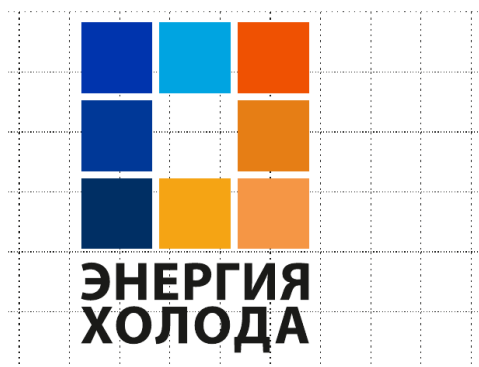




WHITE PAPER · ИЮНЬ 2026

Драйкулер, градирня или холодильная машина?

Как выбрать схему теплоотвода по двум термометрам и не переплатить

Максим Краснов

CEO «Энергия Холода» · Академик Международной академии холода
Член Cooling Technology Institute (CTI, США) — первая компания из России

Telegram-канал «Максим, нужно охлаждение» · @krasnov_energy

Коротко: о чём этот документ

Один из самых частых вопросов, который нам задают инженеры и проектировщики: что поставить для отвода тепла — сухой драйкулер, мокрую градирню или холодильную машину? Ответ почти всегда один и тот же, и он не про бренд, не про цену и не про моду. Он про два числа: температуру по сухому термометру и температуру по мокрому термометру в точке установки.

Эта методичка переводит выбор схемы из области ощущений в инженерное правило. Вы определяете, какая температура жидкости нужна вашему процессу, сравниваете её с двумя термометрами для своего города — и сразу видите единственно правильный класс оборудования. Без перерасхода CAPEX на холодильную машину там, где хватит градирни, и без многолетней борьбы с водоподготовкой там, где должен был стоять сухой аппарат.

Главный вывод: выбор теплоотвода определяется тем, насколько близко к температуре наружного воздуха вам нужно охладить жидкость. Чем ближе к мокрому термометру — тем дороже и сложнее аппарат. Чем выше требуемая температура — тем проще и дешевле решение.

Что внутри

- Два термометра, которые решают всё — сухой и мокрый, и почему именно они
- Драйкулер (сухая градирня): когда замкнутый чистый контур окупает площадь
- Мокрая градирня открытого типа: самый дешёвый холод и его обратная сторона
- Закрытая градирня: как получить температуру градирни и чистоту драйкулера
- Холодильная машина: когда без искусственного холода не обойтись
- Алгоритм выбора по температуре и сравнительная матрица всех вариантов
- Три типовые ошибки, которые стоят миллионы рублей CAPEX и OPEX

Два термометра, которые решают всё

Любой аппарат воздушного теплоотвода упирается в физический предел — температуру наружного воздуха. Холоднее воздуха пассивный аппарат жидкость сделать не может. Но «температура воздуха» — это на самом деле два разных числа, и разница между ними определяет выбор оборудования.

Сухой термометр

Это привычная температура воздуха, которую показывает обычный градусник. К ней привязан сухой аппарат — драйкулер. Через теплообменник продувается наружный воздух, и жидкость можно охладить только до температуры этого воздуха плюс технологический запас. В жаркий день, когда за бортом +30 °C, ниже этой отметки сухой аппарат не уйдёт в принципе.

Мокрый термометр

Это температура, до которой воздух охлаждается, если в него испарять воду. Она всегда ниже сухого термометра — иногда на 8–12 °C. В Санкт-Петербурге расчётный мокрый термометр около +22 °C при сухом за +30 °C. На испарении воды работают мокрые градирни: они охлаждают жидкость не к температуре воздуха, а к температуре мокрого термометра — то есть заметно глубже сухого аппарата.

Физика проста: испаряясь, вода резко отбирает тепло — поэтому мокрая градирня достаёт до температур, недостижимых для драйкулера. Но за это приходится платить водой, водоподготовкой и контактом контура с уличным воздухом.

Если же нужная температура опускается ниже мокрого термометра, ни драйкулер, ни градирня физически не справятся — здесь начинается зона искусственного холода, то есть холодильной машины (компрессионного чиллера или абсорбционной АБХМ). Далее разберём каждый класс по порядку — от самого простого и чистого к самому холодному и дорогому.



