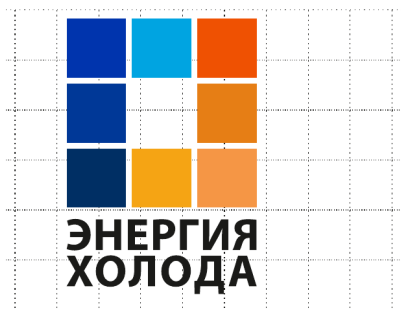




WHITE PAPER · МАЙ 2026

25 вопросов для выбора системы охлаждения ЦОД

Минимальные CAPEX и OPEX в зависимости от энергии на площадке

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

Резюме

Этот документ для тех, кто проектирует, строит или модернизирует центр обработки данных и хочет выбрать схему охлаждения, которая будет минимально стоить в эксплуатации и максимально соответствовать доступным на площадке ресурсам — электричеству, воде, природному газу.

«Энергия Холода» 15+ лет занимается холодоснабжением промышленных и коммерческих объектов. Сегодня в штате 200 инженеров, годовой оборот более 2 млрд ₽, собственный завод в Сертолово (Ленинградская область). Мы разработали матрицу из 7 типовых схем охлаждения и алгоритм выбора между ними. В этом White Paper они изложены вместе с 25 практическими вопросами, на которые нужно ответить до того, как открывать тендер на оборудование.

Наш CEO Максим Краснов до основания компании 3 года работал в York и 3 года в Trane. «Энергия Холода» — единственная российская компания, ставшая членом Cooling Technology Institute (CTI, США) — международной ассоциации специалистов по охлаждающему оборудованию. Эксклюзивный дистрибьютор Thermax (Индия) по АБХМ в России и СНГ.

Главный практический вывод: для AI/НРС-кластеров новой генерации схема «закрытая мокрая градирня без чиллера» сокращает электропотребление на охлаждение в 10 раз против классического моноблочного чиллера. Для 10 МВт ЦОД это сотни миллионов рублей экономии в год.

Что внутри

- Часть 1. Контекст: почему охлаждение — главная статья ОРЕХ в современном ЦОД
- Часть 2. 7 типовых схем охлаждения — описание, фирменная схема, плюсы, ограничения
- Часть 3. Алгоритм выбора по доступной энергии (5 сценариев)
- Часть 4. 25 практических вопросов — структурированный чек-лист
- Часть 5. Сравнительная матрица всех 7 решений
- Часть 6. Расчёт ТСО для AI/НРС ЦОД 10 МВт
- Часть 7. Что делать дальше — бесплатные услуги Энергии Холода

Этот White Paper — короткая выжимка. Глубокие разборы кейсов, цифры по реальным объектам и ответы на ваши конкретные вопросы — в моём Telegram-канале «Максим, нужно охлаждение» (@krasnov_energy). QR-код в конце документа.

Часть 1. Почему охлаждение — главная статья ОПЕХ современного ЦОД

Плотность стоек выросла в 50 раз за 25 лет. А схема охлаждения у многих та же

Двадцать пять лет назад типовая стойка в дата-центре потребляла 2–5 кВт. Сегодня — 50, 100, 150 кВт. AI и HPC-нагрузки уже требуют 200+ кВт на стойку. При этом физика осталась та же: всю эту мощность нужно отвести от чипов в атмосферу или испарить в водяной пар.



Эволюция плотности стойки

- 1990–2000-е: 2–5 кВт на стойку. Достаточно фальшпола и кондиционеров CRAN
- 2010-е: 30–100 кВт. Появилась изоляция горячих/холодных коридоров, гибрид воздух+жидкость
- 2020–2023: 100–150 кВт. Жидкость на стойку через Rear Door Heat Exchanger
- 2024 и далее: 200+ кВт на стойку. Direct-to-Chip (D2C) и Immersion cooling — для AI/HPC

Воздух упёрся в потолок

Воздух как теплоноситель имеет физический предел: даже с защитной оболочкой и оптимизированным CRAN воздухом можно снять не более 30 кВт на стойку. Дальше — только жидкость на уровне чипа.

Вода в объёме переносит в 3500 раз больше тепла, чем воздух. Теплопроводность — в 25 раз выше. Именно поэтому AI-кластеры Yandex, VK, Сбера и зарубежных гипермасштабных операторов переходят на жидкостное охлаждение.

Сколько стоит охлаждение

На охлаждение ЦОД в среднем уходит 30–50% годового электропотребления объекта. Для 10 МВт ЦОД с PUE 1,4 это около 2 МВт средней мощности по году, что составляет порядка 17,5 млн кВт·ч и 120+ млн рублей при тарифе 7 ₽/кВт·ч.

Выбор схемы внешнего отвода тепла — то, на чём строится PUE и WUE объекта — напрямую определяет 80–85% этой суммы. Между фреоновым чиллером с COP=3 и закрытой испарительной градирней без чиллера разница в ОПЕХ для одного и того же ЦОД достигает 100+ миллионов рублей в год.

Часть 2. Семь типовых схем охлаждения

От фреонового чиллера до жидкостного охлаждения без компрессорной машины

В мировой практике сложилось 7 типовых схем охлаждения ЦОД. Они различаются по тому, как именно тепло из машзала уходит в атмосферу — через фреоновый цикл, испарение воды или абсорбционный процесс. Каждая схема имеет свою экономику CAPEX/OPEX и свои ограничения по площадке.

Далее — описание каждой с фирменной схемой и ключевыми показателями. Все расчёты приведены для типового ЦОД 1000 кВт, средней полосы РФ, режим 24/7.

