

ЭНЕРГИЯ ХОЛОДА

COLD ENERGY

ПРАКТИЧЕСКИЙ ГАЙД · 2026

Как снизить энергопотребление холодоснабжения до 10 раз

*5 схем охлаждения промышленного объекта: расчёт CAPEX, OPEX и
электрической мощности для условий Череповца*

Максим Краснов

генеральный директор «Энергия Холода» · академик Международной академии холода
член Института технологий охлаждения (CTI, США) — первая компания из России и СНГ

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

Коротко: о чём этот гайд

Для кого: главные инженеры, энергетики, службы эксплуатации и проектировщики промышленных предприятий, где есть постоянная нагрузка по холоду — оборотное водоснабжение, охлаждение оборудования, технологические процессы.

Главный вывод: на одну и ту же задачу — 1000 кВт холода — счёт за электричество может отличаться в 10 раз. Разница не в марке чиллера, а в самой схеме отвода тепла и в том, сколько механического охлаждения объекту реально нужно.

Что внутри: пять схем холодоснабжения, разобранных на одной задаче, с расчётом капитальных и операционных затрат и электрической мощности для климата Череповца. И простое правило, как выбрать схему под свой объект.

Сокращения, которые встретятся в гайде

- COP (Coefficient of Performance) — холодильный коэффициент: сколько киловатт холода даёт 1 кВт затраченной энергии.
- CAPEX — капитальные (стартовые) затраты на оборудование и монтаж.
- OPEX — операционные (годовые) затраты: электроэнергия, вода, химия, обслуживание.
- АБХМ — абсорбционная бромисто-литиевая холодильная машина (холод из тепла, без компрессора).
- ХВП — химводоподготовка (водоподготовка для градирен).
- ВЭР — вторичные энергоресурсы (бросовое тепло: пар, горячая вода, отходящие газы).
- Tw.b. — температура наружного воздуха по мокрому термометру (предел охлаждения градирни).
- Фрикулинг (free cooling) — свободное охлаждение наружным воздухом без работы компрессора.

Задача и методика расчёта

Чтобы сравнение было честным, все пять схем считаем на одних и тех же условиях.

1. Холодопроизводительность: 1000 кВт.
2. Температура холодоносителя: +12/+7 °С (типовой технологический холод).
3. Площадка: Череповец. Расчётная зимняя температура около –32 °С, летний мокрый термометр около +20 °С (по СП 131.13330 «Строительная климатология»).
4. Режим работы: круглосуточно, средняя годовая загрузка 0,7 — это около 6 130 эквивалентных часов полной нагрузки в год.
5. Тариф на электроэнергию: 7 ₽/кВт·ч.

Сравниваем по трём метрикам: электрическая мощность (кВт), CAPEX (млн ₽) и OPEX (млн ₽/год). Дополнительно — расход подпиточной воды и эксплуатационные ограничения.

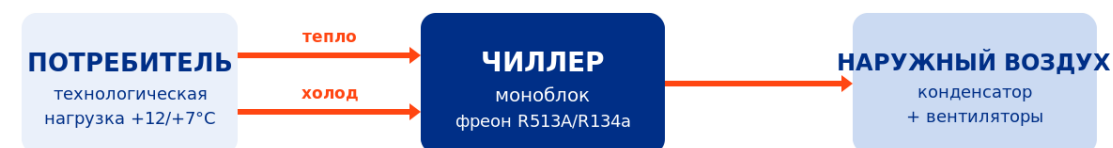
Цифры в гайде — расчётные ориентиры для типового объекта. Под конкретную площадку их корректирует тепловой баланс, фактический график нагрузки и местные тарифы.

Схема 1. Моноблочный чиллер с воздушным охлаждением

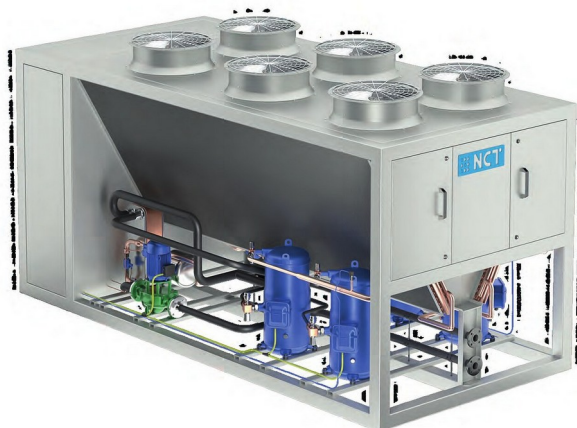
Базовая точка отсчёта: минимум вложений, максимум счёта за электричество

СХЕМА 1

Моноблочный чиллер с воздушным охлаждением — базовая точка отсчёта



СОР (год) ≈ 3,0	Эл. мощность 333 кВт	CAPEX ~13 млн ₽	OPEX/год ~14,5 млн ₽	Вода нет
---------------------------	--------------------------------	--------------------	-------------------------	--------------------



Моноблочный чиллер NCT с воздушным охлаждением

Фреоновый цикл сбрасывает тепло конденсатора прямо в наружный воздух. СОР около 3,0 — на каждый киловатт холода тратится примерно 0,33 кВт электроэнергии.

