных труб для их замены или механической очистки наружной поверхности от загрязнения.

При необходимости регулярной механической очистки внутренней

поверхности теплообменных труб (без их удаления) выбираются аппараты со съемными двойниками на теплообменных трубах, то есть аппараты 2 исполнения и, следовательно, меньших типоразмеров (ТТМ5, ТТМ7).

Теплообменники типа ТТРМ

Разборные малопоточные теплообменники «труба в трубе» ТТРМ предназначены для относительно малых расходов рабочих сред (в случае жидких сред: от 0,1 до 15 т/ч в трубном пространстве и от 0,4 до 30 т/ч в кольцевом пространстве).

Малопоточные теплообменники могут применяться для лабораторных и пилотных установок, а также в качестве мазутоподогревателей и маслоохладителей в различных отраслях промышленности.

Однопоточные теплообменники (ТТРМ1), в которых среда совершает четыре хода по трубному и кольцевому пространствам, предназначены для процессов конвективного теплообмена.

Двухпоточные теплообменники (ТТРМ2), в которых среда совершает два хода, могут, кроме того, применяться и для процессов с конденсацией и испарением в трубном и кольцевом пространствах.

Аппараты однопоточные по трубному пространству и двухпоточные по кольцевому (ТТРМ1/2) применяются в тех случаях, когда внутри теплообменных труб имеет место конвективный теплообмен, а снаружи – процесс с конденсацией или испарением, например, в качестве парового подогревателя жидкого продукта.

Типоразмеры с относительно широким кольцевым каналом ($d/D = 38/89$ мм и $d/D = 48/108$ мм), выполняемые преимущественно с ребристыми и ошпированными трубами, предназначены для разнообразных сред низкого давления и вязких жидкостей, т.е. для сред, требующих интенсификации теплообмена при минимальном гидравлическом сопротивлении.

Аппараты с гладкими трубами могут применяться для процессов конденсации или испарения в кольцевом пространстве.

Теплообменники должны соответствовать требованиям ТУ 3612-014-00220302-99, ОСТ 26-291 «Сосуды и аппараты стальные сварные», «Правилам устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» (ПБ 03-576), «Правилам проектирования, изготовления и приемки сосудов и аппаратов стальных сварных» (ПБ 03-584), «Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия» (ГОСТ Р 52630) и комплекту конструкторской документации, утвержденной в установленном порядке.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Теплообменник кожухотрубчатый

Таблица 6.1 – Параметры кожухотрубчатых теплообменников и холодильников (по ГОСТ 15118-79, ГОСТ 15120-79 и ГОСТ 15122-79).

D кожуха, мм	d труб, мм	Число ходов*	Общее число труб, шт	Поверхность теплообмена (в м ²)** при длине труб, м							Площадь сечения потока, 10 ² м ²		Площадь сечения одного хода по трубам, 10 ² м ²	
				1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	9,0	в вырезе перегородок	между перегородками		
159	20×2	1	19	1,0	2,0	2,5	3,5					0,3	0,5	0,4
	25×2	1	13	1,0	1,5	2,0	3,0					0,4	0,8	0,5
273	20×2	1	61	4,0	6,0	7,5	11,5					0,7	1,0	1,2
	25×2	1	37	3,0	4,5	6,0	9,0					0,9	1,1	1,3
325	20×2	1	100		9,5	12,5	19,0	25,0				1,1	2,0	2,0
		2	90		8,5	11,0	17,0	22,5				1,1	1,6	0,9
	25×2	1	62		7,5	10,0	14,5	19,5				1,3	2,9	2,1
		2	56		6,5	9,0	13,0	17,5				1,3	1,5	1,0
400	20×2	1	181			23,0	34,0	46,0	68,0			1,7	2,5	3,6
		2	166			21,0	31,0	42,0	63,0			1,7	3,0	1,7
	25×2	1	111			17,0	26,0	35,0	52,0			2,0	3,1	3,8
		2	100			16,0	24,0	31,0	47,0			2,0	2,5	1,7
600	20×2	1	389			49	73	98	147			4,1	6,6	7,8
		2	370			47	70	93	139			4,1	4,8	3,7
		4	334			42	63	84	126			4,1	4,8	1,6
		6	316			40	60	79	119			3,7	4,8	0,9
	25×2	1	257			40	61	81	121			4,0	5,3	8,9
		2	240			38	57	75	113			4,0	4,5	4,2
		4	206			32	49	65	97			4,0	4,5	1,8
		6	196			31	46	61	91	91		3,7	4,5	1,1
800	20×2	1	717			90	135	180	270	405		6,9	9,1	14,4
		2	690			87	130	173	260	390		6,9	7,0	6,9
		4	638			80	120	160	240	361		6,9	7,0	3,0
		6	618			78	116	155	233	349		6,5	7,0	2,0
	25×2	1	465			73	109	146	219	329		7,0	7,9	16,1
		2	442			69	104	139	208	312		7,0	7,0	7,7
		4	404			63	95	127	190	285		7,0	7,0	3,0
		6	384			60	90	121	181	271		6,5	7,0	2,2
1000	20×2	1	1173				221	295	442	663		10,1	15,6	23,6
		2	1138				214	286	429	643		10,1	14,6	11,4
		4	1072				202	269	404	606		10,1	14,6	5,1
		6	1044				197	262	393	590		9,6	14,6	3,4
	25×2	1	747				176	235	352	528		10,6	14,3	25,9
		2	718				169	226	338	507		10,6	13,0	12,4
		4	666				157	209	314	471		10,6	13,0	5,5
		6	642				151	202	302	454		10,2	13,0	3,6
1200	20×2	1	1701					427	641	961		14,5	18,7	34,2
		2	1658					417	625	937		14,5	17,6	16,5
		4	1580					397	595	893		14,5	17,6	7,9
		6	1544					388	582	873		13,1	17,6	4,9

Окончание таблицы 6.1

D кожуха, мм	d труб, мм	Число ходов*	Общее число труб, шт	Поверхность теплообмена (в м ²) ** при длине труб, м						Площадь сечения потока, 10 ² м ²		Площадь сечения одного хода по трубам, 10 ² м ²
				1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	в вырезе перегородок	между перегородками	
	25×2	1	1083				340	510	765	16,4	17,9	37,5
		2	1048				329	494	740	16,4	16,5	17,9
		4	986				310	464	697	16,4	16,5	8,4
		6	958				301	451	667	14,2	16,5	5,2

* Холодильники диаметром 325 мм и более могут быть только с числом ходов 2, 4 или 6.

** Рассчитана по наружному диаметру труб.

Таблица 6.2 – Параметры кожухотрубчатых конденсаторов и испарителей (по ГОСТ 15119-79 и ГОСТ 15121-79).

D кожуха, мм	d труб, мм	Число ходов*	Общее число труб, шт	Поверхность теплообмена (в м ²)** при длине труб, м				Площадь сечения одного хода по трубам, 10 ² м ²
				2,0	3,0	4,0	6,0	
600	20×2	2	370		70	93	139	3,7
		4	334		63	84	126	1,6
		6	316		60	79	119	0,9
	25×2	1	257	40	61	81		
		2	240		57	75	113	4,2
		4	206		49	65	97	1,8
800	20×2	2	690		130	173	260	6,9
		4	638		120	160	240	3,0
		6	618		116	155	233	2,0
	25×2	1	465	73	109	146		
		2	442		104	139	208	7,7
		4	404		95	127	190	3,0
1000	20×2	2	1138		214	286	429	11,4
		4	1072		202	269	404	5,1
		6	1044		197	262	393	3,4
	25×2	1	747	117	176	235		
		2	718		169	226	338	12,4
		4	666		157	209	314	5,5
1200	20×2	2	1658			417	625	16,5
		4	1580			397	595	7,9
		6	1544			388	582	4,9
	25×2	1	1083		256	340		
		2	1048			329	494	17,9
		4	986			310	464	8,4
		6	958			301	451	5,2

Окончание таблицы 6.2

D кожуха, мм	d труб, мм	Число ходов*	Общее число труб, шт	Поверхность теплообмена (в м ²)** при длине труб, м				Поверхность теплообмена (в м ²)**при длине труб, м
				2,0	3,0	4,0	6,0	
1400	20×2	2	2298				865	23,0
		4	2204				831	11,0
		6	2162				816	7,2
	25×2	1	1545		372	486		
		2	1504				708	26,0
		4	1430				673	11,8
	6	1396				657	8,0	

* Испарители могут быть только одноходовыми. ** Рассчитана по наружному диаметру труб.