Решение 1. Моноблочный чиллер с воздушным охлаждением

Базовая точка отсчёта. Минимальный CAPEX, максимальный OPEX

РЕШЕНИЕ 1

Моноблочный чиллер с воздушным охлаждением

Простейшая схема: фреоновый цикл, тепло сбрасывается в атмосферу через конденсатор



Когда выбирать

Региональные ЦОД мощностью до 700 кВт, тестовые стенды, резервные машзалы, объекты с дефицитом воды и небольшим бюджетом на старте. Хороший выбор там, где главное — заработать быстро и не связываться с водоподготовкой.

Сильные стороны

- CAPEX около 13 млн ₽ для машины 1000 кВт — самый дешёвый старт
- Воду не потребляет, нет рисков легионеллы
- Простой монтаж, минимум сервисных компетенций для эксплуатации
- Любая площадка — нужен только подвод электричества

Ограничения

- COP ≈ 3: на каждый 1 кВт холода нужно 0,33 кВт электричества
- OPEX около 14,5 млн ₽/год для ЦОД 1000 кВт — самый высокий
- PUE дополнительный 1,35–1,45 — плохо для коммерческих ЦОД с billable PUE
- Производительность падает при высоких температурах улицы (>32 °C)



Моноблочные чиллеры NCT собственного производства на складе. Завод в Сертолово, Ленинградская область

Решение 2. Моноблочный чиллер с фрикулингом

Та же машина, но зимой работает «бесплатно»

РЕШЕНИЕ 2

Моноблочный чиллер с фрикулингом

Та же машина, но зимой работает «бесплатно» через free cooling



Когда выбирать

Большинство существующих корпоративных ЦОД 1–2 МВт в средней полосе и севернее. Стандарт для банков и госструктур без доступа к воде. Если объект в России и работает 24/7 — фрикулинг окупается за 2–4 года.

Сильные стороны

- В средней полосе РФ 4000–5000 часов в году работает в режиме фрикулинга — компрессор отключён
- Годовой средний COP вырастает с 3 до 5–7
- OPEX 8–10 млн ₽/год — экономия около 5 млн к моноблоку
- Окупаемость дельты CAPEX (+15–25%) — 2–4 года

Ограничения

- В жарких регионах эффект меньше — на юге РФ фрикулинг работает 1500–2500 часов
- Чуть больше CAPEX и сложнее схема обвязки
- Зависит от стабильности зимних температур (потепление снижает эффект)



Сухие охладители (драйкулеры) NCT в производственном цеху. Они же используются в качестве free-cooling модулей в чиллерах

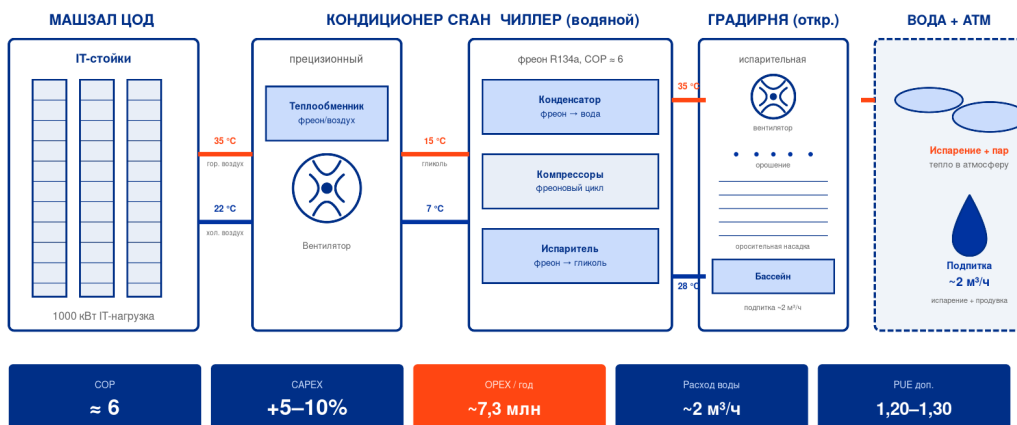
Решение 3. Чиллер плюс мокрая открытая градирня

Конденсатор охлаждается водой. OPEX вдвое ниже моноблока. NCT — производитель более 1000 градирен по миру

РЕШЕНИЕ 3

Чиллер + мокрая открытая градирня

Конденсатор охлаждается водой. OPEX вдвое ниже, чем у моноблока



Когда выбирать

Коммерческие ЦОДы 5–10 МВт с собственной службой эксплуатации, готовые работать с водоподготовкой и регламентом по легионелле. Если у вас есть стабильный доступ к воде и опытные холодильщики — это самая выгодная схема с фреоновым чиллером.

Сильные стороны

- COP ≈ 6 (центробежные чиллеры), 5–5,5 (винтовые), 4,5–5 (спиральные) — на 1 кВт холода всего 0,17–0,22 кВт электричества
- Температура конденсации падает с 55 °С (моноблок) до 35 °С — компрессор делает меньшую работу и сам становится дешевле
- OPEX около 7,25 млн ₽/год — снижение электропотребления в 2 раза против моноблока
- CAPEX почти как у моноблока: чиллер 11,7 + градирня 1,5 + насосная 0,5 ≈ 13,7 млн ₽
- Хорошо масштабируется для крупных объектов 5+ МВт

Ограничения

- Расход воды на подпитку ~2 м³/ч для 1000 кВт (испарение и продувка)
- Загрязнение конденсатора чиллера — требует регулярного ТО
- Водоподготовка: станция 300–400 тыс. ₽ + ~100 тыс. ₽/год на химикаты. Без службы эксплуатации схема не работает — теплообменник «зарастёт» за 1–2 года
- Риск обмерзания зимой при неправильной обвязке
- Регламент по легионелле — нужна служба биоконтроля



