ЭНЕРГИЯ ХОЛОДА NCT

РЕАЛИЗОВАННЫЙ ПРОЕКТ · ЭКСПОРТ

Холод из выхлопной трубы: как вернуть турбине летнюю мощность

Газотурбинная электростанция в Актюбинской области, Казахстан — АБХМ Thermax 3,15 МВт на выхлопе ГТУ: +2,8 МВт летней мощности по расчёту

Объект: газотурбинная электростанция нефтегазового месторождения, Актюбинская обл., Казахстан

Оборудование: Thermax 2D 5M C · 2 градирни Baltimore · 12 секций thermofin

Поставка DAP до месторождения · пусконаладка — август 2018 года

Заказчик газотурбинная электростанция нефтегазоконденсатного месторождения в Актюбинской области, Республика Казахстан. Станция снабжает электроэнергией промысел.

Задача вернуть трём газотурбинным установкам мощность, которую они теряют летом из-за жары, — и не тратить на производство холода ни топлива, ни заметной доли этой мощности.

Оборудование абсорбционная холодильная машина **Thermax 2D 5M C** на выхлопных газах, холодопроизводительность 3 150 кВт; две открытые градирни **Baltimore S3E-1222-07P/H**; двенадцать теплообменных секций **thermofin** (Германия) по 280 кВт для охлаждения циклового воздуха.

Роль «Энергии холода» проектирование станции холодоснабжения, подбор и поставка всего оборудования на условиях DAP до месторождения, шефмонтаж и пусконаладка.

Коротко в цифрах

Данные — из технических паспортов машины, градирен и теплообменных секций.

3 150 кВт
холодопроизводительность абсорбционной машины

30 → 14,9 °C
температура воздуха на входе в турбины после охлаждения

355 → 192 °C
температура выхлопа на входе в машину и на выходе

0 м³ газа
дополнительного топлива на выработку холода не сжигается

+2,8 МВт
расчётная летняя мощность, которую возвращают три ГТУ

12 × 280 кВт
теплообменных секций на воздухозаборах турбин

Об объекте

Станция стоит на нефтегазоконденсатном месторождении в Актюбинской области и питает промысел: без неё останавливается добыча. Климат резко континентальный, летом днём уверенно за +30 °C, и именно в эти месяцы электроэнергия нужна больше всего.

Задача

У газовой турбины есть свойство, знакомое каждому энергетику: **её мощность падает вместе с ростом температуры наружного воздуха.** Турбина засасывает фиксированный объём воздуха. Горячий воздух легче, в том же объёме его меньше по массе, значит меньше кислорода, меньше топлива можно сжечь и меньше мощности на валу.

Летом, когда потребление на промысле максимально, станция выдаёт меньше всего. Ставить четвёртую турбину ради двух-трёх жарких месяцев дорого, а остальные девять-десять месяцев она стояла бы.

Обычное решение — охлаждать воздух на входе в турбину. Но холод сам требует энергии: компрессорные чиллеры на такую мощность забирают заметную долю того прироста, ради которого всё затевалось.

Вторая половина задачи — выхлоп. Каждая турбина выбрасывает в трубу газы температурой около 355 °C, и это тепло целиком уходит в атмосферу.

Почему выбрали нас

1. Проект и оборудование от одного исполнителя. «Энергия холода» разработала проектную документацию станции холодоснабжения по техническому заданию, с требованиями нормативов Республики Казахстан, и сама поставила оборудование. Ответственность за то, что расчёт сойдётся с железом, не делилась между сторонами.

2. Опыт работы с выхлопными газами. Машина на выхлопе — не то же самое, что машина на паре. Нужно считать газовый тракт: расход, температуру на входе и выходе, сопротивление машины по газу, компоновку с существующими шахтами газовыхлопа.

3. Поставка до месторождения. Условия DAP: оборудование доставлено до площадки с полным пакетом документов для пересечения границы и декларацией Таможенного союза.

Решение

Система состоит из трёх частей, соединённых в одну цепь.

1. Абсорбционная машина Thermax 2D 5M C двухступенчатого типа на выхлопных газах. Газ с температурой 355 °C и расходом 45 000 кг/ч проходит через машину и уходит при 192 °C. На этой энергии машина вырабатывает 3 150 кВт холода: вода 15 → 8 °C, расход 386,5 м³/ч. Сопротивление по газовому тракту — 125 мм вод. ст., подключение Ø 1 100 мм.

2. Двенадцать теплообменных секций thermofin на воздухозаборах турбин. По ним идёт вода 8 → 15 °C. Каждая секция снимает 280 кВт с потока воздуха 48 600 м³/ч и охлаждает его с 30,0 до 14,9 °C. Трубки медные, ламели алюминиевые, поверхность 555 м² на секцию.