Три зоны выбора: положение требуемой температуры жидкости относительно мокрого и сухого термометров определяет класс аппарата.

Решение 1. Драйкулер (сухая градирня)

Замкнутый чистый контур без воды, биологии и водоподготовки



Драйкулер: жидкость идёт по оребрённым трубам, вентиляторы продувают наружный воздух. Контур герметичен; адиабатические панели смачиваются только в жару.

Драйкулер устроен как радиатор автомобиля, только большой: по оребрённым трубам течёт жидкость (как правило водно-гликолевая смесь, чтобы зимой контур не разорвало), а сверху вентиляторы прогоняют наружный воздух. Жидкость нигде не контактирует с воздухом — контур герметичен от заливки до слива.

Когда выбирать

Когда требуемая температура жидкости лежит на 5–10 °C выше сухого термометра. Это типично для высокотемпературных процессов: охлаждение масла, оборотной воды горячих переделов, конденсаторов с высокой температурой конденсации, контуров фрикулинга ЦОД. Если процесс готов принять, например, +50 °C, драйкулер закроет задачу без вопросов.

Отдельная опция — адиабатические панели перед теплообменником. В жару они смачиваются водой и подохлаждают входящий воздух, приближая аппарат к температуре мокрого термометра, а в остальное время года драйкулер работает «по-сухому», без расхода воды. Так чистый замкнутый контур получает запас по температуре на пиковые дни.

Сильные стороны

- Полностью замкнутый контур: ни пыли, ни тополиного пуха, ни биологии в жидкости
- Нет расхода воды, нет станции водоподготовки и химии — минимальный ОРЕХ по эксплуатации
- Нет риска легионеллы и обрастания — меньше требований надзора и регламентов
- Простая зимняя эксплуатация на гликоле, минимум обслуживания

Ограничения

- Не охладит жидкость ниже температуры наружного воздуха — предел по сухому термометру
- В жару +30 °C на выходе реально получить +40...+45 °C — для низких температур не подходит
- Чтобы не разрастаться до площади футбольного поля, проектируется с большим температурным перепадом

Решение 2. Мокрая градирня открытого типа

Самый дешёвый холод — за счёт испарения воды



Открытая мокрая градирня: вода разбрызгивается по оросителю, встречный воздух испаряет часть капель и охлаждает остаток.

В открытой градирне вода разбрызгивается сверху и стекает по ребристому оросителю, а снизу навстречу дует воздух. Часть воды испаряется, и за счёт этого оставшаяся жидкость резко охлаждается — вплоть до температуры, близкой к мокрому термометру. Охлаждённая вода собирается в поддоне и идёт на технологический процесс, затем возвращается в градирню по кругу.

Когда выбирать

Когда нужная температура жидкости ниже сухого термометра, но выше мокрого — практически на 3–5 °C выше мокрого термометра. Для Санкт-Петербурга это диапазон примерно +27...+30 °C: драйкулер столько в жару не даст, а холодильная машина для таких температур избыточна и дорога. Классика — обратное водоснабжение, охлаждение конденсаторов, компрессорных, технологических теплообменников.

Сильные стороны

- Самый низкий CAPEX из всех схем теплоотвода — максимально доступное решение
- Достаёт до температур, недостижимых для сухого аппарата при той же площади
- Компактнее драйкулера на ту же мощность за счёт эффективности испарения

Ограничения

- Сотни тысяч кубометров уличного воздуха с пылью, пылью и пухом проходят через воду — контур получается открытым и грязным
- Вода в поддоне греется до ~30 °C — благоприятная среда для биологии, нужны фильтры и обеззараживание
- Обязательна станция водоподготовки: ориентир 300–400 тыс. ₽ на станцию плюс порядка 100 тыс. ₽/год на химию
- Постоянный расход подпиточной воды на испарение и продувку

Решение 3. Закрытая мокрая градирня

Температура градирни и чистота драйкулера в одном аппарате



Закрытая градирня: технологическая жидкость идёт по герметичному змеевику, который снаружи орошается водой и обдувается воздухом.

Закрытая градирня — компромисс между открытой градирней и драйкулером. Технологическая жидкость течёт по герметичному змеевику и нигде не контактирует с уличным воздухом, как в драйкулере. А снаружи этот змеевик орошается водой и обдувается воздухом, как в мокрой градирне. В результате жидкость остаётся чистой, но охлаждается почти до температуры мокрого термометра.