Открытые градирни NCT на промышленной эстакаде. Более 1000 наших градирен работают на инженерных объектах

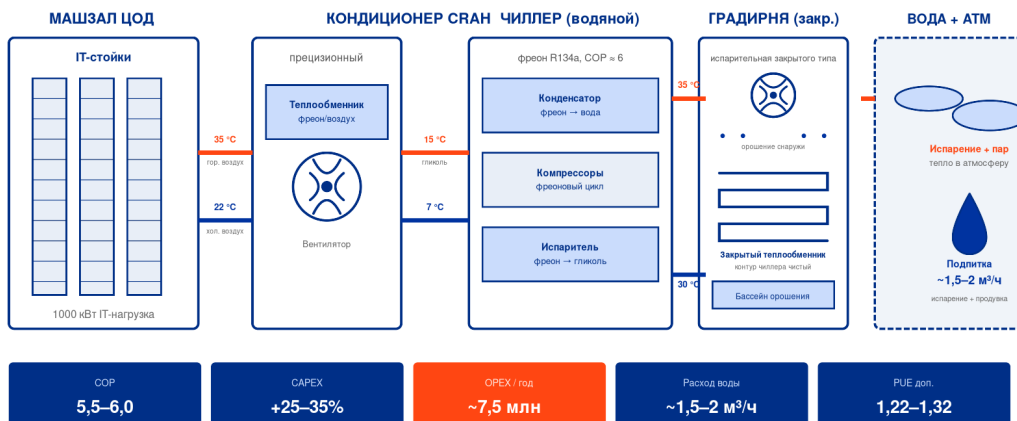
Решение 4. Чиллер плюс мокрая закрытая градирня

То же экономическое плечо, но контур чиллера остаётся чистым

РЕШЕНИЕ 4

Чиллер + мокрая закрытая градирня

То же экономическое плечо, но контур чиллера остаётся чистым



Когда выбирать

Ответственные ЦОД с регламентом по легионелле для общественных зданий: банки, медицинские объекты, критичные госструктуры. Когда приоритет ресурса оборудования и стабильности выше +20–30% дельты CAPEX.

Сильные стороны

- COP 5,5–6,0 — почти как у открытой градирни
- Контур чиллера полностью изолирован от внешней среды, не загрязняется
- Выше ресурс теплообменника (15–20 лет), проще водоподготовка
- Ниже риск размножения легионеллы в контуре чиллера

Ограничения

- CAPEX +20–30% к открытой градирне
- Меньшая компактность — закрытая градирня больше по габаритам
- Подпитка по-прежнему нужна: ~1,5–2 м³/ч
- Чуть выше PUE из-за дополнительного температурного напора



Закрытая градирня большой мощности на сборке. Завод НСТ, Сертолово

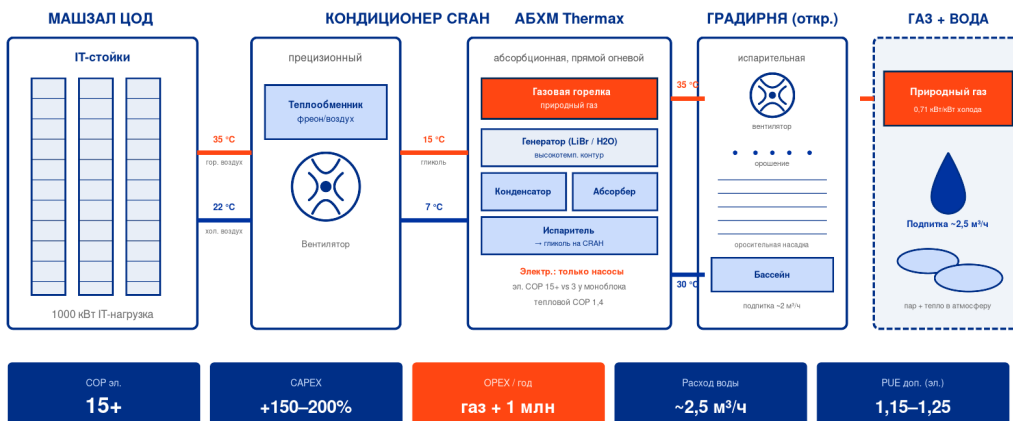
Решение 5. АБХМ Thermax на природном газе

Холод из тепла. Электричество — только на насосы. Более 100 объектов реализовано в РФ

РЕШЕНИЕ 5

АБХМ Thermax на природном газе

Холод из тепла. Электричество — только на насосы



Когда выбирать

Объекты с дешёвым природным газом (нефтегазовая отрасль, рядом с ТЭЦ или газовыми ГПУ), площадки с жёстким лимитом электрической мощности от сетей, требование автономности от энергосистемы. «Энергия Холода» — эксклюзивный дистрибьютор Thermax (Индия) по АБХМ в России и СНГ. Реализовано более 100 объектов.