Установленная эл. мощность 333 кВт · среднегодовое потребление 333 кВт · CAPEX ~13 млн ₽ · OPEX ~14,5 млн ₽/год · вода — нет.

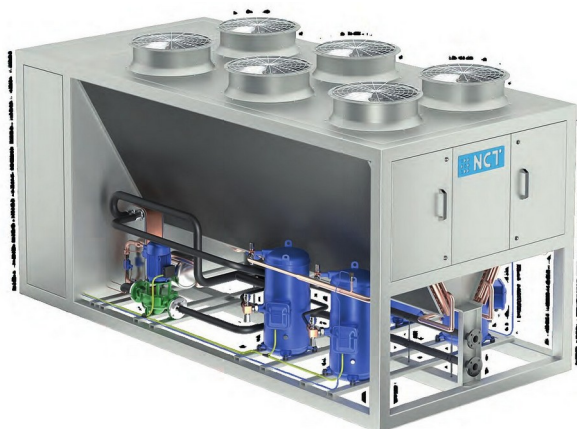
Где уместна: малые объекты, площадки с дефицитом воды, резервный холод. Для постоянной нагрузки 1000 кВт — самый дорогой вариант в эксплуатации.

Схема 2. Чиллер со встроенным фрикулингом

Тот же чиллер, но зимой холод даёт наружный воздух — почти бесплатно

СХЕМА 2

Чиллер со встроенным фрикулингом — зимой холод почти бесплатно



Тот же чиллер NCT — зимой работает в режиме фрикулинга

Зимой компрессоры почти не работают: холод снимается наружным воздухом через сухой охладитель (драйкулер). В Череповце около пяти месяцев со среднесуточной температурой ниже нуля.

По расчёту по климату Череповца полный фрикулинг доступен около 4 000 часов в год, частичный — ещё около 2 500 часов. Годовой COP получается около 6,1.

Установленная эл. мощность ~340 кВт · среднегодовое потребление ~165 кВт · CAPEX +15–25% к моноблоку · OPEX ~7,1 млн руб/год · вода — нет.

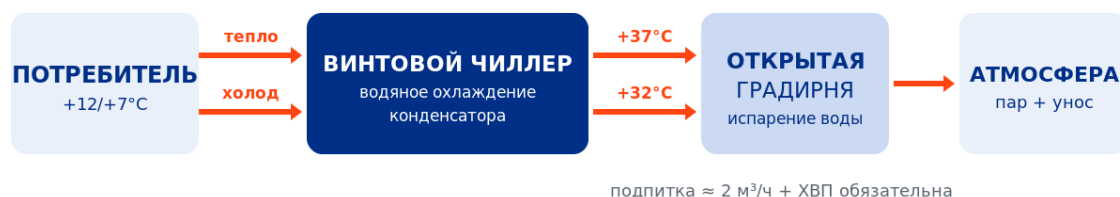
Важно: фрикулинг снижает годовое потребление вдвое, но НЕ снижает установленную (подключённую) мощность — компрессоры всё равно нужны на летнюю нагрузку. Зато экономия идёт без воды и без водоподготовки.

Схема 3. Винтовой чиллер + открытая мокрая градирня

Конденсатор охлаждаем водой, а не воздухом — COP выше круглый год

СХЕМА 3

Винтовой чиллер + открытая мокрая градирня — OPEX вдвое ниже



COP (год)

≈ 6,0

Эл. мощность

166 кВт

CAPEX

~13,7 млн ₽

OPEX/год

~7,3 млн ₽

Вода

~2 м³/ч



Открытая мокрая градирня NCT (секционная установка)

Вода из градирни охлаждает конденсатор чиллера. Температура конденсации ниже, чем при воздушном охлаждении, поэтому COP выше — около 6,0 в течение всего года.

Установленная эл. мощность ~190 кВт · среднегодовое потребление 166 кВт · CAPEX ~13,7 млн ₽ · OPEX ~7,3 млн ₽/год · подпитка ~2 м³/ч.

Цена решения: нужна вода и обязательна водоподготовка (ХВП). Есть риск загрязнения конденсатора и легионеллы — режим контроля по СанПиН, зимой требуется защита от обмерзания.

В отличие от фрикулинга, эта схема одинаково работает и в мороз, и в жару, когда свободное охлаждение воздухом уже не помогает.

Схема 4. АБХМ на бросовом паре — холод из тепла

Абсорбционная машина: вместо электричества «топливо» — тепло

СХЕМА 4

АБХМ на бросовом паре — холод из тепла, электричество почти не нужно



Абсорбционная холодильная машина АБХМ Thermax

АБХМ — это тоже холодильная машина, но без компрессора. Холод вырабатывается за счёт цикла «бромид лития — вода», а движущая энергия — тепло. Если на площадке есть бросовой пар (ВЭР, ТЭЦ, отходящее тепло печей), электричество нужно почти только на насосы.