Когда выбирать

Когда нужна глубина охлаждения мокрой градирни, но технологический контур должен оставаться чистым — например, для дорогих теплоносителей, чувствительных теплообменников или объектов, где недопустимо обрастание контура. Также это рабочая схема для жидкостного охлаждения ЦОД, где змеевик отдаёт тепло напрямую, без промежуточной холодильной машины.

Сильные стороны

- Технологический контур герметичен и чист — нет грязи и биологии в жидкости процесса
- Охлаждение близко к мокрому термометру — глубже, чем у драйкулера
- В режиме без холодильной машины электропотребление примерно в 10 раз ниже, чем у чиллерной схемы
- Орошение можно отключать в холодный сезон и работать «по-сухому», экономя воду

Ограничения

- CAPEX выше, чем у открытой градирни — за чистоту контура нужно доплатить
- Внешний орошаемый контур всё равно требует водоподготовки, хоть и проще
- Ниже мокрого термометра по-прежнему не охладит — это всё ещё пассивная градирня

Решение 4. Холодильная машина (чиллер или АБХМ)

Единственный вариант ниже мокрого термометра



Холодильная машина активно отбирает тепло и охлаждает жидкость ниже температуры наружного воздуха — но требует энергии.

Если требуемая температура жидкости опускается ниже мокрого термометра, ни драйкулер, ни градирня уже не помогут — нужен искусственный холод. Холодильная машина активно отбирает тепло за счёт термодинамического цикла: компрессионный чиллер расходует электроэнергию, абсорбционная машина АБХМ работает на тепле (газ, пар, горячая вода). Это даёт любую нужную температуру, но за неё платят энергией и деньгами.

Когда выбирать

Когда уставка по холоду ниже мокрого термометра в точке установки — практически ниже примерно Тм.т. + 3 °С. Это технологический холод, прецизионное кондиционирование, низкотемпературные процессы, классическое охлаждение ЦОД с фреоновым или чиллерным контуром. Здесь градирня или драйкулер выступают уже не самостоятельным решением, а узлом сброса тепла самой холодильной машины.

Сильные стороны

- Любая температура жидкости независимо от погоды за бортом
- Стабильность уставки круглый год — процесс не зависит от жары
- АБХМ позволяет получать холод из бросового тепла или дешёвого газа вместо электричества

Ограничения

- Самый высокий CAPEX из всех схем теплоотвода
- Самое высокое энергопотребление: за глубину холода платят электричеством или топливом
- Сложнее в эксплуатации и обслуживании, выше требования к персоналу

Алгоритм выбора по температуре

Вся логика сводится к одному сравнению: какую температуру жидкости требует ваш процесс — и где она относительно двух термометров вашего города. Пройдите три шага сверху вниз и остановитесь на первом подходящем варианте.

Шаг 1. Температура выше сухого термометра на 5–10 °С?

Да → драйкулер. Замкнутый чистый контур, без воды и водоподготовки. Самое необслуживаемое решение.

Шаг 2. Температура ниже сухого, но выше мокрого термометра ($\approx$ Тм.т. + 3–5 °С)?

Да → мокрая градирня. Открытая, если контур может быть «грязным» и важен минимальный CAPEX. Закрытая, если технологическую жидкость нужно сохранить чистой.

Шаг 3. Температура ниже мокрого термометра?

Да → холодильная машина (чиллер или АБХМ). Градирня или драйкулер при этом остаются, но уже как узел сброса тепла самой машины.

Правило одной строкой: чем ближе нужная температура к мокрому термометру, тем дороже аппарат; опустились ниже мокрого термометра — без искусственного холода не обойтись.

Требуемая температура жидкости	Правильный аппарат
Выше сухого термометра на 5–10 °С	Драйкулер (сухая градирня)
Ниже сухого, но выше мокрого термометра	Мокрая градирня — открытая или закрытая
Ниже мокрого термометра	Холодильная машина (чиллер / АБХМ)

Сравнительная матрица

Сводка по четырём классам теплоотвода. CAPEX и энергопотребление даны в относительной шкале, чтобы показать порядок, а не точную цифру под конкретный объект.