Сильные стороны

- Сама АБХМ потребляет всего ~3 кВт электричества на 1 МВт холода — только насосы и автоматика
- С учётом мокрой градирни (~15 кВт) и циркуляционных насосов (~10 кВт) — итого ~28 кВт электр. на 1 МВт холода. Системный COP ≈ 35
- Двухступенчатая АБХМ на природном газе: тепловой COP 1,3–1,4. Одноступенчатая на горячей воде 80+ °C: COP 0,7–0,8
- Зимой работает как котёл — одновременно вырабатывает и холод, и горячую воду для отопления
- Идеально для тригенерации: ГПУ → электричество + горячая вода → АБХМ → холод
- Снимает нагрузку с электросетей — критично при лимите подключения

Ограничения

- CAPEX в 2–3 раза выше моноблока — окупается дешёвым газом или бросовым теплом
- На 1 МВт холода нужно 700–1300 кВт тепла (газ или горячая вода)
- Обязательна мокрая градирня для отвода тепла абсорбера и конденсатора (драйкулерами охлаждать нельзя — нужна температура жидкости ≤ 32–33 °C)
- Выход на режим — около 30 минут. Для ЦОД с жёсткими требованиями к моменту запуска ставят рядом резервный чиллер 5–20% мощности для сглаживания пиков
- Сложнее в эксплуатации — нужны компетенции по абсорбционному циклу



Абсорбционная холодильная машина Thermax. «Энергия Холода» — эксклюзивный дистрибьютор Thermax в РФ и СНГ.
100+ объектов в России

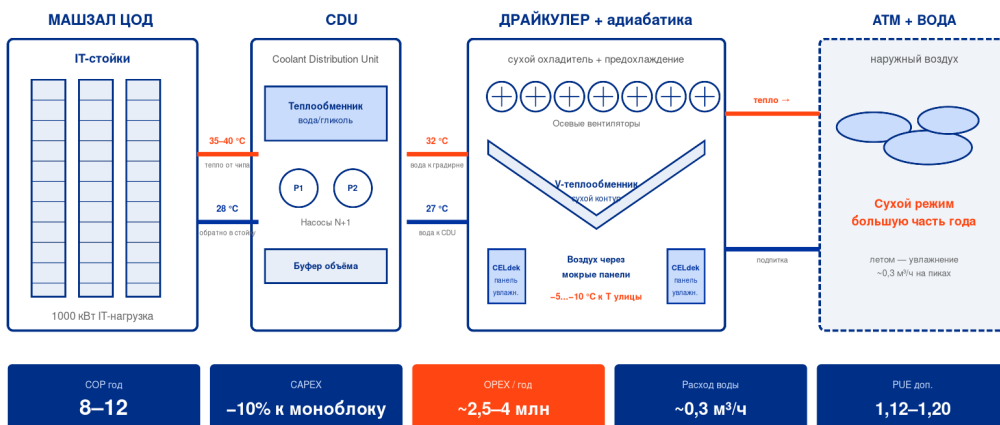
Решение 6. Драйкулер с адиабатическим орошением

Сухой охладитель с увлажнением воздуха. Решение для AI-стоек с разумным водопотреблением

РЕШЕНИЕ 6

Драйкулер с адиабатическим орошением

Сухой охладитель + предохлаждение воздуха. Воды в 5–10 раз меньше



Когда выбирать

Юг России (Краснодар, Ростов, Астрахань, Крым), майнинговые фермы в засушливых регионах, площадки с лимитом или высокой стоимостью воды. Также рассматривается как альтернатива мокрой градирне для AI-нагрузок в средней полосе — при понимании ограничений.

Сильные стороны

- Подбирается так, что круглый год выдаёт воду в районе 30 °C — подходит для D2C-охлаждения чипов
- Большую часть года работает в сухом режиме — расход воды близок к нулю
- В жару адиабатическое предохлаждение охлаждает воздух на 5–10 °C ниже температуры улицы
- Расход воды на пиках ~0,3 м³/ч на 1 МВт — в 5–10 раз меньше мокрой градирни

Ограничения

- Для Москвы (по нашим расчётам) есть несколько часов в году, когда драйкулер вылетает по температуре — вместо 30 °C идёт 32 °C. Решение: либо резервный чиллер про запас, либо жертвовать этими двумя градусами
- Высокая влажность убивает эффект адиабатики: при RH > 60% производительность падает, при RH > 80% — почти ноль. В средней полосе РФ среднегодовая RH 70–80%, осадков 150–190 дней
- Адиабатические панели (CELdek-тип) меняются раз в 1–3 года — ~500–900 тыс. ₽ на машину
- Требование к воде — питьевого качества. Без обратного осмоса теплообменник «зарастает» солями за 1–2 года
- Электропотребление вентиляторов выше, чем у закрытой градирни той же производительности



Оребрённые трубы в производстве — основа теплообменников драйкулеров и закрытых градирен НСТ

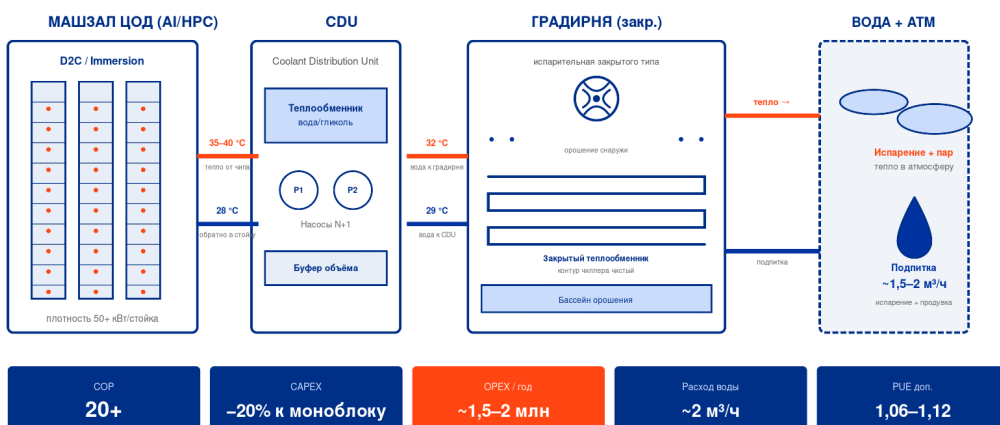
Решение 7. Закрытая градирня без чиллера для жидкостного ЦОД

