

Утилизация тепла низкого потенциала с использованием тепловых насосов абсорбционного типа для повышения эффективности энергоблока комбинированного цикла

Журнал «Новости теплоснабжения» № 10, 2009 г., www.ntsni.ru

Введение

Эксплуатация оборудования любого источника тепловой энергии в большей или меньшей степени неизбежно сопровождается теплотерями, влекущими за собой дополнительные затраты на потребляемое топливо а также увеличение количества вредных выбросов в атмосферу.

Тепловые насосы парокompрессорного и абсорбционного типов в промышленных, экономически развитых странах используются достаточно широко и доказали свою энергетическую и экологическую эффективность. Это единственные устройства, которые осуществляют процесс переноса теплоты с низкотемпературного уровня на более высокий температурный уровень потребителя, вовлекая в полезный оборот неиспользуемую природную и техногенную теплоту, соответственно снижая потребность в добываемом топливе и сокращая выбросы «парникового» углекислого газа (CO₂) и других вредных продуктов сжигания органического топлива.

В предлагаемой статье, на практическом примере принадлежащей АО „RĪGAS SILTUMS” теплоцентрали “Imanta”, изложена общая информация о приобретённом опыте и методике процесса утилизации тепла низкого потенциала с использованием промышленной абсорбционной теплонасосной установки для повышения эффективности когенерационного энергоблока.



Иллюстрация Nr.1. Теплоцентрaль “Imanta”. Общий вид.

Информация о теплоцентрали

Теплоцентрaль “Imanta” была сдана в эксплуатацию в 1974 году для обеспечения тепловых нагрузок Рижского левобережья. До реконструкции основное производство обеспечивали три водогрейных котла KBГМ-100 (установленные в 1974; 1976; и 1980 годах) с номинальной мощностью 116 MW_{th}

каждый и два паровых котла ДКВР-20-13/250 с номинальной мощностью 16 MW_{th} каждый.

В 2001 году было принято решение о кардинальной модернизации теплоисточника со строительством абсолютно нового когенерационного энергоблока (КЭ) с применением передовых мировых технологий.

В настоящий момент оборудование КЭ состоит из следующих основных элементов:

- Газовая турбина Rolls Royce RB 211-24GT, 31,52 MW_{el};
- Котёл утилизатор Transelektro Power 63 т/ч, 67 бар;
- Паровая турбина В+V Industrietchnick MARC 4-H01, 16 MW_{el};
- Паровой котёл Varog, 12 т/ч, 13 бар.

Общая установленная мощность оборудования КЭ 48 MW_{el} и 48 MW_{th}.

После возведения когенерационного энергоблока, в период отопительного сезона водогрейные котлы работают параллельно с оборудованием КЭ, а в летний период находятся в состоянии резерва.