Параметр	Драйкулер	Градирня открытая	Градирня закрытая	Холод. машина
Предел охлаждения	Сухой т-метр	Мокрый т-метр	Мокрый т-метр	Любая
Чистота контура	Замкнутый	Открытый	Замкнутый	Замкнутый
Расход воды	Нет	Высокий	Средний	Зависит от сброса
Водоподготовка	Не нужна	Обязательна	Упрощённая	На контуре сброса
CAPEX	РР	Р	РР	РРР
Энергопотребление	Низкое	Низкое	Низкое	Высокое

Р — самый доступный, **РРР** — самый дорогой. Относительная шкала для сравнения порядка затрат.

Три ошибки, которые стоят миллионов

Ошибка 1. Поставили холодильную машину там, где хватило бы градирни

Самая дорогая ошибка. Если процесс готов принять температуру выше мокрого термометра, холодильная машина — это лишний CAPEX и многократно завышенный счёт за электричество на годы вперёд. Прежде чем закладывать чиллер, проверьте: действительно ли нужна температура ниже мокрого термометра?

Ошибка 2. Выбрали драйкулер там, где нужна температура близко к мокрому термометру

Сухой аппарат не уйдёт ниже наружного воздуха. Пытаясь выжать из драйкулера температуру градирни, проектировщик раздувает его до площади футбольного поля — и всё равно не получает результата в жару. Если уставка ниже сухого термометра, это зона градирни, а не драйкулера.

Ошибка 3. Поставили открытую градирню, где контур должен был оставаться чистым

Открытая градирня пропускает через воду сотни тысяч кубометров уличного воздуха со всей пылью и биологией. Если технологическая жидкость дорога или чувствительна, экономия на CAPEX открытой схемы оборачивается обрастанием, простоями и расходами на химию. Здесь правильный ответ — закрытая градирня.

Разбор реального подбора схемы под конкретный климат и тарифы, со схемами и цифрами, я выкладываю в Telegram-канале «Максим, нужно охлаждение» (@krasnov_energy). Берите и сверяйте со своим объектом.

Всё это оборудование мы производим

«Энергия Холода» выпускает все четыре класса аппаратов из этой методички: драйкулеры, открытые и закрытые градирни NCT, чиллеры собственной разработки, а также поставляет АБХМ Thermax. Мы первыми в России начали производить мокрые градирни современной конструкции — больше десяти лет назад, на смену советским решениям с шиферной обшивкой. Поэтому в вопросе «что выбрать» мы на стороне физики, а не конкретного продукта.



Драйкулеры NCT в производственном цеху



Открытые градирни NCT на промышленной эстакаде



Закрытая градирня NCT на крыше объекта



Моноблочный чиллер NCT

ГЛАВНЫЙ ШАГ ПОСЛЕ ЭТОЙ МЕТОДИЧКИ

Подпишитесь на канал

«Максим, нужно охлаждение»

Наведите камеру телефона

t.me/krasnov_energy

Что вы получите как подписчик

- Шпаргалку по выбору схемы теплоотвода с таблицей решений по температуре
- Расчёт сухого и мокрого термометра для основных климатических зон РФ
- Разборы реальных проектов градирен, драйкулеров и чиллерных схем с цифрами
- Свежие тренды по охлаждению, в том числе AI/HPC-нагрузок и жидкостного ЦОД
- Технические разборы аварий и типовых ошибок проектирования теплоотвода
- Прямые ответы на вопросы — пишите в личку @krasnov_energy

Один правильно выбранный класс аппарата экономит миллионы рублей CAPEX и годы переплат за электричество. Подписка займёт 10 секунд — а сэкономить может бюджет всего проекта охлаждения.

Контакты

Максим Краснов

Генеральный директор «Энергия Холода»

Telegram: **«Максим, нужно охлаждение» · @krasnov_energy**

E-mail: **mk@colden.ru**

Телефон: **+7 (812) 332-53-66**

Сайты: colden.ru · nc-t.ru · abxm-thermax.ru

Адрес: 195279, Санкт-Петербург, Индустриальный пр., д. 44 к. 2

Подписывайтесь на «Максим, нужно охлаждение» (@krasnov_energy) — и выбирайте схему теплоотвода с цифрами, а не на ощупь.