Снижение электропотребления на охлаждение в 10 раз. Это уже стандарт для большинства новых ЦОД в США

РЕШЕНИЕ 7

Закрытая градирня без чиллера для жидкостного ЦОД

Самое перспективное для AI/HPC. Чиллер не нужен — подача 29 °C напрямую



Когда выбирать

Новые ЦОД под AI/HPC мощностью от 1 МВт, плотность стойки 50+ кВт, готовность к жидкостному охлаждению на уровне чипа (Direct-to-Chip, Immersion). Это решение, которое сейчас выбирают гипермасштабные операторы — Yandex, VK, Сбер и большинство зарубежных ЦОД нового поколения.

Сильные стороны

- В 10 раз меньше электропотребление на охлаждение vs моноблочный чиллер. Это «секрет», как сократить OPEX на охлаждение ЦОД в разы
- Закрытая оребрëнная градирня производства NCT стоит дешевле, чем фреоновая холодильная машина той же мощности
- На улице +35 °C — на выходе из градирни +25–30 °C. Этого достаточно для D2C-охлаждения чипов с подачей в районе 30 °C
- Кейс Астрахани (DB=39°C, WB=28°C): 99%+ часов в году градирня выдаёт нужную температуру без чиллера
- Подача 29 °C напрямую к CDU. Чиллер не нужен — или используется только как резерв 100–500 ч/год
- Конструкция: вентилятор снизу, оребрëнные трубы орошаются водой. Обмерзнуть физически не может, потому что вентилятор находится снизу
- Окупаемость дельты CAPEX — 1,5–2,5 года

Ограничения

- Работает только с жидкостным охлаждением на уровне стойки (D2C, Immersion). Для классических ЦОД с CRAN и подачей 7 °C — не применимо
- Возражение про утечки воды: технология отработана, давление в первичном контуре пониженное — если случается утечка, она наоборот всасывается обратно в систему, а не выходит наружу
- Требуется переработки архитектуры машзала и CDU
- Расход воды на подпитку ~1,5–2 м³/ч на 1 МВт. В большинстве регионов России это приемлемо



Закрытая градирня NCT на крыше промышленного объекта. Серебряный корпус, синий лейбл бренда, водяные трубы — то, что охлаждает AI-кластер вместо фреонового чиллера

Часть 3. Алгоритм выбора по доступной энергии

Что есть на площадке — то и определяет схему

Главный закон выбора: доступные на площадке энергоносители (электричество, вода, газ) определяют, какие из 7 схем для вас вообще рассматриваются. Сначала отсекаем по доступности — потом сравниваем по экономике.

Сценарий А. Только электричество, без воды и газа

Малая мощность, нет водопровода или его подключение слишком дорого. Типично — региональные ЦОД, тестовые площадки, временные объекты.

Рекомендация: Решение 1 (моноблок) для объектов до 700 кВт, Решение 2 (фрикулинг) для 1–2 МВт. Если в перспективе появится вода — закладывайте площадь под градирню сразу.

Сценарий В. Электричество + вода (без ограничений)

Стабильный доступ к воде питьевого качества, есть служба эксплуатации с холодильщиками. Типично — коммерческие ЦОДы 5+ МВт, корпоративные банковские ЦОД.

Рекомендация: Решение 3 (открытая градирня) — для эксплуатации, готовой к ХВП и регламенту по легионелле. Решение 4 (закрытая градирня) — для банков и медобъектов с жёстким регламентом. Решение 7 — если ЦОД проектируется под жидкостное охлаждение.

Сценарий С. Электричество + газ + вода

Объекты нефтегаза, площадки с подключением к ТЭЦ или ГПУ, заводы с избыточным теплом. Газ по промышленному тарифу 6–9 ₽/м³.

Рекомендация: Решение 5 (АБХМ Thermax) — если есть лимит электрической мощности от сетей или нужна автономность. Особенно выгодно при когенерации — холод почти бесплатно из бросового тепла.

Сценарий D. Электричество + ограниченная вода (юг РФ)

Жаркий сухой климат, высокая стоимость воды или ограничение по сбросу. Краснодарский край, Астрахань, Ростов, Крым, частично Кавказ.

Рекомендация: Решение 6 (драйкулер с адиабатикой). В сухом климате эффективность адиабатики максимальна, расход воды минимальный. Для майнинга на юге — оптимальная схема.

Сценарий Е. Новый ЦОД под AI/НРС

Плотность стойки 50+ кВт, готовность к жидкостному охлаждению чипов. Любой регион с водой.

Рекомендация: Решение 7 (закрытая градирня без чиллера). Минимальный CAPEX и OPEX, окупаемость 1,5–2,5 года. Чиллер закладывается только как резерв на пиковые 100–500 часов жары в году.

Часть 4. 25 вопросов перед выбором схемы охлаждения

Структурированный чек-лист на основе реальной проектной практики

Эти 25 вопросов нужно отработать в команде (главный инженер + IT-директор + финансы) до того, как открывать тендер на оборудование. Каждый вопрос напрямую сужает выбор из 7 схем — иногда исключает половину сразу.

Вопросы сгруппированы в 6 блоков. На каждый есть пояснение «почему это важно» и «что от него зависит» — какие из 7 решений могут отпасть в зависимости от ответа.

