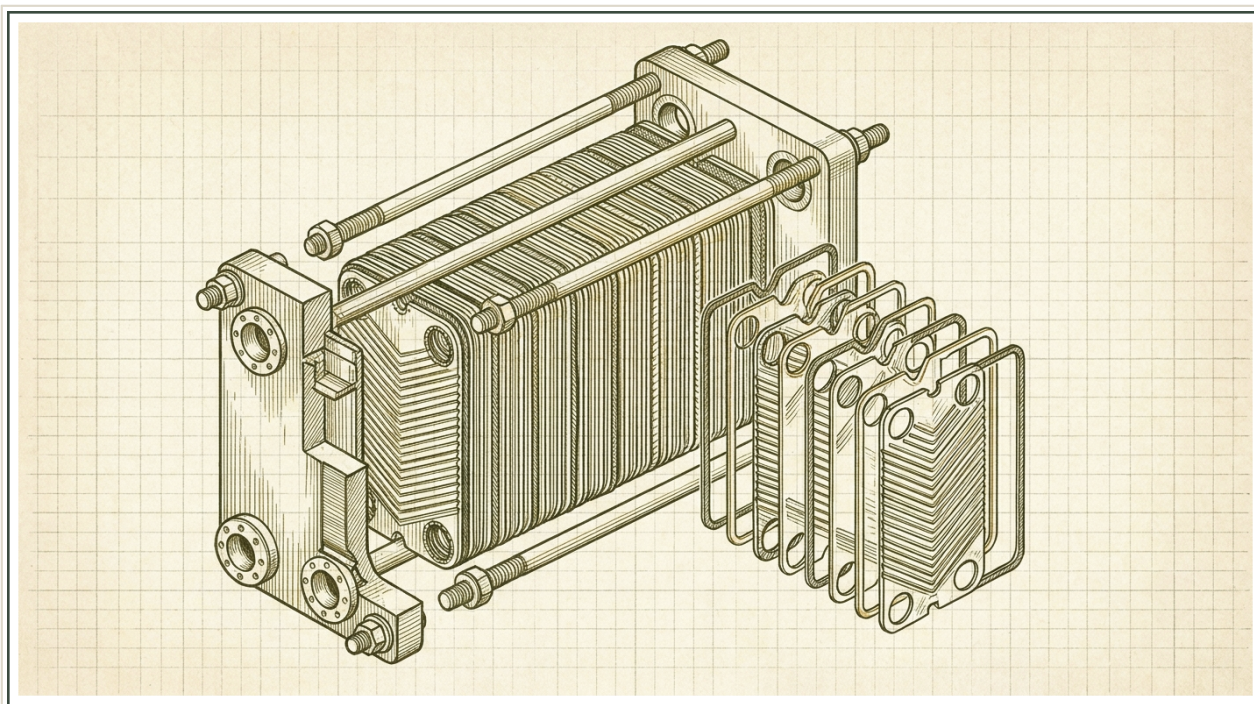


# Теплообменник

## 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). Пластина́тный аппарат здесь вне конкуренции по компактности.

## 1. Исходные данные

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

| Параметр                | Гликоль 40 % | Вода    |
|-------------------------|--------------|---------|
| Вход / выход, °С        | 45 / 35      | 30 / 40 |
| Теплоёмкость, Дж/(кг·К) | 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:

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

гликоль,  $c \approx 3600 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$  для 40 % раствора,  $\Delta t = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$

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

вода вторичного контура,  $\Delta t = 40 - 30 = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$

## 3. Напор при малой разнице температур

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

$$\Delta t_{\text{б}} = 45 - 40 = 5 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \Delta t_{\text{м}} = 35 - 30 = 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

разности на торцах равны

Разности равны, значит напор постоянен по длине и равен  $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ :

$$\Delta t_{\text{ср}} = 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

при  $\Delta t_{\text{б}} = \Delta t_{\text{м}}$  логарифм даёт то же значение (предел 0/0)

### Важно

Малый напор  $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  — 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:

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

$\alpha_{\text{гл}} = 2800$  (вязкость снижает),  $\alpha_{\text{в}} = 5000 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{K)}$ ; стенка  $\delta=0,5 \text{ мм}$ ,  $\lambda=16$

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

итог ниже чистого вода-вода из-за гликоля

## 5. Площадь

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

требуемая площадь — крупная из-за малого напора  $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$

С запасом 15 % — около  $48 \text{ м}^2$ . Сравни: подними напор вдвое (до  $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), 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      | $\approx 3600$    |
| 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:  $F = Q/(k \cdot \Delta t_{cp})$ . Малый  $\Delta t_{cp}$  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 и повышенной вязкостью. |
| Водяной эквивалент           | Произведение расхода на теплоёмкость $G \cdot c$ ; 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](https://msmteplo.ru)

Инженер-консультант онлайн: [задать вопрос](#)

Телефон: 8 (800) 302-58-75 · E-mail: [zakaz@msmteplo.ru](mailto: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