Таблица 6.3 – Масса кожухотрубчатых теплообменников, холодильников, испарителей и конденсаторов со стальными трубами (по ГОСТ 15119-79 – 15122-79).

p, МПа	D кожуха, мм	Число ходов	Трубы ø 20×2 мм, длиной, м					Трубы ø 25×2 мм, длиной, м						
			1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	9,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	9,0
1,6	159	1	196	217	263				192	211	255			
1,6	273	1	388	455	590				465	527	649			
1,6	325	1	495	575	735	895			485	540	680	820		
1,6	325	2	510	575	740	890			485	550	690	820		
1,0	400	1		860	1130	1430	1850			780	1035	1290	1750	
1,0	400	2		870	1090	1370	1890			820	1040	1260	1600	
1,0	600	1		1540	1980	2480	3450			1350	1810	2410	3150	
1,0	600	2, 4, 6		1650	2100	3500	3380			1480	1890	2290	3130	
1,0	800	1		2560	3520	4150	5800	8400		2280	3130	3720	5360	7400
1,0	800	2, 4, 6		2750	3550	4350	5950	8500		2520	3230	3950	5360	7480
0,6	1000	1			5000	6250	9030	12800			4500	5600	7850	11200
0,6	1000	2, 4, 6			5450	6750	9250	12850			4850	6100	8166	11400
0,6	1200	1				9000	12800	18400				8000	11250	16000
0,6	1200	2, 4, 6				9750	13400	18900				8700	11860	16550
1,0	600	1								1340	1760	2180		
1,0	600	2, 4, 6			1970	2420	3320				1780	2220	2930	
1,6	600	1								1400	1790	2200		
1,6	600	2, 4, 6			2050	2510	3450				1850	2250	3060	
1,0	800	1								2300	3200	3660		
1,0	800	2, 4, 6			3600	4400	5900				3200	3900	5200	
1,6	800	1								2400	3350	3840		
1,6	800	2, 4, 6			3850	4500	6100				3450	4050	5600	
1,0	1000	1								3600	4850	5950		
1,0	1000	2, 4, 6			5450	6700	9250				4950	6100	8120	
1,6	1000	1								3800	5000	6050		
1,6	1000	2, 4, 6			5750	7100	9700				5250	6350	8650	
1,0	1200	1									6700	8150		
1,0	1200	2, 4, 6				10100	13450					9100	12000	
1,6	1200	1									7000	8600		
1,6	1200	2, 4, 6				10400	13700					9380	12150	
1,0	1400	1										8630	10680	
1,0	1400	2, 4, 6						18390					16260	
1,6	1400	1									11200	13200		
1,6	1400	2, 4, 6						18790					16830	

Примечания: 1. Испарители могут быть только одноходовыми из труб 25×2 мм.

2. Для труб длиной 1 м масса теплообменников и холодильников равна 174 кг при D = 159 мм и 320 кг при D = 273 мм.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Теплообменник пластинчатый

Таблица 7.1 – Типы и исполнения теплообменников

Тип	Код ОКП	Исполнение
Р – разборные с одинарными пластинами	36 1251	1 – на консольной раме; 2 – на двухпорной раме; 3 – на трехпорной раме
РС – разборные со сдвоенными пластинами		
Н – неразборные	36 1252	-

Таблица 7.2 – Основные параметры и область применения теплообменников

Площадь поверхности теплообмена	Площадь поверхности теплообмена теплообменников типов и исполнений, м ²							Давление рабочее, МПа	Температура рабочих сред, °С	Область применения
	Р			РС			Н			
	1	2	3	1	2	3				
0,2	1; 2; 5; 6,3	10 12,5	16 25 31,5 40	-	-	-	-	1,0	От -20 до +180	Для нагрева или охлаждения высоковязких жидкостей и конденсации вакуумных паров
0,3	3; 5; 8; 10	12,5 16 20 25	-	12, 5 25 33, 5	-	-	-			Для осуществления процессов теплообмена между жидкостями, их парами и газами
0,5	-	-	-	-	31, 5 50 63 80 100 140	160 220 280 300 320	-	<u>1,0</u> 1,6	От -20 до +200	Для осуществления процессов теплообмена между различными жидкостями, их парами и газами, в том числе вредными веществами

Окончание таблицы 7.2

Площадь поверхности	Площадь поверхности теплообмена теплообменников типов и исполнений, м							Давление рабочее, МПа	Температура рабочих сред, °С	Область применения
	Р			РС			Н			
	1	2	3	1	2	3				
0,53	-	-	-	-	40 50 63 80 100 125 140 160	200 250 280 315	-		От -20 до +150	
0,6*	10 16 25	31,5 40 50 63 80 100 140 160	200 250 300	-	-	-	-	1,0**	От -20 до +180	С углом гофра 60° – для теплообмена между газами и конденсации вакуумных паров С углом гофра 120° – для работы с жидкими, парообразными и парогазовыми средами
1,0	-	-	-	-	-	-	-	4,0	От -70 до +150	Для рекуперации тепла регенерированного МЭА – раствора в агрегатах синтеза аммиака
1,3	-	200 300 400	500 600 800	-	-	-	-	1,0	От -20 до +180	Для охлаждения рабочих сред в глиноземном производстве цветных металлов, а также для процессов теплообмена между различными средами

* Пластина изготавливается из сталей с углом гофра 60 и 120°; из титана с углом гофра 60°.

** Для теплообменников из титана – до 0,6 МПа.

Примечания: 1. Разность давлений между полостями – 0,6 МПа для теплообменников типа Р, РС, исполнений 1, 2 и 3.

2. Направление движения рабочих сред для теплообменников Р на базе пластины 0,2 м² – диагональное, остальных – одностороннее.

3, 4. (Измененная редакция, Изм. N 1).

5. (Исключен, Изм. N 1).

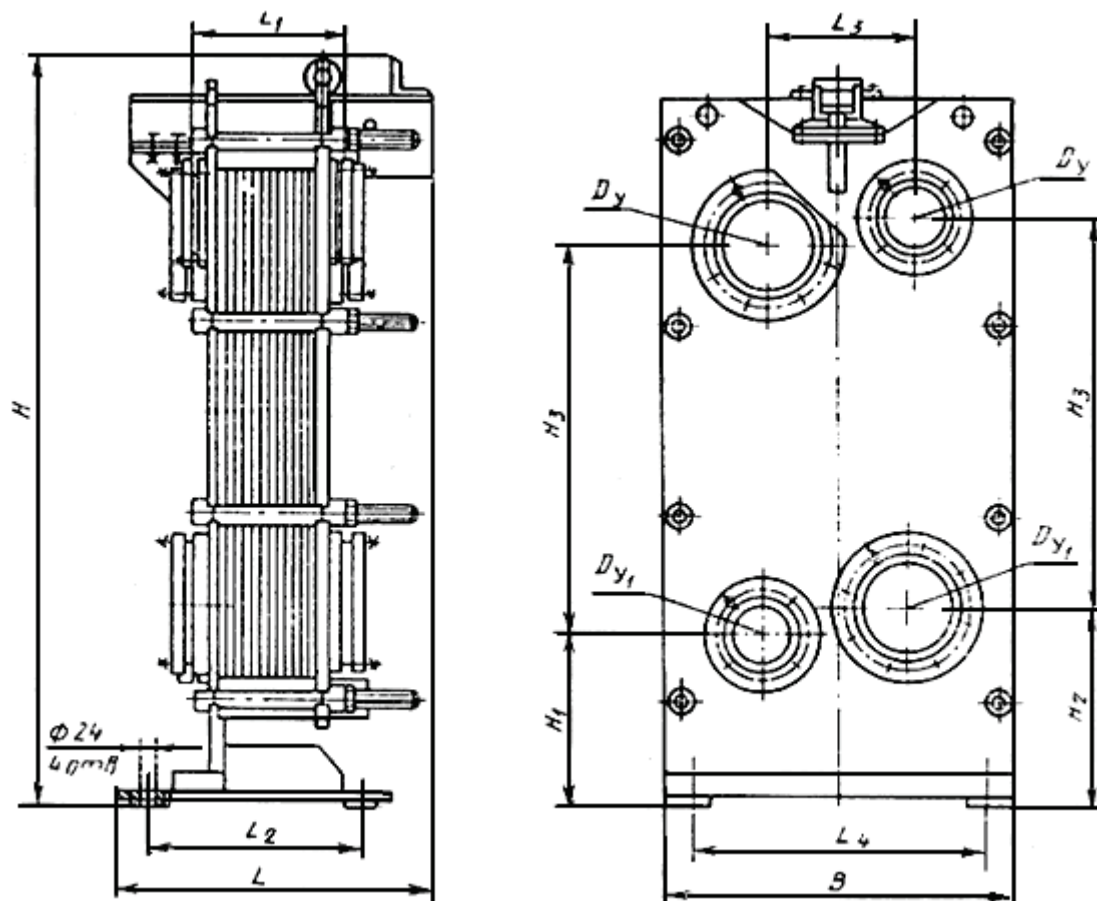


Рисунок 7.1– Теплообменники с пластинами поверхностью теплообмена 0,2 м² (Тип Р. Исполнение 1)

Примечание: 1. Число и расположение штуцеров оговаривается при заказе.