Блок 1. Стартовые параметры объекта

1. IT-нагрузка сейчас и через 3 года, в МВт?

Цифра «сегодня» определяет мощность оборудования. «Через 3 года» — резерв площади и подключений. Разрыв часто 2–5×. Если планируется AI/HPC — учитывайте отдельно.

2. Целевая плотность стойки в кВт/стойка?

До 30 кВт — можно воздухом (CRAN). 30–100 кВт — гибрид. 100+ кВт — только жидкостное охлаждение на чипе. Это сразу делит выбор: классические схемы 1–5 или жидкостные 6–7.

3. Температура подачи теплоносителя к стойке?

7 °C — нужен фреоновый чиллер обязательно. 10–18 °C — чиллер с фрикулингом. 25–35 °C (для жидкостного охлаждения) — чиллер можно убрать совсем (решение 7).

4. Tier по Uptime Institute и допустимое время простоя в год?

Tier III — до 1,6 ч простоя/год. Tier IV — до 0,4 ч. Определяет схему резервирования (N+1, 2N, 2N+1). Tier IV удваивает или утраивает CAPEX.

5. Климат площадки: расчётные DB и WB?

DB — Dry Bulb (сухой термометр), WB — Wet Bulb (мокрый). Разница DB–WB определяет, где работает адиабатика, испарительная градирня и фрикулинг. Для южных регионов с высоким WB фрикулинг малоэффективен.

Блок 2. Вода и площадка

6. Постоянный доступ к воде питьевого качества и в каком объёме (м³/ч)?

Для решений с испарением нужно 0,3–3 м³/ч на 1 МВт холода. Без подключения к водопроводу варианты 3, 4, 5, 6, 7 отпадают — остаются только 1 и 2.

7. Тариф 1 м³ подпиточной воды?

Промышленный тариф в Москве 50–80 ₽/м³, в регионах 30–150 ₽. Влияет на 10-летний ТСО. При тарифе >100 ₽/м³ драйкулер с адиабатикой (решение 6) выигрывает у мокрой градирни.

8. Сброс продувочной воды — куда и по какой цене?

Продувка до 30% от подпитки. В Москве часто блокирует крупные мокрые градирни — нет куда сбрасывать. Если сброс невозможен — только решения 1, 2 или 6 (с минимальной подпиткой).

9. Площадь под наружный блок: крыша или земля, нагрузки?

Закрытая градирня в 2–3 раза компактнее открытой. Драйкулер с адиабатикой — самый компактный. Нагрузка на крышу 600–1500 кг/м². Если крыша слабая — решения 3 и 4 отпадают.

Блок 3. Электричество и газ

10. Доступная электрическая мощность от сетей: фактическая и заявленная?

Если лимит $\leq 1,5\times$ от IT-нагрузки — фреоновый чиллер с PUE 1,4 не пройдет. Нужны решения с PUE $\leq 1,2$ (схемы 6 и 7) или АБХМ на газе (5).

11. Тариф на электричество (одно- и двухставочный)?

При тарифе ≤ 5 ₽/кВт·ч моноблок ещё оправдан. При $7+$ ₽/кВт·ч схемы 6 и 7 окупаются за 1–2 года. При $10+$ ₽/кВт·ч схема 5 (АБХМ) становится выгодной даже без бросового тепла.

12. Подключение к магистральному газу? Тариф?

Промышленный газ 6–9 ₽/м³ делает АБХМ (схема 5) самым дешёвым по OPEX. Без газа АБХМ не рассматривается.

13. Когенерация (ГПУ, ТЭЦ) на площадке или планируется?

Утилизация бросового тепла когенерации через АБХМ даёт «бесплатный» холод. Это окно для нестандартной экономики, схема 5 особенно выгодна.

Блок 4. Эксплуатация

14. Собственная служба эксплуатации с холодильщиками и КИПовцами?

Открытые мокрые градирни требуют водоподготовки, продувки, химии, ежедневного контроля. Без службы — только закрытые контура (4) или фреон (1, 2).

15. Регламент по легионелле для вашей отрасли?

Для медицины, общественных зданий, банков — открытая градирня (3) закрывается. Остаются закрытая (4), сухие решения (1, 2, 6), АБХМ с закрытой градирней (5+4).

16. Срок плановых ТО без переноса нагрузки?

Решения с одним внешним контуром (моноблок, АБХМ + 1 градирня) требуют дублирования или планируемых окон. Распределённые схемы (N+1 модулей) обслуживаются без остановки.

17. BMS/DCIM с открытым протоколом интеграции?

Современные решения должны бесшовно интегрироваться через Modbus, BACnet, SNMP, REST. Закрытые проприетарные протоколы — красный флаг при тендере.

Блок 5. Резервирование и риск

18. Схема резервирования: N+1, 2N, 2N+1?

N+1 — стандарт Tier III. 2N — Tier IV и финансовые ЦОД. Удваивает или утраивает CAPEX, но позволяет ТО без остановки.

19. Буфер объёма (время выбега) при отказе насосов?

30 секунд — серверы успеют завершить транзакции. 2 минуты — комфортный переход на резерв. Бак-аккумулятор 5–15% годового хода даёт этот ресурс.

20. Что при пожаре в холодильной — газовое пожаротушение и автоматика?

Часто упускают: фреоновый чиллер в случае пожара в машзале — утечка хладагента 50–500 кг с возможным образованием фосгена. Безфреоновые решения (5, 6, 7) этого риска лишены.

21. Требования по импортозамещению (госконтракт, Минпромторг)?

Для госконтрактов нужен реестр Минпромторга и ГИСП. Российское оборудование с сертификатами ТР ТС 010 и СПИК закрывает вопрос. Решения NCT и АБХМ Thermax (через эксклюзивного представителя ЭХ) этому соответствуют.