3. Две открытые градирни Baltimore S3E-1222-07P/H сбрасывают в атмосферу тепло, которое машина забрала у воды и получила от газа: по 3 243 кВт каждая, режим 34 → 27 °C при температуре мокрого термометра 21,3 °C, вентилятор 30 кВт.

Холод из выхлопа ГТУ: АБХМ, градирни и охлаждение циклового воздуха



Схема приведена для общего понимания принципа работы: это типовое применение оборудования на объектах такого класса, а не рабочий проект объекта.

Схема приведена для общего понимания принципа — это типовое применение оборудования на объектах такого класса, а не рабочий проект данного объекта

Баланс, который сходится

Тепло, снятое с выхлопа: 45 000 кг/ч × 0,267 ккал/(кг·°C) × (355 – 192) °C = 1 958 000 ккал/ч, то есть **2 278 кВт**.

Холод, отданный воде: 386,5 м³/ч × 1,163 × (15 – 8) °C = **3 146 кВт** — совпадает с паспортными 3 150 кВт.

В градирни уходит сумма: 750 м³/ч × 1,163 × (33,2 – 27) °C = **5 408 кВт** против расчётных 3 146 + 2 278 = 5 424 кВт. Расхождение 0,3 % — округления в паспорте.

Отношение холода к затраченному теплу — 3 150 / 2 278 = **1,38**. Коэффициент выше единицы подтверждает, что машина двухступенчатая: одноступенчатые дают около 0,7.

Смысл схемы в одной строке: **три мегаватта холода получены из тепла, которое раньше уходило в трубу.**

Как реализовали

Проектирование шло в 2015 году по техническому заданию заказчика: документация оформлялась по нормативам Республики Казахстан, с привязкой к существующим шахтам газовыхлопа, сводному плану инженерных сетей и химическому анализу подпиточной воды.

Поставка шла тремя отдельными отправками: абсорбционная машина, градирни и теплообменные секции. Каждая партия уходила автопоездом из Санкт-Петербурга через границу с Казахстаном до месторождения. Раствор бромида лития для машины ехал отдельным грузом.

Оборудование принято заказчиком: качество, характеристики и комплектность соответствуют договору, претензий нет.

Пусконаладку выполнила бригада «Энергии холода» с выездом на месторождение 20–26 августа 2018 года; работы приняты заказчиком.

Статус проекта на ноябрь 2026 года

Оборудование поставлено и принято заказчиком, пусконаладочные работы выполнены и приняты в августе 2018 года.

Результат

1. На станции построен узел холодоснабжения на бросовом тепле выхлопа: 3 150 кВт холода без сжигания дополнительного топлива.

2. Воздух на входе газовых турбин охлаждается с 30 до 14,9 °C — штатный режим, на который рассчитаны двенадцать теплообменных секций.

3. Проект, экспортная поставка трёх комплектов оборудования и пусконаладка выполнены одним поставщиком; оборудование принято заказчиком без претензий.

Расчёт эффекта для станции — в приложении: по нижней границе +2,8 МВт летней мощности и около 23 млн ₽ в год против работы без охлаждения воздуха.

Что из этого следует для похожего предприятия

1. У вас газовая турбина и жаркое лето. Чем выше летняя температура и чем дороже недовыработка в пик, тем быстрее окупается охлаждение циклового воздуха. Точный прирост мощности считается по климатической характеристике конкретной турбины.

2. У вас есть выхлоп или другое бросовое тепло — газ после турбины, пар, горячая вода. Абсорбционная машина берёт энергию там, где её всё равно выбрасывают, и не нагружает электрику станции.

3. Вы готовы к комплексному проекту. Газовый тракт, гидравлика, градирни, теплообменники на воздухозаборах и автоматика должны быть увязаны в одно целое. Поэтому проектирование и поставку разумно держать в одних руках.

«Энергия холода» / NCT

Российский производитель промышленного холодильного оборудования и официальное представительство Thermax в России и странах Таможенного союза: градирни, чиллеры, абсорбционные холодильные машины и тепловые насосы, драйкулеры. Собственное производство в Санкт-Петербурге, конструкторское бюро, сервисная служба с выездом на объект, в том числе за рубеж.

Что мы делаем по проекту: тепловой расчёт → проектирование → подбор → поставка → шефмонтаж → пусконаладка → сервис и ЗИП.

Следующий шаг. Получите расчёт охлаждения циклового воздуха под вашу турбину: пришлите модель ГТУ или ГПУ, климат площадки и параметры выхлопа — посчитаем прирост летней мощности, машину и градирни. nc-t.ru · colden.ru

---

Приложение. Расчёт эффекта для станции (модельный)

Экономика считается не по экономии на холоде, а по **возвращённой мощности турбин**: охлаждение циклового воздуха возвращает станции выработку, которую она летом теряла из-за жары. Цена поставленного оборудования в расчёт не входит.