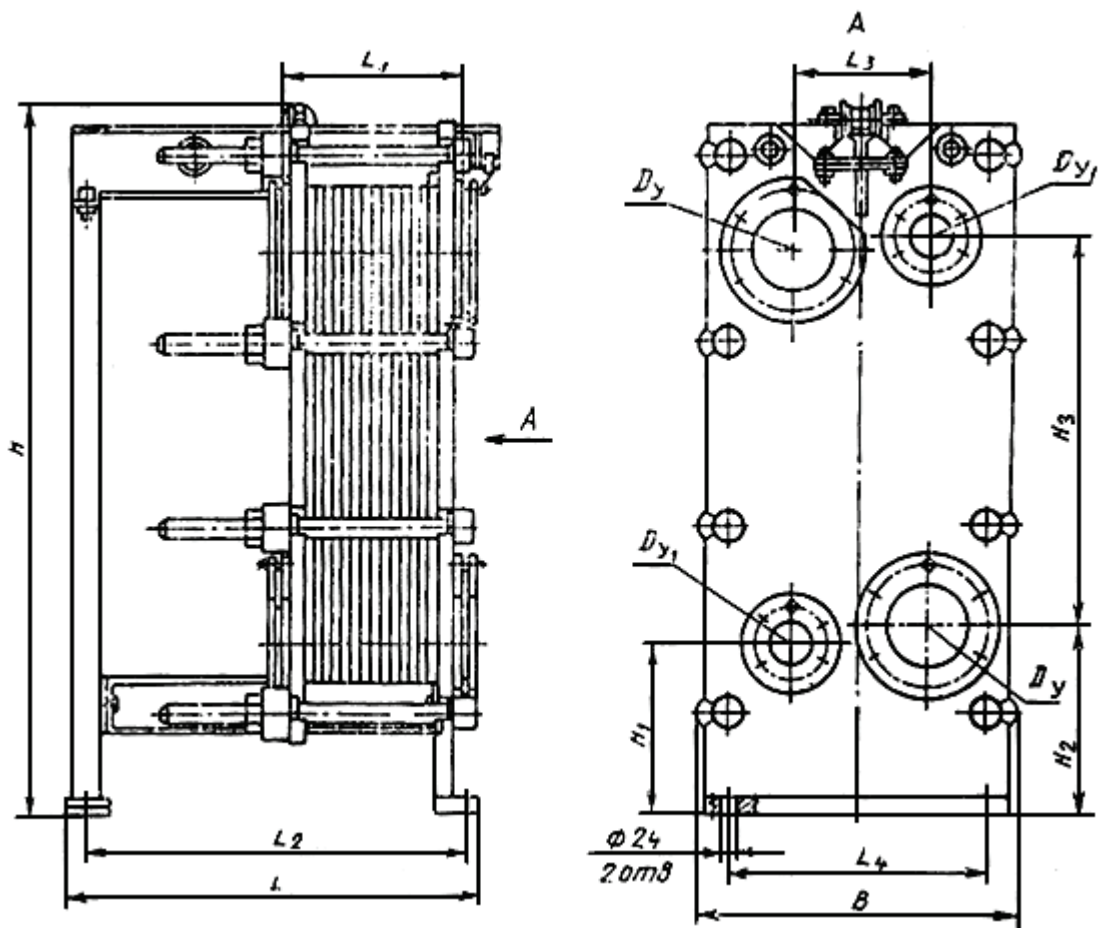


Рисунок 7.2– Теплообменники с пластинами поверхностью теплообмена 0,2 м² (Тип Р. Исполнение 2)

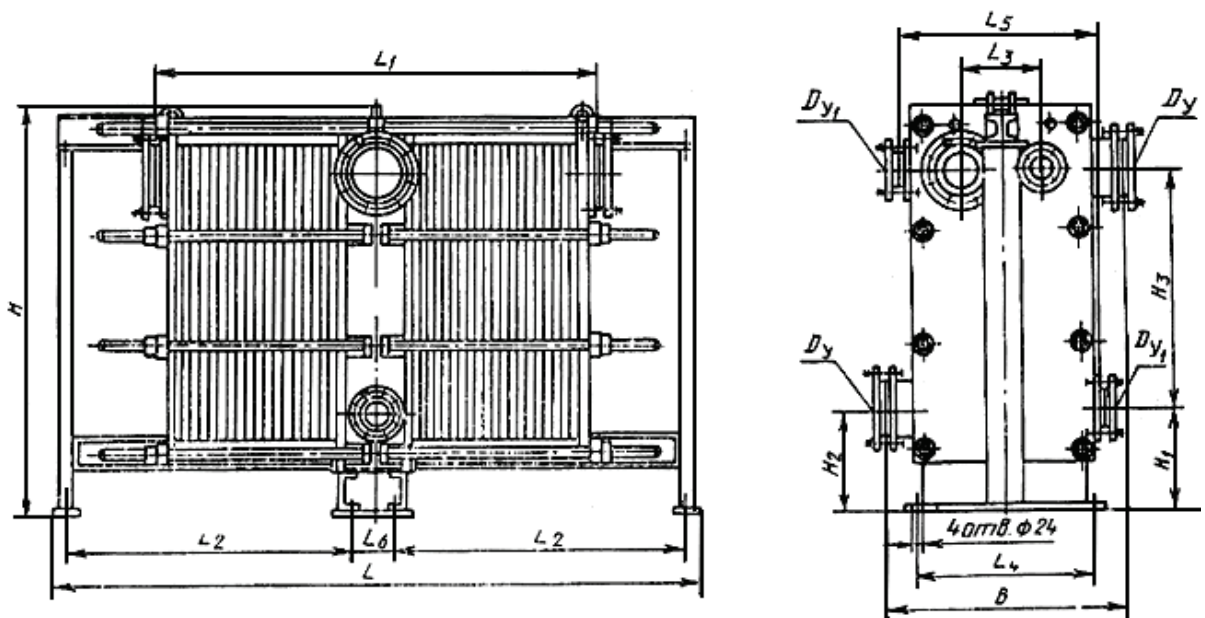


Рисунок 7.3 – Теплообменники с пластинами поверхностью теплообмена 0,2 м² (Тип Р. Исполнение 3)

Таблица 7.3 – Основные размеры теплообменников типа Р

Размеры, мм																					
Площадь поверхности теплообмена пластины, м ²	Исполнение	Площадь поверхности теплообмена теплообменника, м ²	Код ОКП	КЧ	Число пластин, шт.	L ₁ , не более	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	H ₁	H ₂	H ₃	L	B	H	D _в	D _{у1}	Масса, кг, не более	Тепловой поток, кВт, не менее
0,2	1	1	36 1251 3089	09	8	190	190	267	500	-	-	345	380	776	340	590	1390	150	80	546	1,4
		2	36 1251 3104	05	12	215	220								375					562	2,8
		5	36 1251 3119	09	28	315	340								500					622	7,1
		6,3	36 1251 3134	10	34	350	385								550					645	8,9
	2	10	36 1251 3149	03	52	495	770			-	-	325	360		847	608	1365			724	14,1
		12,5	36 1251 3164	04	66	545	880								957					771	17,7
	3	16	36 1251 3179	08	84	895	685		510	795	150	320	355		1615	843	1368			1222	22,6
		25	36 1251 3194	09	128	1040	865								1975					1371	35,3
		31,5	36 1251 3209	08	160	1255	990								2225					1485	44,6
		40	36 1251 3224	09	204	1480	1160								2565					1636	56,6