Блок 6. Экономика и принятие решения

22. CAPEX-лимит на холодоснабжение?

Часто бюджет фиксируется по предварительной концепции. Понимание лимита сразу определяет, какие из 7 схем рассматриваются.

23. Ставка NPV/TCO на 10 лет?

12–15% — стандартная корпоративная ставка. При высокой ставке выбор сдвигается в сторону низкого CAPEX (моноблок). При низкой — выгодны решения с высоким CAPEX и низким OPEX (АБХМ, безчиллерные).

24. Кто ЛПР по бюджету: главный инженер, IT-директор, финансы?

У них разные критерии: инженер — надёжность, IT — PUE, финансы — TCO. Понимание ЛПР определяет, какие аргументы важны на финальной защите.

25. Утверждённый бенчмарк PUE для проекта (annual или peak)?

Современные требования для AI-кластеров: annual PUE $\leq 1,15$. Для коммерческих ЦОД $\leq 1,3$. Бенчмарк сужает выбор до 2–3 схем сразу.

Часть 5. Сравнительная матрица 7 решений

Базис: ЦОД 1000 кВт, средняя полоса РФ, режим 24/7

Эта матрица — карманная шпаргалка для финального этапа выбора. После того, как через 25 вопросов вы отсекали неподходящие схемы — здесь видно, что выбирать из оставшихся.

Решение	CAPEX	OPEX/год	Вода	PUE доп.	Ключевое ограничение
1. Моноблочный чиллер	Базис 13 млн ₽	~14,5 млн ₽	0	1,35–1,45	Высокий OPEX
2. Чиллер + фрикулинг	+15–25%	~8–10 млн ₽	0	1,25–1,35	Нужен климат с зимой
3. Чиллер + открытая градирня	+5–10%	~7,3 млн ₽	~2 м³/ч	1,20–1,30	Загрязнение, легионелла
4. Чиллер + закрытая градирня	+25–35%	~7,5 млн ₽	~1,5–2 м³/ч	1,22–1,32	Дороже на старте
5. АБХМ Thermax на газе	+150–200%	газ + 1 млн ₽	~2,5 м³/ч	1,15–1,25	Нужен дешёвый газ
6. Драйкулер с адиабатикой	–10% к моноблоку	~2,5–4 млн ₽	~0,3 м³/ч	1,12–1,20	Высокая RH убивает эффект
7. Закрытая градирня без чиллера	–20% к моноблоку	~1,5–2 млн ₽	~2 м³/ч	1,06–1,12	Только под жидкостное охл.

Decision logic в одну строку. Малая мощность, нет воды → решение 1 или 2. Средняя мощность, есть вода и эксплуатация → решение 3 или 4. Лимит по электричеству, есть газ → решение 5. Юг РФ или дефицит воды → решение 6. Новый AI/HPC ЦОД → решение 7.

Часть 6. Расчёт ТСО для AI/HPC 10 МВт

Как «снижение электропотребления в 10 раз» превращается в сотни миллионов рублей экономии

Постановка задачи

ЦОД под AI/HPC-нагрузку, средняя полоса РФ. IT-нагрузка 10 МВт. Плотность стойки 50–100 кВт с Direct-to-Chip. Температура подачи к стойке 29–30 °С. Режим работы 24/7 (8760 ч/год). Сравниваем пять вариантов внешнего отвода тепла.

Пять вариантов на сравнение

- А. Моноблочный чиллер с фрикулингом — фреоновый цикл (базис)
- В. Сухой драйкулер + резервный чиллер — нет воды, но 534 ч/год не обеспечены
- С. Адиабатический драйкулер без чиллера — расход воды ~0,5 м³/ч
- D. Гибридный охладитель без чиллера — два контура, сухой и мокрый
- Е. Закрытая испарительная градирня без чиллера — самое перспективное

Энергетика и деньги по году

Базовый вариант А (с фреоновым чиллером): средняя мощность охлаждения по году ~2 МВт. Это 17,5 млн кВт·ч в год, или 122 млн ₽/год при тарифе 7 ₽/кВт·ч.

Вариант Е (закрытая градирня без чиллера): средняя мощность ~0,3 МВт по году. 2,6 млн кВт·ч в год, или 18 млн ₽/год.

Экономия по электричеству: 104 млн ₽/год. Окупаемость дельты CAPEX (плюс резервный чиллер для пиковых часов): 1,5–2,5 года в зависимости от региона и тарифа.

Рекомендация для типового объекта

Для AI/HPC-кластера 10 МВт в средней полосе РФ рекомендуем вариант Е — закрытую испарительную градирню без чиллера, с резервным чиллером на 10–20% мощности. Этот резерв закрывает 100–500 пиковых часов в году (жара плюс остановки на ТО градирен).

Для регионов с жёстким лимитом воды — вариант D (гибридный охладитель). Для Астрахани, Краснодар и юга — вариант С (адиабатический драйкулер).

Срок поставки от Энергии Холода: 4–6 месяцев на оборудование, 6–9 месяцев на объект «под ключ» с СМР.