1. Откуда берётся возвращённая мощность

Типовая чувствительность газовой турбины — 0,5–0,7 % мощности на каждый градус снижения температуры на входе; берём **нижнюю границу 0,5 %/°C**. Охлаждение с 30,0 до 14,9 °C — это 15,1 °C, то есть **+7,55 % мощности** каждой из трёх ГТУ.

Базовая мощность: расход воздуха через один модуль воздухозабора по техническому заданию — 180 000 кг/ч, то есть 50 кг/с. При удельной мощности простого цикла 250 кВт на 1 кг/с воздуха это ≈ 12,5 МВт на ГТУ и **37,5 МВт на три турбины**.

Прирост: 37,5 МВт × 7,55 % = **2,83 МВт**. За 2 000 часов летнего режима — **5 660 МВт·ч**.

Две проверки. Плотность воздуха при 14,9 °C выше, чем при 30 °C, на 5,2 %; с учётом того, что охлаждённый воздух легче сжимать, прирост мощности выходит примерно в 1,4 раза больше, те же 7,5 %. Явная теплота, снимаемая с 50 кг/с воздуха на 15,1 °C, — 760 кВт на турбину, а секций стоит на 1 120 кВт на турбину (4 × 280 кВт): разница уходит на осушение воздуха и запас.

2. Деньги в год

Показатель за год	А. Без охлаждения	Б. Компрессорный чиллер 3 150 кВт	В. АБХМ на выхлопе (реализовано)
Возвращённая выработка ГТУ, МВт·ч	0	5 660	5 660
Собственное потребление холодильной установки, МВт·ч	0	–1 660 (830 кВт)	–340 (170 кВт)
Чистая добавка электроэнергии, МВт·ч	0	4 000	**5 320**
Стоимость добавки при 4,5 ₽/кВт·ч, млн ₽	0	18,0	23,9
Топливо на выработку холода, млн ₽	0	0	**0**
Подпитка градирен, млн ₽	0	–0,66	–0,94
Эффект, млн ₽/год	**0**	**17,3**	**23,0**

Собственное потребление реализованного варианта — 170 кВт: насос абсорбента 7,5 кВт, насос хладагента 1,5 кВт, вакуумный насос 0,75 кВт (шильдик машины), два вентилятора градирен по 30 кВт (паспорта градирен) и насосные группы двух контуров ≈ 100 кВт (оценка по расходам 386,5 и 750 м³/ч). Это 6 % от возвращённой мощности против 29 % у компрессорного чиллера (700 кВт на компрессоры при COP 4,5 и 130 кВт на его градирни и насосы).

Подпитка градирен: сбрасываемое тепло 5 424 кВт ÷ 580 кВт·ч на 1 м³ (удельная норма подпитки с учётом продувки) → 9,35 м³/ч, за 2 000 часов 18 700 м³ по 50 ₽/м³.

Против компрессорного чиллера реализованный вариант выигрывает **5,7 млн ₽ в год**, 57 млн ₽ за десять лет только на эксплуатации.

3. Что не в деньгах, но стоит денег

1. Не нужна четвёртая турбина. +2,8 МВт летом получены без новой ГТУ, её фундамента, топливопровода и персонала.

2. Нет фреона. Рабочее тело — вода и раствор бромида лития: нет регламента по фторсодержащим газам и закупки хладагента.

3. Меньше вращающихся узлов. У машины нет компрессора, только три насоса с герметичным кожухом двигателя; их обслуживают на месте без потери вакуума в машине.

4. Допущения

- Чувствительность мощности ГТУ — 0,5 % на 1 °C, нижняя граница диапазона 0,5–0,7 %/°C. По верхней границе прирост был бы 4,0 МВт, эффект — 33 млн ₽ в год.
- Базовая мощность ГТУ 12,5 МВт получена из расхода воздуха по ТЗ при удельной мощности 250 кВт на 1 кг/с (типовой диапазон 230–290); под конкретную турбину цифра уточняется по её климатической характеристике.
- Летний режим — 2 000 ч в год; по ТЗ станция холодоснабжения работает круглосуточно при наружной температуре выше 15 °C.
- Электроэнергия — 4,5 ₽/кВт·ч в эквиваленте, вода — 50 ₽/м³ по российскому ориентиру.
- **Чувствительность по топливу.** Возвращённая выработка сама требует газа: 5 660 МВт·ч при КПД ГТУ 32 % и теплоте сгорания газа ≈ 9,3 кВт·ч/м³ — около 1,9 млн м³. На промысле это собственный попутный газ, и в расчёте он не оценён. Если считать его по коммерческой цене 8 000 ₽ за 1 000 м³, эффект снижается примерно до 7,8 млн ₽ в год.
- Горизонт без дисконтирования и роста тарифов; не учтены обслуживание, реагенты химводоподготовки, страхование, налоги.

> *Расчёт модельный: сделан по паспортным данным поставленного оборудования и открытым тарифам 2026 года. Под конкретный объект мы пересчитываем по вашим тарифам и режиму работы.*