Примечание: показатели теплового потока и удельной массы рассчитаны в эталонном режиме для воды при температуре $t_{cp}=50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и среднем температурном напоре $\Delta t=1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

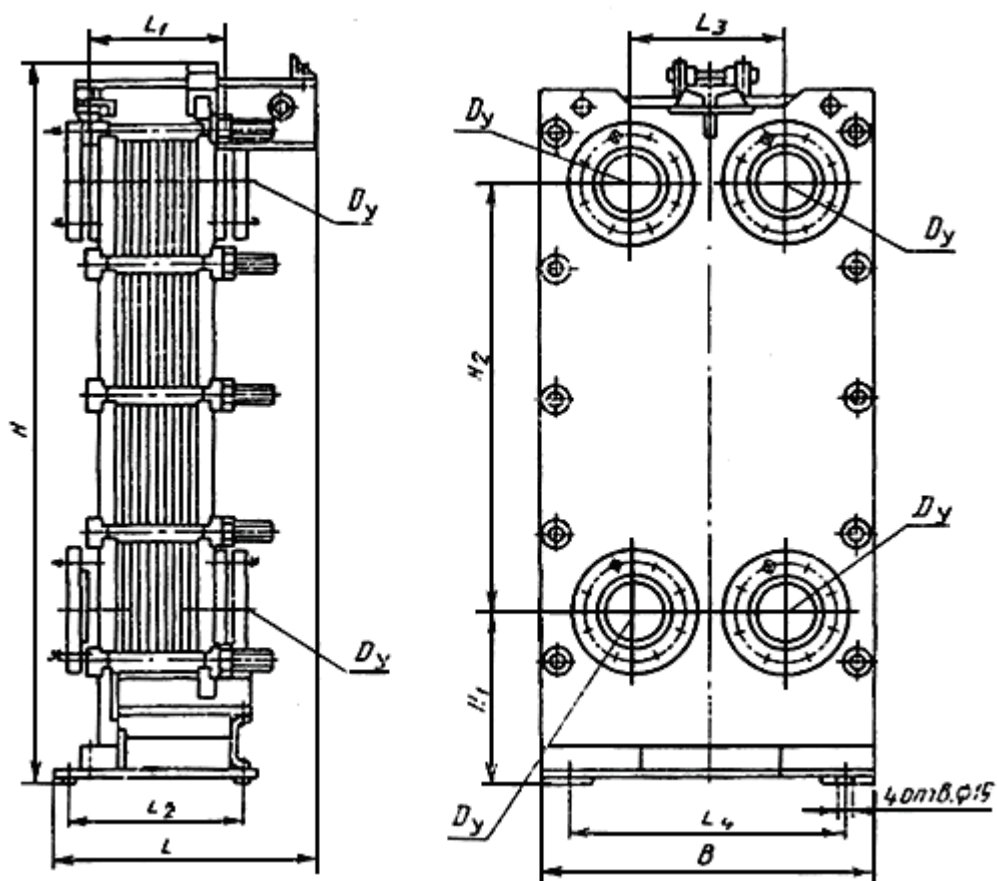


Рисунок 7.4 – Теплообменники с пластинами поверхностью теплообмена 0,3 и 0,6 м²(Тип Р. Исполнение 1)

Таблица 7.4 – Основные размеры теплообменников типа Р исполнения 1

Размеры, мм																
Площадь поверхности теплообмена пластины, м ²	Площадь поверхности теплообмена теплообменника, м ²	Код ОКП	КЧ	Число пластин, шт.		L ₂	L ₃	L ₄	H ₁	H ₂	L	B	H	D _y	Масса, кг, не более	Тепловой поток, кВт, не менее
0,3	3	36 1251 3012	08	12	155	340	170	320	200	1195	410	400	1540	65	286	5,5
	5	36 1251 3014	06	20	195	380					450				323	9,5
	8	36 1251 3016	04	30	240	440					510				362	15,0

Размеры, мм																
Площадь поверхности теплообмена пластины, м ²	Площадь поверхности теплообмена теплообменника, м ²	Код ОКП	КЧ	Число пластин, шт.	L ₁ , не более	L ₂	L ₃	L ₄	H ₁	H ₂	L	B	H	Dy	Масса, кг, не более	Тепловой поток, кВт, не менее
	10	36 1251 3017	03	36	270	480					550					20,0
0,6	10	36 1251 3022	06	20	220	290	345	500	345	1110	425	730	$\frac{1790}{1770}$	200	976	22,0
		36 1251 4001	07		205										847	11,5
	16	36 1251 3024	04	30	265	365					495				1041	36,0
		36 1251 4005	03		245										895	18,4
	25	36 1251 3026	02	44	335	470					605				1146	57,0
		36 1251 4009	10		300										962	28,7

Примечание: в табл. 4* – 6 для пластины 0,6 м² в числителе – данные для теплообменников из стали, в знаменателе – из титана.

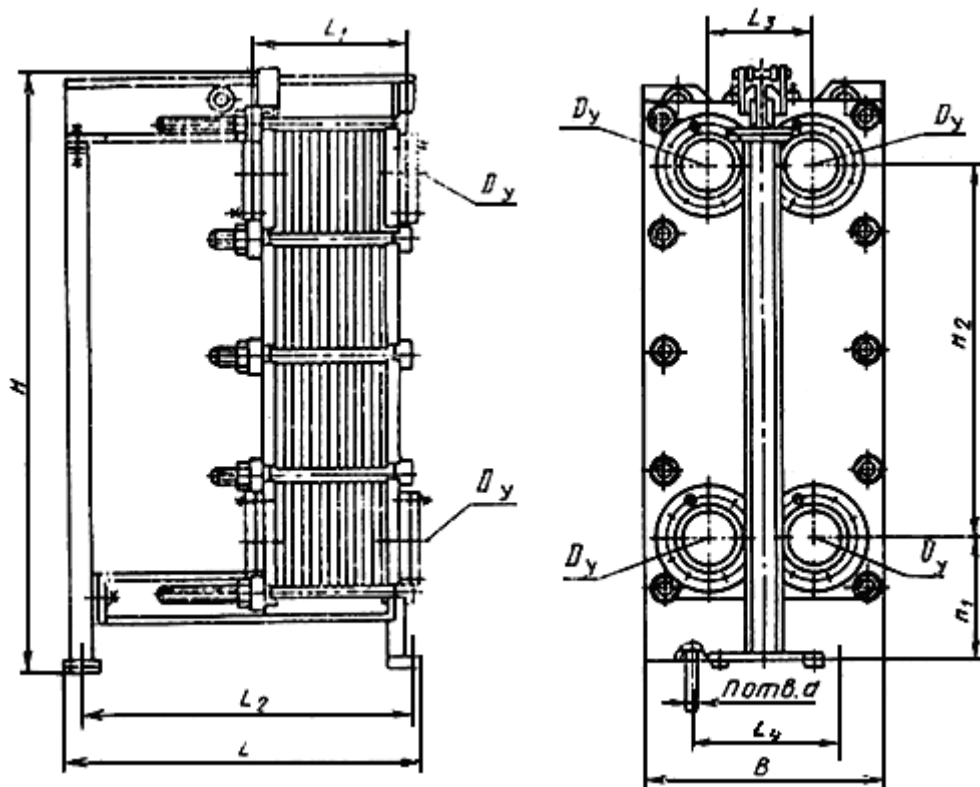


Рисунок 7.5 – Теплообменники с пластинами поверхностью теплообмена 0,3; 0,6 и 1,3 м² (Тип Р. Исполнение 2)

Таблица 7.5 – Основные размеры теплообменников типа Р исполнения 2

Размеры, мм														Dy	Масса, кг, не более	Тепловой поток, кВт, не менее
Площадь поверхности теплообмена пластины, м ²	Площадь поверхности теплообмена теплообменника, м ²	Код ОКП	КЧ	Число пластин, шт.	L1, не более	L2	L3	L4	H1	H2	L	B	H			
0,3	12,5	36 1251 3018	02	44	305	740	170	370	210	1195	800	410	1565	65	425	25,0
	16	36 1251 3019	01	56	350	840					900				472	32,0
	20	36 1251 3020	08	70	425	950					1100				526	39,0

