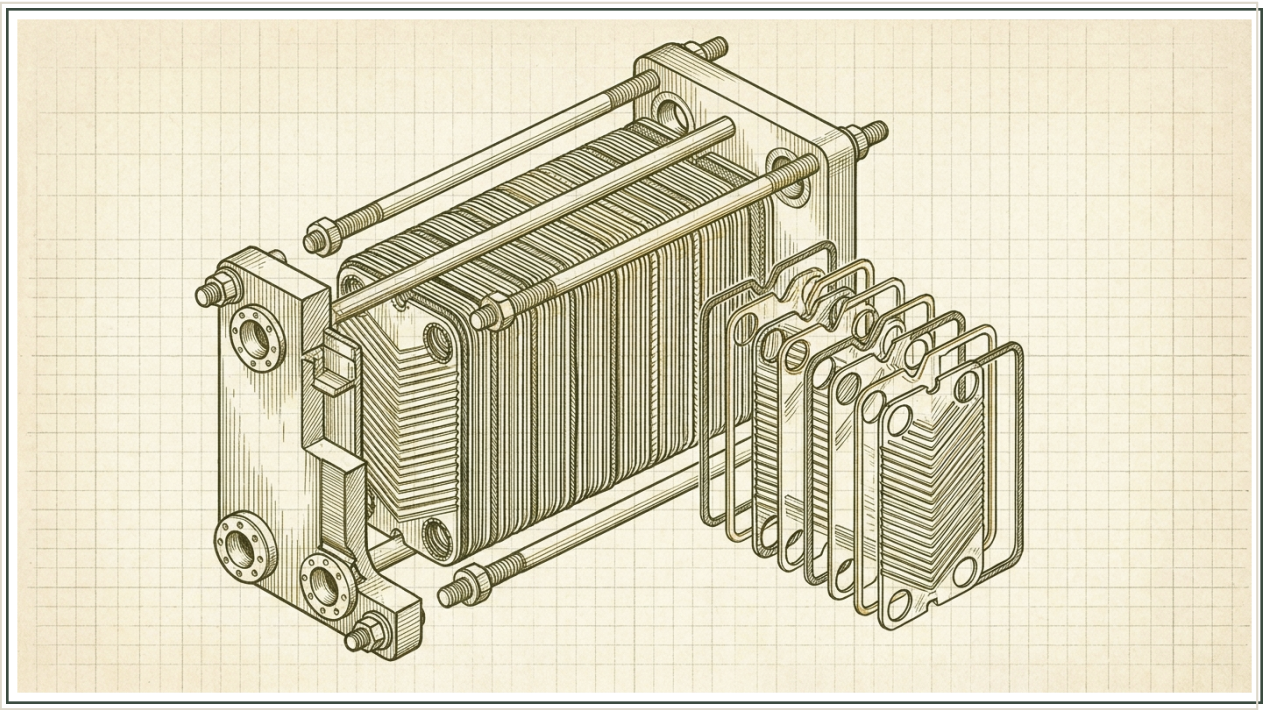
Теплообменник жидкость-жидкость: расчёт

методика расчёта · пример с цифрами

Расчёт теплообменника жидкость-жидкость на примере разделителя вода-гликоль 350 кВт: поправки на теплоёмкость и вязкость гликоля, малый напор, большая площадь.



Разделительный теплообменник двух жидкостных контуров: гликолевый первичный и водяной вторичный

Жидкость-жидкость — самый частый и самый предсказуемый случай теплообмена: обе среды текут, обе меняют температуру, обе имеют высокую теплоотдачу. Сюда попадают вода-вода, вода-гликоль, вода-масло. Разберём расчёт разделительного теплообменника контура отопления с гликолевым первичным контуром — типичная задача с оговорками на гликоль.

Коротко

В схеме жидкость-жидкость k высокий и обе стороны сопоставимы по теплоотдаче — лимитирующей часто становится более вязкая среда (гликоль, масло). Пластинчатый аппарат здесь вне конкуренции по компактности.

1. Исходные данные

Разделительный теплообменник: первичный контур — водогликолевый раствор 40 % (греющий, от геотермального контура) 45→35 °C, вторичный — вода отопления 30→40 °C. Нагрузка 350 кВт.

