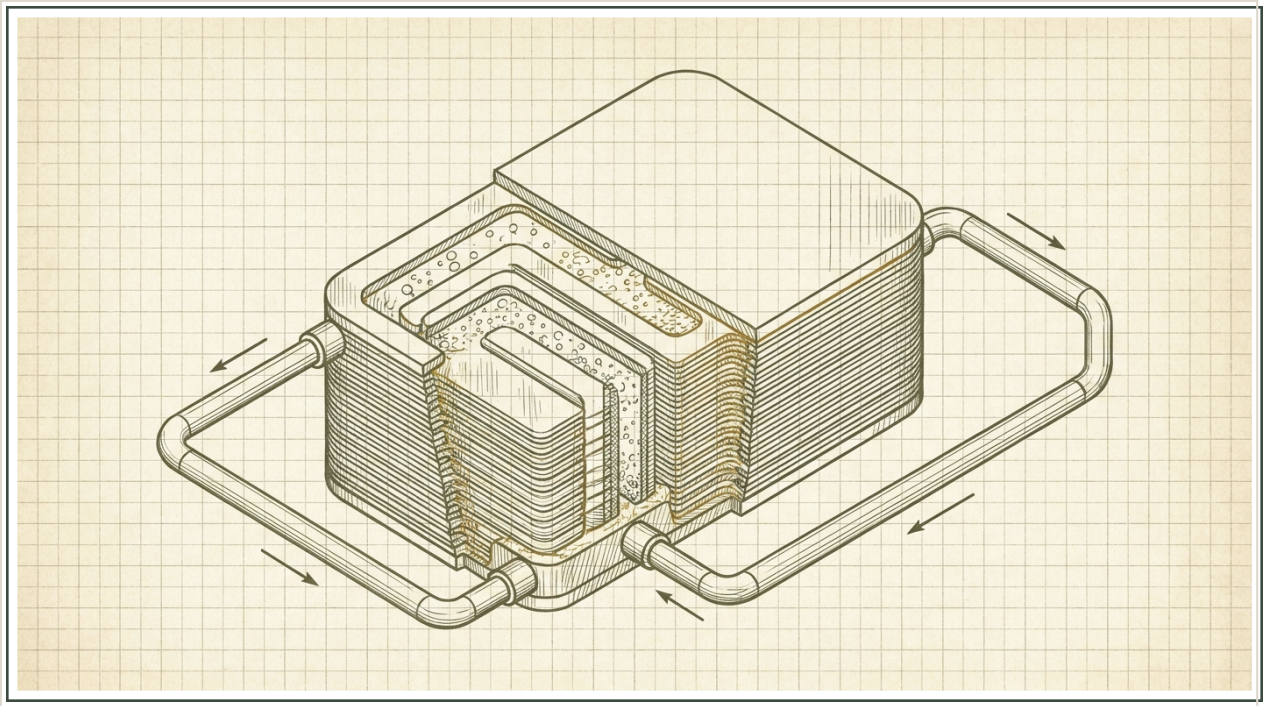
Драйкулер и градирня: принцип и расчёт нагрузки

теория теплообмена · формулы и вывод

Драйкулер охлаждает воду наружным воздухом через оребрённые трубки с подходом 5–10 °C к температуре воздуха; мокрая градирня опускается до мокрого термометра — на 8–12 °C ниже сухой.



Сухая градирня (драйкулер) и мокрая градирня: два принципа сброса тепла в атмосферу

Когда нужно сбросить тепло в атмосферу, выбор идёт между двумя аппаратами: сухой градирней (драйкулером) и мокрой (испарительной) градирней. Оба охлаждают воду наружным воздухом, но по-разному и с разным пределом. Разберём принцип каждого, чем ограничена их холодопроизводительность и как прикинуть нагрузку.

Коротко

Драйкулер (сухая градирня) охлаждает воду через оребрённые трубки воздухом — предел это температура воздуха. Мокрая градирня охлаждает испарением части воды — предел это температура мокрого термометра, она ниже. Отсюда разная эффективность.