Продолжение таблицы 7.5

Размеры, мм																
Площадь поверхности теплообмена пластины, м ²	Площадь поверхности теплообмена теплообменника, м ²	Код ОКП	КЧ	Число пластин, шт.	L1, не более	L ₂	L ₃	L ₄	H ₁	H ₂	L	B	H	D у	Масса, кг, не более	Тепловой поток, кВт, не менее
											не более					
	25	36 1251 3021	07	86	500	1065					1130				587	49,0
0,6	31,5	36 1251 3027	01	56	390	980	345	520	355	1110	1100	730	1790 1770	200	1262	71,0
		36 1251 4013	03		345	930					1050				1060	36,2
	40	36 1251 3028	00	70	455	1080					1200				1363	90,0
		36 1251 4017	10		400	1005					1125				1120	45,9
	50	36 1251 3029	10	86	539	1180					1300				1475	110,0
		36 1251 4021	03		465	1110					1230				1178	57,5
	63	36 1251 3030	06	108	635	1340					1460				1528	140,0
		36 1251 4025	10		555	1230					1350				1276	72,4
	80	36 1251 3031	05	136	765	1540					1660				1826	180,0
		36 1251 4029	06		665	1400					1520				1394	91,2
	100	36 1251 3032	04	170	945	1780					1900				2067	230,0
		36 1251 4033	10		800	1605					1725				1537	114,9
	140	36 1251 3035	01	236	1155	2290					2360				2529	320,0

Размеры, мм																
Площадь поверхности теплообмена пластины, м ²	Площадь поверхности теплообмена теплообменника, м ²	Код ОКП	КЧ	Число пластин, шт.	L1, не более	L2	L3	L4	H1	H2	L	B	H	Dy	Масса, кг, не более	Тепловой поток, кВт, не менее
		36 1251 4037	06		1065	2010										
	160	36 1251 3037	10	270	1690	2530									1814	160,8
		36 1251 4041	10		1200	1205									2764	360,0
1,3	200	36 1251 3239	02	156	995	2380	557	900	600	1532	2503	1150	2575	300	1953	183,8
	300	36 1251 3251	06	232	1390	3030									5121	266,0
	400	36 1251 3263	02	310	1795	3730									6243	400,0
															7386	532,0

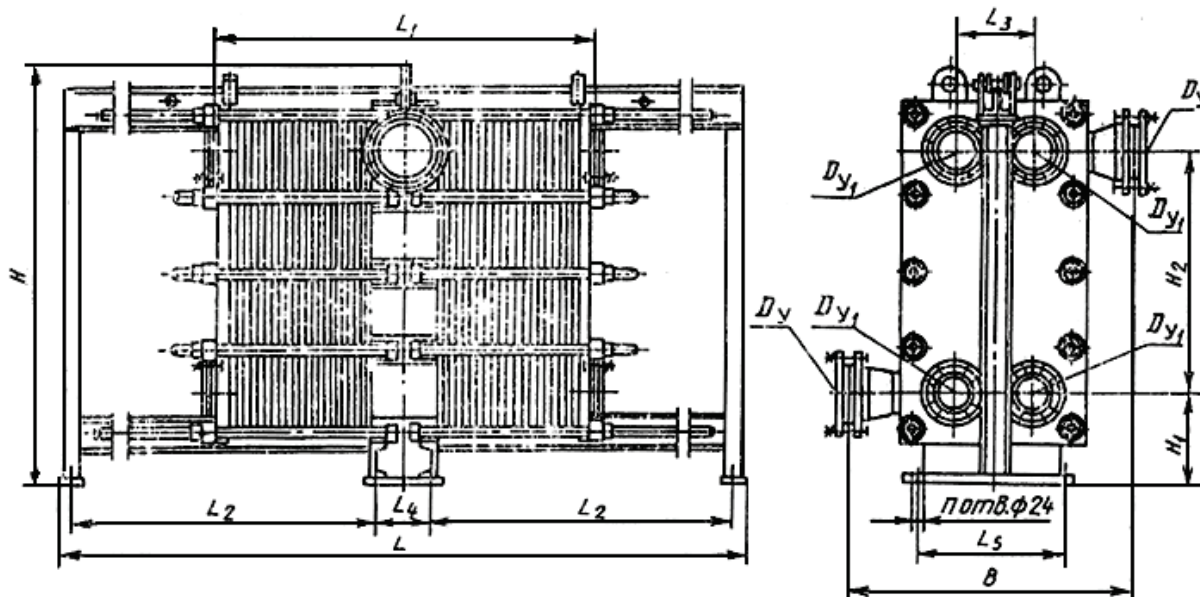


Рисунок 7.6 – Теплообменники с пластинами поверхностью теплообмена 0,6 и 1,3 м² (Тип Р. Исполнение 3)

Таблица 7.6 – Основные размеры теплообменников типа Р исполнения 3

Размеры, мм																		
Площадь поверхности тепло-обмена пластины, м ²	Площадь поверхности тепло-обмена теплообменника, м ²	Код ОКП	КЧ	Число пластин, шт.	L ₁ , не более	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	H ₁	H ₂	L	B	H	Dy	Dy ₁	Масса, кг, не более	Тепловой поток, кВт, не менее
0,6	200	36 1251 3042	02	340	2115	1650	345	200	670	360	1110	3810	1400 1260	1780	250	200	4010	450,0
		36 1251 4045	06		1790	1615						3470					2994	229,8
	250	36 1251 3044	00	420	2550	1930						4370					4577	570,0
		36 1251 4049	02		2110	1855						3950					3327	287,2
	300	36 1251 3046	09	504	3020	2245						4980					5175	680,0
		36 1251 4053	06		2445	1714						4460					3667	344,7
1,3	500	36 1251 3275	09	388	3200	2675	557	395	1000	585	1532	5845	1630	2575	350	300	10903	665,0
	600	36 1251 3287	05	464	3680	3025						6545					12053	798,0
	800	36 1251 3299	01	620	4710	3805						8105					14362	1065,0

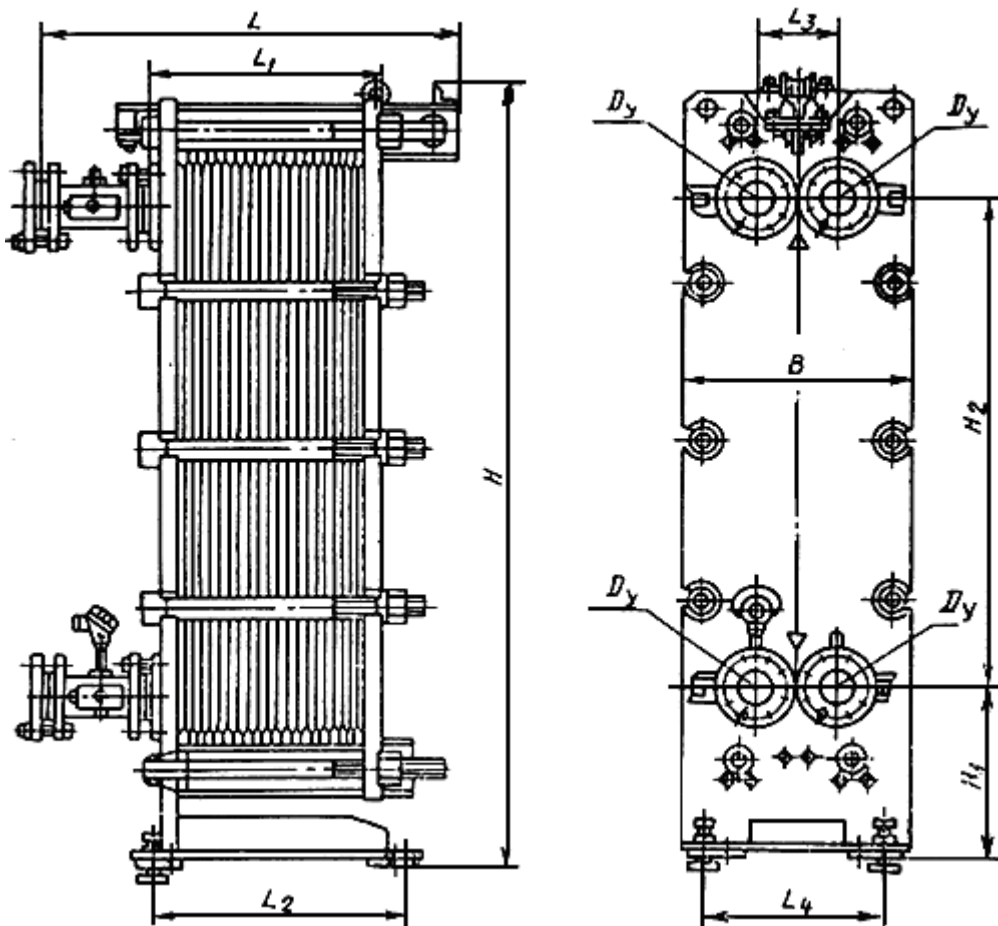


Рисунок 7.7 – Теплообменники с пластинами поверхностью теплообмена 0,3 м² (Тип РС. Исполнение 1)