Параметр	Гликоль 40 %	Вода
Вход / выход, °C	45 / 35	30 / 40
Теплоёмкость, Дж/(кг·K)	3600	4187
Плотность, кг/м³	1050	995

Параметр	Гликоль 40 %	Вода
Роль	греет	нагревается

2. Расходы: поправка на гликоль

Ключевое отличие от вода-вода: у гликоля теплоёмкость ниже (3600 против 4187), поэтому его расход при той же нагрузке выше:

$$G_{гл} = Q/(c_{гл}\cdot\Delta t) = 350000/(3600\cdot 10) \approx 9{,}72 \text{ кг/с}$$

гликоль, c ≈ 3600 Дж/(кг·K) для 40 % раствора, Δt = 10 °C

$$G_в = Q/(c_в\cdot\Delta t) = 350000/(4187\cdot 10) \approx 8{,}36 \text{ кг/с}$$

вода вторичного контура, Δt = 40 − 30 = 10 °C

3. Напор при малой разнице температур

Обрати внимание: температуры контуров близки, напор будет небольшим — это типично для разделительных теплообменников и требует много площади.

$$\Delta t_б = 45 - 40 = 5 \text{ °C} \quad \Delta t_м = 35 - 30 = 5 \text{ °C}$$

разности на торцах равны

Разности равны, значит напор постоянен по длине и равен 5 °C:

$$\Delta t_{ср} = 5 \text{ °C}$$

при Δt_б = Δt_м логарифм даёт то же значение (предел 0/0)

> **Важно**
>
> Малый напор 5 °C — расчётный вызов: площадь получится большой, а любая ошибка в k резко скажется на F. В таких близких режимах особенно важен точный коэффициент теплопередачи и строгий противоток.

4. Коэффициент теплопередачи с учётом вязкости гликоля

Гликоль вязче воды, его теплоотдача ниже — он и лимитирует. Для пластинчатого аппарата на близких режимах:

$$1/k = 1/\alpha_{гл} + \delta/\lambda_{ст} + 1/\alpha_в = 1/2800 + 0{,}0005/16 + 1/5000 \approx 0{,}000594$$

α_гл = 2800 (вязкость снижает), α_в = 5000 Вт/(м²·K); стенка δ=0,5 мм, λ=16

$$k \approx 1/0{,}000594 \approx 1680 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{K)}$$

итог ниже чистого вода-вода из-за гликоля

5. Площадь

$$F = Q/(k\cdot\Delta t_{ср}) = 350000/(1680\cdot 5) \approx 41{,}7 \text{ м}^2$$

требуемая площадь — крупная из-за малого напора 5 °C

С запасом 15 % — около 48 м². Сравни: подними напор вдвое (до 10 °C), и площадь упала бы вдвое. Отсюда правило: в разделительных теплообменниках борются за каждый градус напора, разводя температуры контуров как можно шире.

Фактор	Вода-вода	Вода-гликоль 40 %
Теплоёмкость	4187	≈ 3600
Вязкость	низкая	в 2–4 раза выше
Типичный k	3000–7000	1500–3500

Фактор	Вода-вода	Вода-гликоль 40 %
Расход при том же Q	базовый	на 15–20 % выше

6. Частые вопросы

Чем расчёт вода-гликоль отличается от вода-вода?
Гликоль имеет меньшую теплоёмкость (поэтому больше расход) и большую вязкость (поэтому ниже теплоотдача и k). Итог — площадь получается больше, чем для чистой воды-воды при той же нагрузке. Пропорции гликоля влияют на все свойства, их берут из таблиц раствора.

Почему при близких температурах контуров нужна большая площадь?
Площадь обратно пропорциональна напору: F = Q/(k·Δt_ср). Малый Δt_ср в знаменателе резко увеличивает F. При напоре 5 °C площадь вдвое больше, чем при 10 °C. Поэтому температуры контуров стараются развести шире.

Какой аппарат выбрать для жидкость-жидкость?
Пластинчатый — при чистых средах и давлении до 25 бар он даёт высокий k и минимальную площадь. Кожухотрубный берут для высоких давлений/температур или грязных сред, мирясь с большими габаритами.

7. Глоссарий

Термин	Определение
Разделительный теплообменник	Аппарат, гидравлически разделяющий два контура при передаче теплоты между ними.
Водогликолевый раствор	Смесь воды и этилен/пропиленгликоля — незамерзающий теплоноситель с пониженной с и повышенной вязкостью.
Водяной эквивалент	Произведение расхода на теплоёмкость G·c; у гликоля при той же теплоёмкости расход выше.
Близкий режим	Работа при малой разности температур контуров; требует большой площади и точного k.

Не уверены в расчёте — спросите инженера
Онлайн-подбор, методики и таблицы: msmteplo.ru
Инженер-консультант онлайн: задать вопрос
Телефон: 8 (800) 302-58-75 · E-mail: zakaz@msmteplo.ru
МСМ-ТЕПЛО — устройство, расчёт и подбор теплообменного оборудования.
Наведите камеру телефона на QR — откроется онлайн-консультант.

Темы документа: теплообменник жидкость жидкость, вода вода, вода гликоль, расчёт, коэффициент теплопередачи, площадь