Часть 7. Что делать дальше

Бесплатный пакет услуг для проектов ЦОД от Энергии Холода

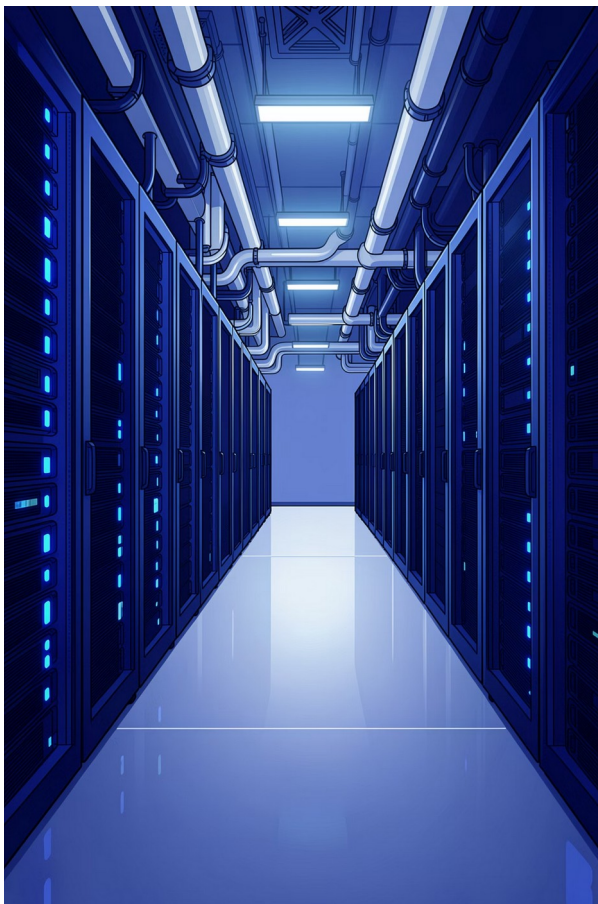
Если этот White Paper подтвердил, что выбор схемы охлаждения для вашего ЦОД — нетривиальная задача, мы готовы помочь дойти до решения с минимальным риском и затратами вашего времени.

Бесплатно для всех читателей этого документа

- Аудит существующей схемы охлаждения вашего ЦОД — выявление точек экономии
- Расчёт ROI перехода на оптимальную схему — на ваших тарифах и климате
- Подбор оборудования и предварительный CAPEX ($\pm 15\%$)
- Концепция по 2–3 оптимальным схемам с сравнением TCO на 10 лет
- Консультация по жидкостному охлаждению для AI/HPC-нагрузок

Полный цикл от концепции до сервиса

«Энергия Холода» работает не как реселлер. У нас собственный завод в Сертолово (Ленинградская область), своё проектное бюро, отдел СМР, отдел программистов автоматики и сервисная служба 24/7. Один контракт — один ответственный за результат.



Цифры компании: 200 инженеров в штате, годовой оборот более 2 млрд ₽, более 100 объектов с АБХМ Thermax по России, более 1000 градиен NCT на промышленных и инженерных объектах.

СЕО компании

Максим Краснов — генеральный директор и учредитель «Энергии Холода». До запуска собственного бизнеса 3 года работал в York и 3 года в Trane — на двух крупнейших международных производителях холодильного оборудования. Академик Международной академии холода.

Что мы производим

- Чиллеры с фрикулингом и без (под брендом NCT)

- Открытые, закрытые и гибридные градирни — собственное производство более 1000 единиц по миру
- Драйкулеры с адиабатическим орошением
- Испарительные конденсаторы, насосные станции
- Системы автоматики и водоподготовки
- АБХМ Thermax (Индия) — эксклюзивный дистрибьютор в России и СНГ

Сертификаты и членство

- ISO 9001:2015 — система менеджмента качества
- ПАО «Газпром» — допуск к работе на объектах
- Госкорпорация «Росатом» — допуск к работе на объектах
- Член Cooling Technology Institute (CTI, США) — международной ассоциации специалистов по охлаждающему оборудованию. Единственная компания из России

Подпишитесь — продолжим разговор

Главное обещание автора: в Telegram-канале каждую неделю — практика без маркетинга

Этот White Paper — короткая версия того, чем я делюсь в канале «Максим, нужно охлаждение» каждую неделю. Там разборы конкретных проектов с цифрами, новинки рынка, ответы на вопросы подписчиков. Без маркетингового шума.

Подпишитесь — и при следующем проекте по охлаждению ЦОД у вас уже будет понимание, как сэкономить миллионы и не наступить на типовые грабли.



«Максим, нужно охлаждение»

@krasnov_energy · t.me/krasnov_energy

Наведите камеру телефона на QR-код или откройте по ссылке выше

Бонус подписчикам — расширенный чек-лист «25 вопросов для выбора схемы охлаждения ЦОД» в формате .docx с полями для ваших ответов. Ссылка в закреплённом посте канала.

ГЛАВНЫЙ ШАГ ПОСЛЕ ЭТОГО WHITE PAPER

Подпишитесь на канал

«Максим, нужно охлаждение»



Наведите камеру телефона

t.me/krasnov_energy

Что вы получите как подписчик

- Расширенный чек-лист «25 вопросов» в формате .docx с полями для ответов
- Excel с формулами расчёта TCO под ваш климат и тарифы
- Разборы реальных проектов охлаждения ЦОД с цифрами по CAPEX, OPEX и PUE
- Свежие тренды по охлаждению AI/HPC-нагрузок: D2C, Immersion, гибридные градирни
- Технические разборы аварий и типовых ошибок проектирования
- Прямые ответы на вопросы — пишите в личку @krasnov_energy

Если ваш ЦОД — больше 1 МВт, а вопрос о выборе схемы охлаждения для вас живой, подписка займёт 10 секунд и сэкономит десятки миллионов рублей в год по сравнению с типовым проектным решением.

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

Глубокие разборы реальных кейсов с цифрами по CAPEX/OPEX/PUE, новинки рынка охлаждения, ответы на вопросы подписчиков — без маркетингового шума.