Таблица 7.7 – Основные размеры теплообменников типа РС исполнения 1

Размеры, мм																	
Площадь поверхности теплообмена пластины, м ²	Площадь поверхности теплообмена теплообменника, м ²	Код ОКП	КЧ	Число пластин, шт.	Число секций, шт.	L1, не более	L2	L3	L4	H1	H2	L	B	H	Dy	Масса, кг, не более	Тепловой поток, кВт, не менее
0,3	12,5	36	00	44	20	290	340	190	430	392	1132	510	510	1810	80	820	27,3
		1251															
		3789															
		36	02	84	40	470	560					735				1025	53,4
	25	1251															
		3790															

Размеры, мм																	
Площадь поверхности теплообмена пластины, м ²	Площадь поверхности теплообмена теплообменника, м ²	Код ОКП	КЧ	Число пластин, шт.	Число секций, шт.	L1, не более	L2	L3	L4	H1	H2	L	B	H	Dy	Масса, кг, не более	Тепловой поток, кВт, не менее
		36 1251 4230	09														
	33,5	36 1251 3791	06	112	54	596	715					890				915	53,0
		36 1251 4231	08													990	71,1

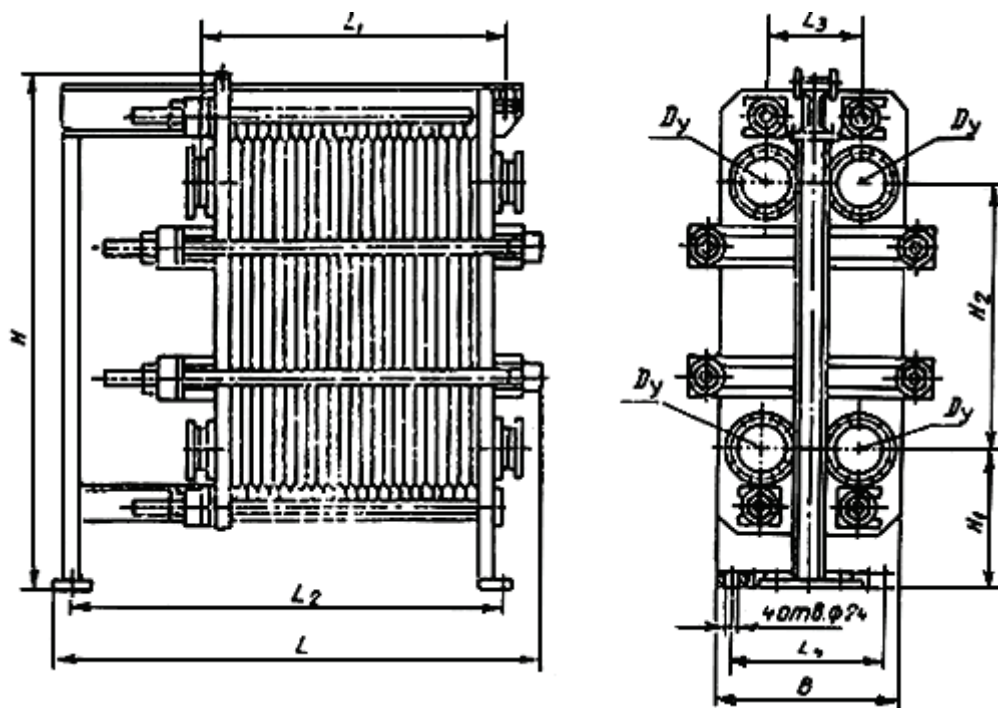


Рисунок 7.8 – Теплообменники с пластинами поверхностью теплообмена 0,5 м² (Тип РС. Исполнение 2)

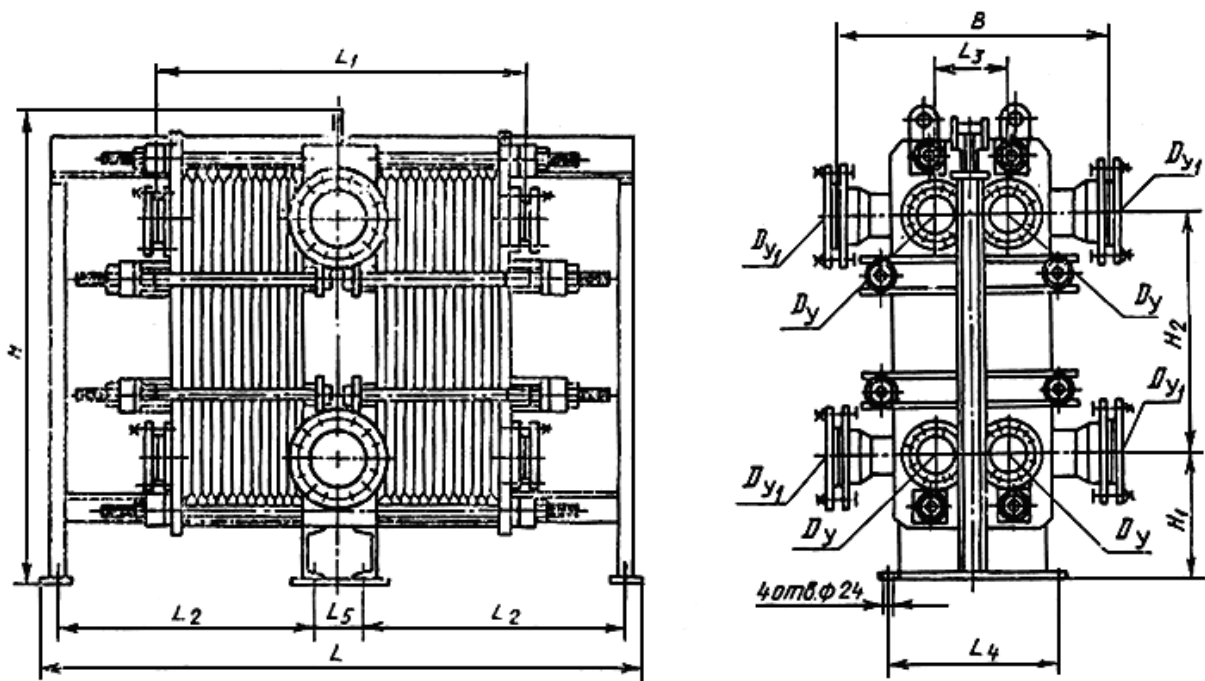


Рисунок 7.9 – Теплообменники с пластинами поверхностью теплообмена 0,5 м² (Тип РС. Исполнение 3)

Таблица 7.8 – Основные размеры теплообменников типа РС

Размеры, мм																				
Площадь поверхности теплообмена пластины, м ²	Исполнение	Площадь поверхности теплообмена теплообменника, м ²	Код ОКП	КЧ	Число пластин, шт.	Число секций, шт.	L ₁ , не более	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	H ₁	H ₂	L	B	H	Dy	Dy ₁	Масса, кг, не более	Тепловой поток, кВт, не менее
0,5	2	31,5	36 1251 3311	00	64	32	890	1435	300	560	-	500	1010	1435	855	1860	200		1619	65
		50	36 1251 3323	07	100	50	1105	1715						1715					1886	103
		63	36 1251 3335	03	126	63	1160	1915						1915					2079	130
80		80	36 1251 3347	10	160	80	1465	2180						2180					2338	165