Установленная эл. мощность ~60 кВт · среднегодовое потребление ~50 кВт (электрический COP ~20) · пар бросовой = 0 ₽ · CAPEX в 2–3 раза выше моноблока · OPEX ~2,4 млн ₽/год · подпитка ~5 м³/ч.

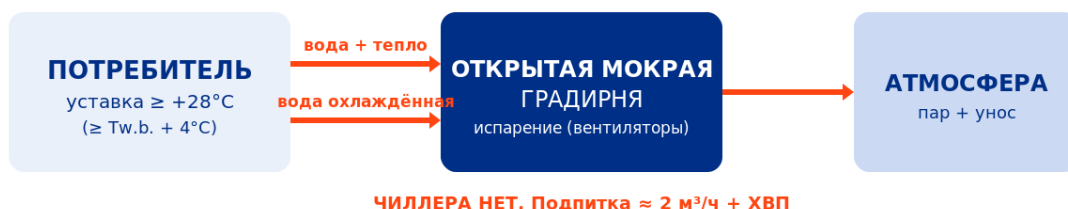
Нюанс: машина сбрасывает примерно в 2,4 раза больше тепла, чем вырабатывает холода, поэтому градирня нужна крупнее. Выход на режим — около 30 минут. Для металлургии с избытком пара это один из самых сильных вариантов. У «Энергии Холода» более 50 установленных АБХМ Thermax.

Схема 5. Мокрая градирня без чиллера

Когда холод вообще не нужен — самый дешёвый вариант

СХЕМА 5

Мокрая градирня без чиллера — когда процесс терпит тёплую воду



Эл. мощность ~30 кВт	COP сист. ≈ 33	CAPEX ~3-4 млн ₽	OPEX/год ~1,5 млн ₽	Эффект до ×11
-------------------------	-------------------	---------------------	------------------------	------------------



Та же открытая градирня NCT — но уже без чиллера

Часто процессу не требуется +7 °C. Если он терпит тёплую воду, чиллер можно убрать совсем. Открытая градирня охлаждает воду испарением до уровня мокрого термометра — в Череповце это около +24...+25 °C летом.

Правило: если уставка процесса не ниже Tw.b. + 3...5 °C — для охлаждения достаточно одной градирни.

Установленная эл. мощность ~35 кВт · среднегодовое потребление ~30 кВт · CAPEX ~3-4 млн ₽ · OPEX ~1,5 млн ₽/год · подпитка ~2 м³/ч.

Это и есть «до 10 раз»: 30 кВт против 333 кВт у моноблочного чиллера — в одиннадцать раз меньше электричества на ту же задачу.

Пять схем на одной таблице

Базис: 1000 кВт холода, +12/+7 °С, Череповец, круглосуточный режим, тариф 7 ₽/кВт·ч.

Вариант	Эл. мощность, кВт (уст. / средн.)	CAPEX	OPEX/год	Вода	Эффект
1. Моноблок воздушный	333 / 333	~13 млн ₽	~14,5 млн ₽	нет	база
2. Моноблок + фрикулинг	~340 / ~165	+15–25%	~7,1 млн ₽	нет	–51%
3. Винтовой + открытая градирня	~190 / 166	~13,7 млн ₽	~7,3 млн ₽	~2 м³/ч	–50%
4. АБХМ на бросовом паре	~60 / ~50	×2–3	~2,4 млн ₽	~5 м³/ч	–84%
5. Мокрая градирня без чиллера	~35 / ~30	~3–4 млн ₽	~1,5 млн ₽	~2 м³/ч	×11

«Уст.» — установленная (подключаемая к сети) электрическая мощность; «средн.» — среднегодовое потребление. У фрикулинга они сильно расходятся: годовой расход вдвое ниже, но компрессоры под летнюю нагрузку всё равно подключены.

Закономерность простая: чем меньше «холодильной машины» в схеме, тем ниже и счёт за электричество, и подключаемая мощность.

Как выбрать схему под свой объект

1. Какая температура воды реально нужна процессу? Если не ниже $T_{w.b.} + 3...5\text{ °C}$ — возможно, чиллер не нужен вообще (Схема 5).
2. Есть ли на площадке бросовое тепло — пар, горячая вода, ВЭР? Если да — считайте АБХМ (Схема 4).
3. Есть ли вода и служба эксплуатации под водоподготовку? Если нет — фрикулинг без воды (Схема 2).

О канале «Максим, нужно охлаждение»

Я веду Telegram-канал, где разбираю промышленное холодоснабжение без маркетингового шума: схемы, расчёты, разборы реальных объектов и ошибок проектирования, новинки рынка.

Здесь — для тех, кому тема охлаждения по работе живая: главных инженеров, энергетиков, проектировщиков и эксплуатации.



«Максим, нужно охлаждение»

t.me/krasnov_energy

Контакты

Максим Краснов

генеральный директор «Энергия Холода»

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

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

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