1. Драйкулер: сухое охлаждение

Это большой оребрённый теплообменник вода-воздух с вентиляторами. Вода идёт по трубкам, воздух продувается через рёбра. Контакта воды с воздухом нет — отсюда «сухой». Простой, не требует водоподготовки и продувки, не парит. Но охладить воду ниже температуры наружного воздуха он физически не может, а на практике держит подход 5–10 °C к ней.

```
Q = G_воды · c · (t_вх − t_вых) и t_вых > t_воздуха + (5…10) °C
```

нагрузка драйкулера ограничена температурой наружного воздуха

2. Мокрая градирня: испарительное охлаждение

Здесь вода стекает по насадке, а встречный воздух часть её испаряет. На испарение уходит скрытая теплота (~2200 кДж/кг) — и это охлаждает оставшуюся воду. Предел — температура мокрого термометра, которая в жару может быть на 8–12 °C ниже сухой. Поэтому мокрая градирня охлаждает глубже драйкулера, но теряет воду на испарение и требует водоподготовки.

Параметр	Драйкулер (сухая)	Мокрая градирня
Принцип	Продув воздухом через рёбра	Испарение части воды
Предел охлаждения	Темп. сухого воздуха	Темп. мокрого термометра (ниже)
Потери воды	Нет	Испарение + продувка + унос
Водоподготовка	Не нужна	Нужна (накипь, биообрастание)
Замерзание зимой	Риск (нужен гликоль)	Меньше (можно слить)
Габарит на кВт	Крупнее	Компактнее

3. Прикидка нагрузки и подхода

Тепловую нагрузку берут из отводимого тепла (например, от конденсаторов чиллера). Дальше — ключевой момент: задают температуру охлаждённой воды с реальным подходом к воздуху. Для драйкулера в жару +35 °C нельзя ждать воду холоднее ~40–45 °C. Занизите подход — аппарат окажется бесконечно большим. Для мокрой градирни отсчёт идёт от мокрого термометра, поэтому вода может быть холоднее сухого воздуха.

> **Частая ошибка**
>
> Проектировать драйкулер на температуру воды ниже расчётной температуры наружного воздуха. Это физически невозможно — сухая градирня не опускается ниже температуры воздуха. Нужна такая температура — только мокрая градирня или чиллер.

4. Что выбрать

- Нет доступа к воде / нельзя парить / боремся с накипью → драйкулер.
- Нужна вода холоднее наружного воздуха → мокрая градирня.
- Жаркий сухой климат, важна глубина охлаждения → мокрая градирня (низкий мокрый термометр).
- Зимняя эксплуатация без слива → драйкулер на гликоле.

5. Пример расчёта нагрузки драйкулера

Пусть нужно охладить G = 20 м³/ч воды с 45 до 40 °C (перепад Δt = 5 °C). Мощность Q = G·ρ·c·Δt. Отсюда получаем тепловую нагрузку (см. таблицу ниже); при воздухе +35 °C подход к воде 5 °C реалистичен, ниже температуры воздуха драйкулер не опустит.

$$Q = (G \cdot \rho / 3600) \cdot c \cdot \Delta t = (20 \cdot 1000 / 3600) \cdot 4190 \cdot 5 \approx 116000 \text{ Вт} \approx 116 \text{ кВт}$$

Δt = 5 °C — перепад на воде; предел t_воды ограничен температурой наружного воздуха

Величина	Значение	Ед.
Расход воды G	20	м³/ч
Перепад Δt	5	°C
c воды	4190	Дж/(кг·K)
Мощность Q	116	кВт

Величина	Значение	Ед.
Подход к воздуху	5–10	°C
Выигрыш мокрой градирни	8–12	°C

6. Частые вопросы

Чем драйкулер отличается от градирни?
Драйкулер (сухая градирня) охлаждает воду воздухом через рёбра без контакта — предел это температура воздуха. Мокрая градирня охлаждает испарением части воды и может опуститься ниже температуры сухого воздуха, до мокрого термометра.

Почему драйкулер не охладит воду ниже температуры воздуха?
Он передаёт тепло воздуху через стенку — движущая сила это разность температур воды и воздуха. Когда они сравняются, теплообмен прекращается. Практический подход — 5–10 °C к воздуху.

Когда нужна мокрая градирня, а не драйкулер?
Когда требуется вода холоднее наружного воздуха. Испарение опускает предел до мокрого термометра, который в жару заметно ниже сухого. Цена — потери воды и водоподготовка.

7. Глоссарий

Термин	Определение
Драйкулер	Сухая градирня: оребрённый теплообменник вода-воздух с вентиляторами, без контакта сред.
Температура мокрого термометра	Предел испарительного охлаждения; ниже температуры сухого воздуха.
Подход (approach)	Разность температур охлаждённой воды и предельной температуры среды охлаждения.

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: драйкулер, градирня, сухая градирня, испарительное охлаждение, мокрый термометр, расчёт нагрузки