		Размеры, мм											
Площадь поверхности теплообмена пластины, м ²	Исполнение												
Площадь поверхности теплообмена теплообменника, м ²	Код ОКП												
КЧ	КЧ												
Число пластин, шт.	Число секций, шт.												
L ₁ , не более	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	H ₁	H ₂	L	B	H	Dy	Dy ₁	Масса, кг, не более	Тепловой поток, кВт, не менее
	3	160	140	100									
320		220	280	300	280	300	300	300	300	300	300	300	300
36 1251 3431		36 1251 3395	36 1251 3407	36 1251 3419	36 1251 3407	36 1251 3419	36 1251 3419	36 1251 3419	36 1251 3419	36 1251 3419	36 1251 3419	36 1251 3419	36 1251 3419
03		01	03	07	03	07	07	07	07	07	07	07	07
640		440	560	600	560	600	600	600	600	600	600	600	600
320		220	280	300	280	300	300	300	300	300	300	300	300
4715		3515	4235	4475	4235	4475	4475	4475	4475	4475	4475	4475	4475
3340		2100	3030	3165	3030	3165	3165	3165	3165	3165	3165	3165	3165
		710											
		270											
6810		4330	6190	6500	6190	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500
		1300											
		1920											
		250											
6945		4565	6351	6647	6351	6647	6647	6647	6647	6647	6647	6647	6647
660		330	289	206	289	206	206	206	206	206	206	206	206

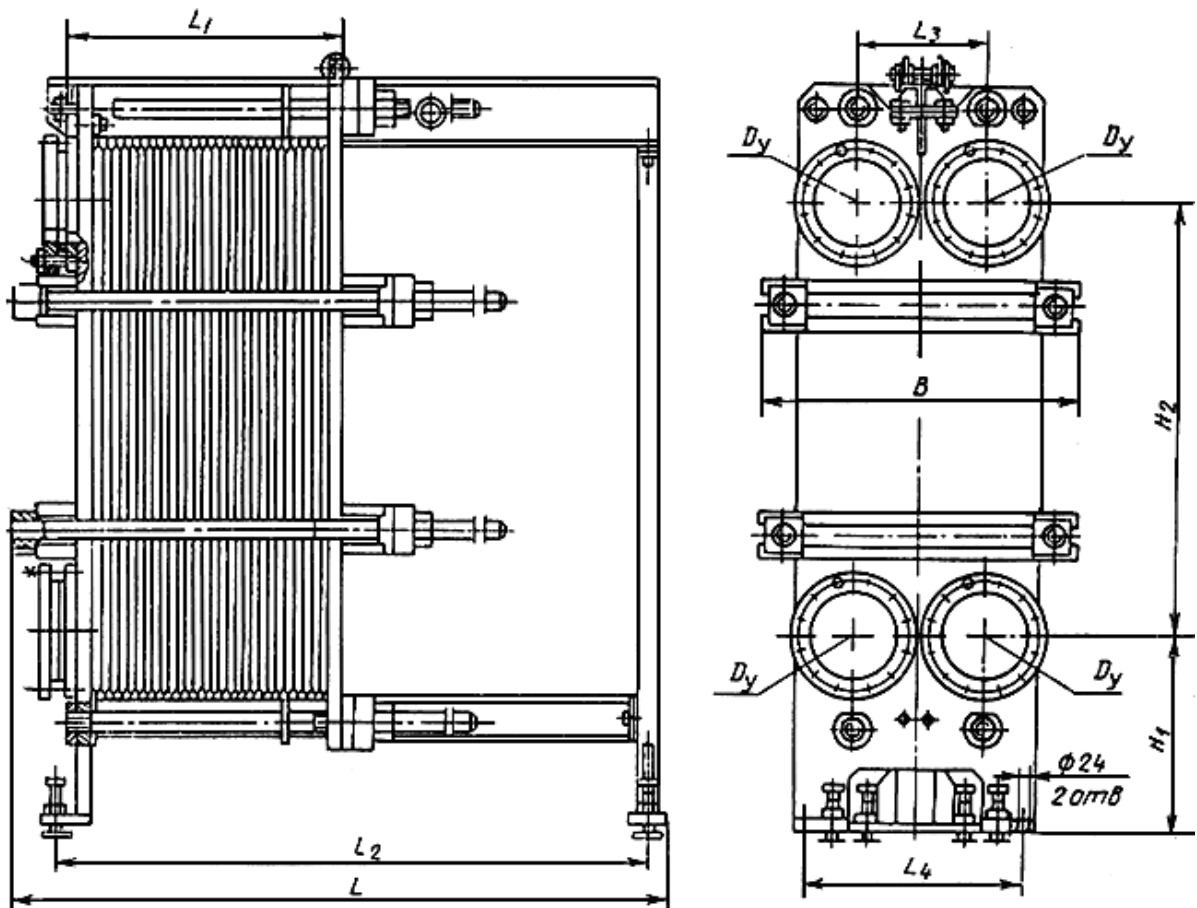


Рисунок 7.10 – Теплообменники с пластинами поверхностью теплообмена $0,53 \text{ м}^2$ (Тип РС. Исполнение 2)

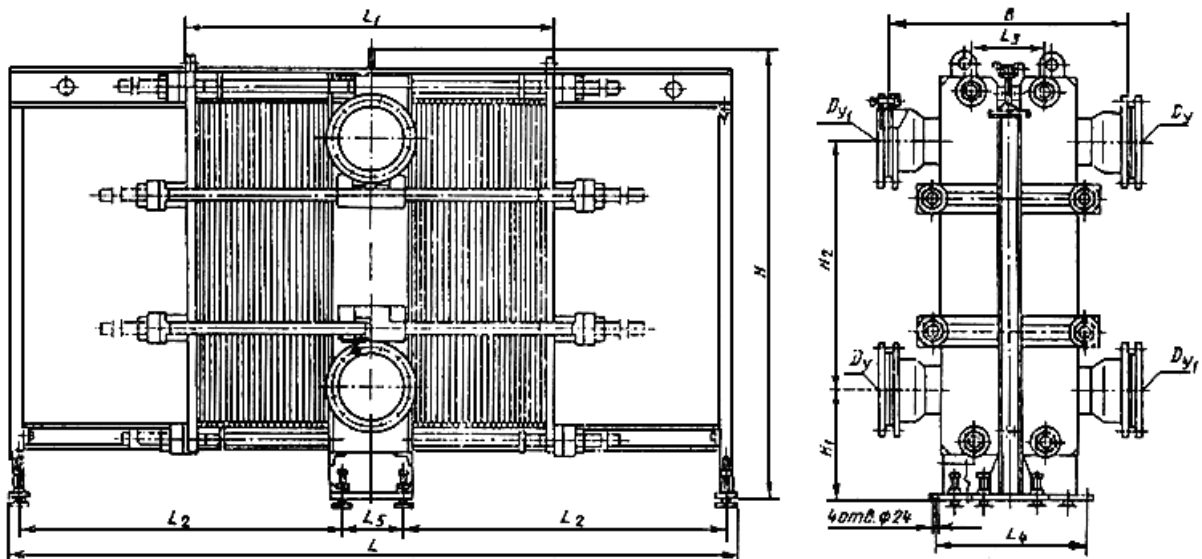


Рисунок 7.11 – Теплообменники с пластинами поверхностью теплообмена $0,53 \text{ м}$ (Тип РС. Исполнение 3)

Таблица 7.9 – Основные размеры теплообменников типа РС

		Размеры, мм																						
	Площадь поверхности теплообмена пластины, м ²	0,53																						
	Исполнение	2																						
125	Площадь поверхности теплообмена теплообменника, м ²	40	50	63	80	100																		
36 1251 3781	Код ОКП	36 1251 3776	36 1251 3777	36 1251 3778	36 1251 3779	36 1251 3780	36 1251 4210	36 1251 4209	36 1251 4208	36 1251 4207	36 1251 4206	36 1251 4205	36 1251 4204	36 1251 4203	36 1251 4202	36 1251 4201	36 1251 4200	36 1251 4208	36 1251 4209	36 1251 4208	36 1251 4207	36 1251 4206	36 1251 4205	36 1251 4204
07	КЧ	04	03	02	01	08	00	04	05	06	06	05	04	03	02	01	00							
236	Число пластин, шт.	76	96	120	152	188																		
116	Число секций, шт.	36	46	58	74	92																		
1168	L ₁ , не более	448	538	646	790	952																		
2015	L ₂	1090	1205	1345	1530	1735																		
	L ₃	336																						
	L ₄	560																						
	L ₅	-																						
	H ₁	490																						
	H ₂	1100																						
2195	L	1270	1385	1525	1710	1950																		
	B	830																						
	H	1950																						
	Dy	200																						
2800	Масса, кг, не более	1600	1750	1930	2160	2440	1790	1630	1510	1410	1410	1510	1630	1750	1930	2160	1790	1510	1630	1510	1410	1410	1600	1600
259,3	Тепловой поток, кВт, не менее	82,0	104,1	130,6	166,2	205,9	164,5	129,3	103,0	81,1	81,1	103,0	129,3	104,1	130,6	166,2	164,5	103,0	129,3	103,0	81,1	81,1	82,0	82,0

Размеры, мм																			
Площадь поверхности теплообмена пластины, м ²	Исполнение	Площадь поверхности теплообмена теплообменника, м ²	Код ОКП	КЧ	Число пластин, шт.	Число секций, шт.	L ₁ , не более	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	H ₁	H ₂	L	B	H	Dy	Масса, кг, не более	Тепловой поток, кВт, не менее
		315	36 1251 3788	01	608	300	3182	2365						5050				6700	669,1
			36 1251 4218	03														5090	661,8

Примечание: в числителе – данные для теплообменников из стали, в знаменателе – из титана.

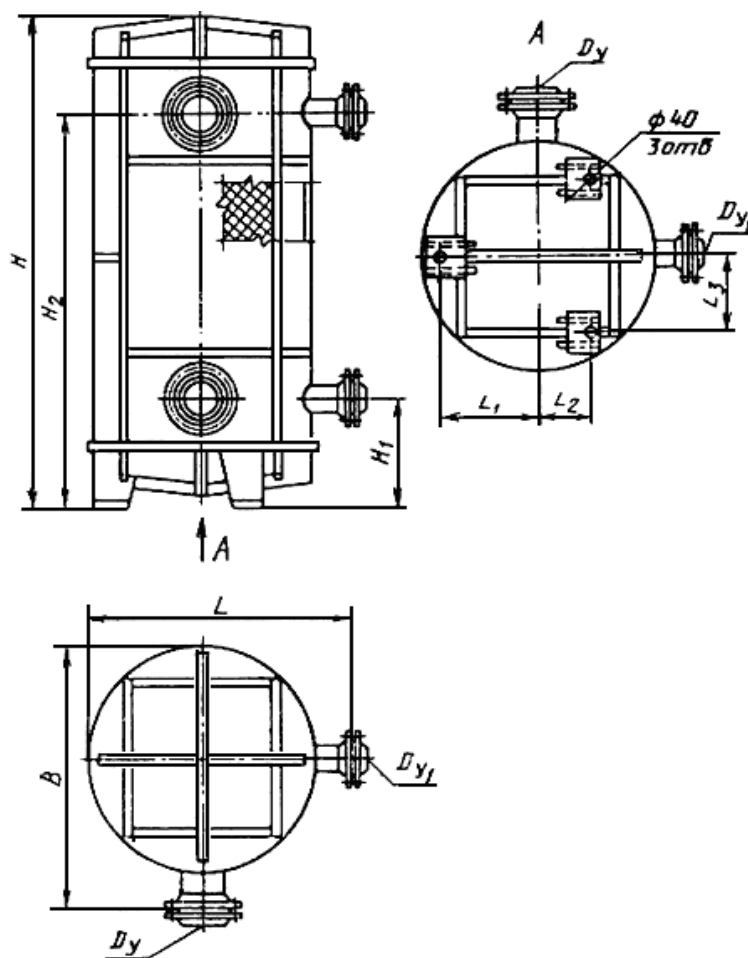
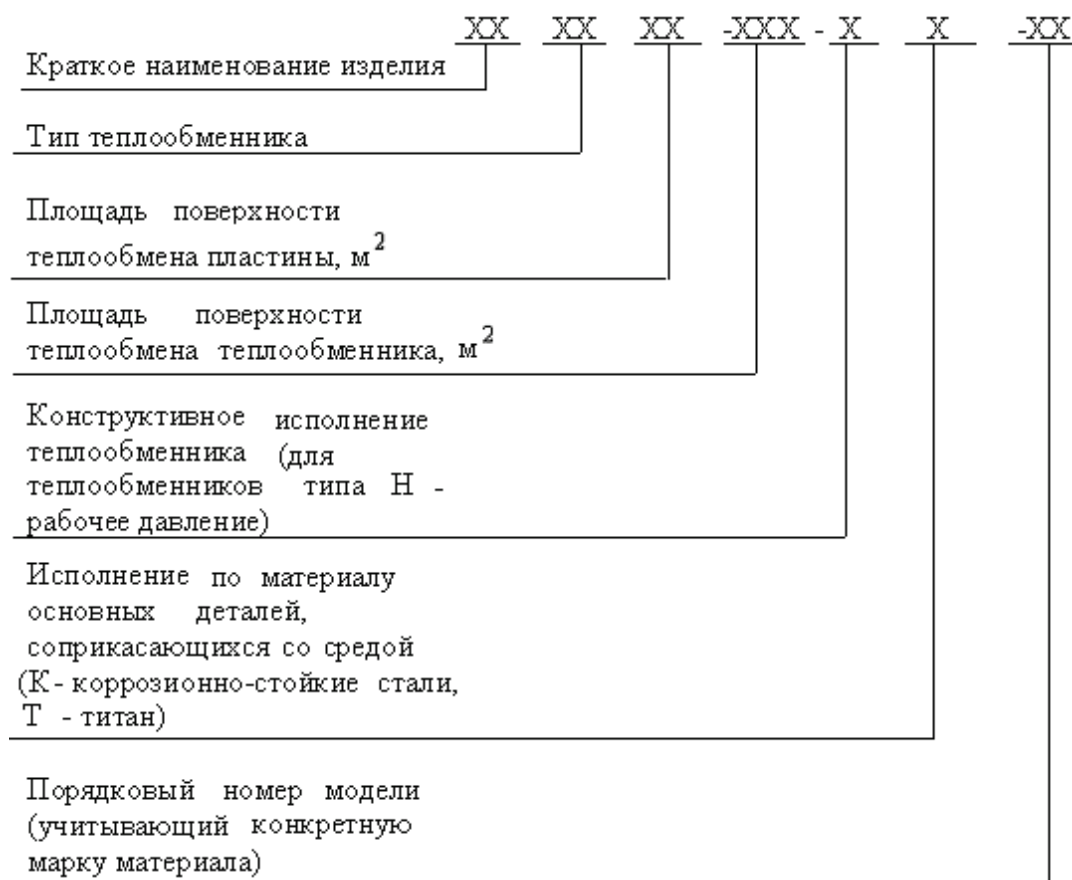


Рисунок 7.12 – Тип Н

Таблица 7.10 – Основные размеры теплообменников типа Н

Размеры, мм																
Площадь поверхности теплообмена пластины, м ²	Площадь поверхности теплообмена теплообменника, м ²	Код ОКП	КЧ	Число пластин, шт.	L ₁ , не более	L ₂	L ₃	H ₁	H ₂	L	B	H	D _y	D _{y1}	Масса, кг, не более	Тепловой поток, кВт, не менее
1,0	400	36 1252 3086	07	416	625	375	480	685	2480	1670	1670	3110	250	150	9954	782,8

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ ТЕПЛООБМЕННИКА



Пример условного обозначения теплообменника типа Р с площадью поверхности теплообмена пластины 0,2 м² и площадью поверхности

теплообмена теплообменника 6,3 м², 1-го конструктивного исполнения, с коррозионно-стойким исполнением по материалу основных деталей, соприкасающихся со средой, с порядковым номером модели 01:

Теплообменник Р 02-6,3-1К-01

1. Требования безопасности

2. Безопасность при эксплуатации теплообменников обеспечивается их конструкцией при условии соблюдения потребителем требований ГОСТ 12.1.007, ГОСТ 12.1.018, ГОСТ 12.2.003 настоящего стандарта, а также норм по технике безопасности и промышленной санитарии, действующих на конкретных производствах.

3. Теплообменники не являются источником опасных и вредных производственных факторов, предусмотренных ГОСТ 12.0.003.

4. Теплообменники в процессе эксплуатации должны быть снабжены необходимыми контрольно-измерительными приборами.

5. Теплообменники должны быть заземлены в соответствии с ГОСТ 12.2.007.0 и защищены от статического электричества согласно "Правилам защиты от статического электричества в производствах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности". Сопротивление заземляющего устройства не более 4 Ом.

6. Температура наружной поверхности теплообменников не должна превышать 40 °С.

7. Воздух рабочей зоны при эксплуатации теплообменников не должен содержать вредных веществ, превышающих предельно допустимые концентрации, установленные ГОСТ 12.1.005 для веществ с классом опасности по ГОСТ 12.1.007.