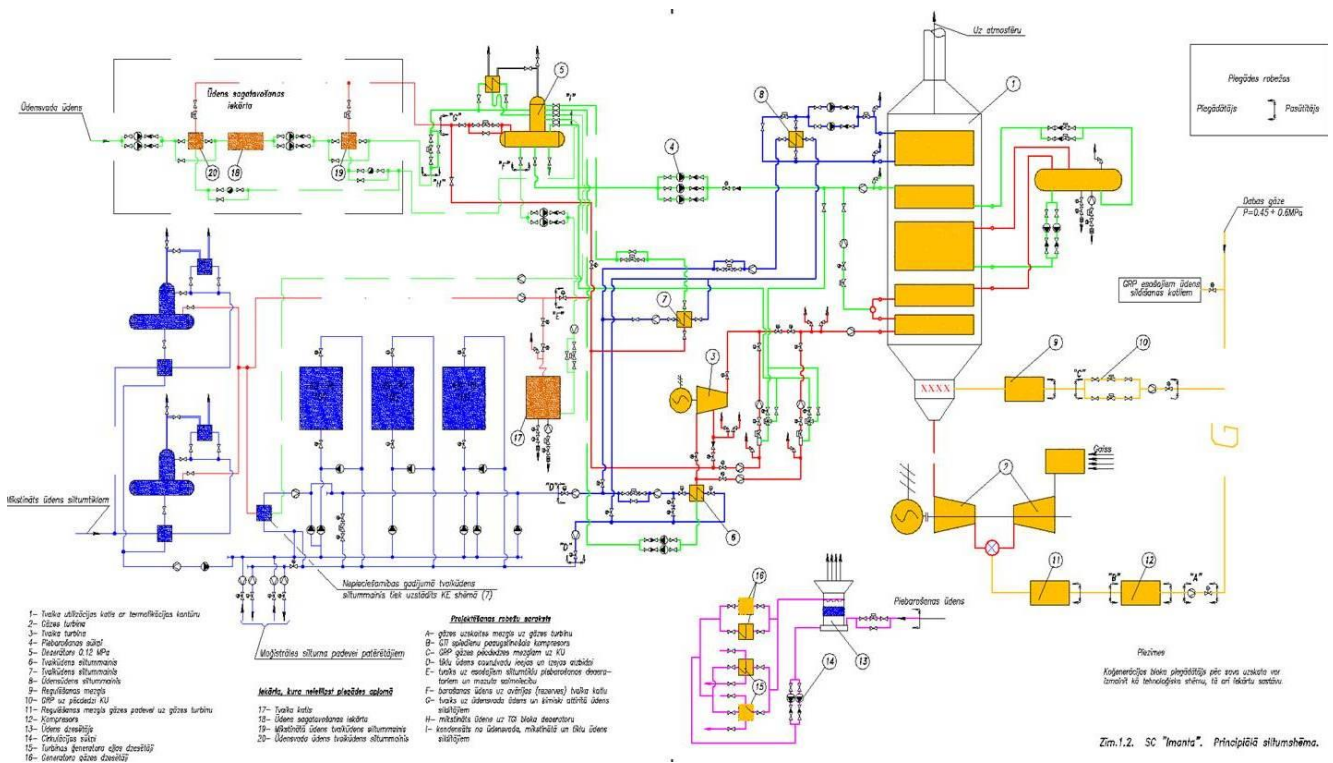


Иллюстрация Nr.2. Принципиальная схема ТЦ "Imanta"

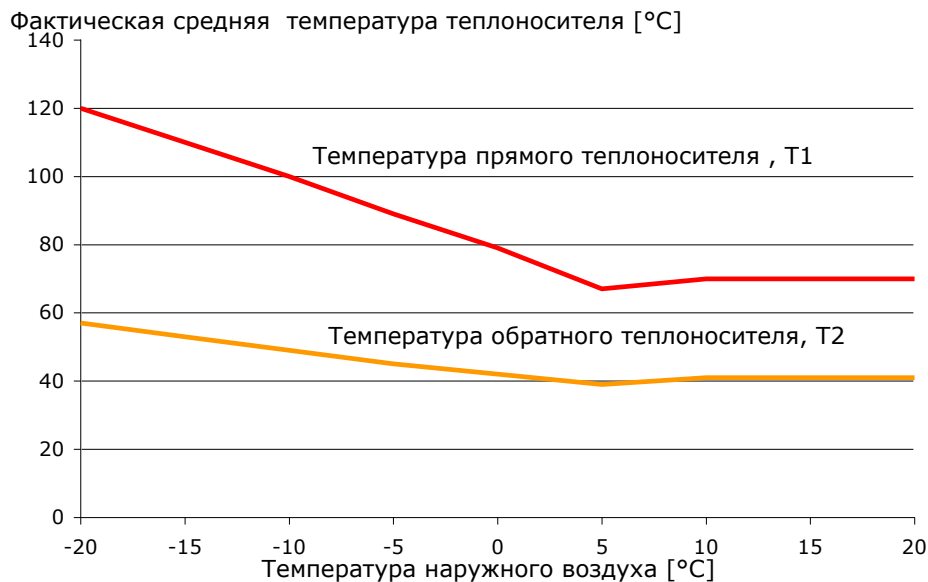


Иллюстрация №3. График зависимости температуры теплоносителя от температуры наружного воздуха

Рассматриваемый пример является частным случаем возможности утилизации теплотерь, образующихся при эксплуатации когенерационного энергоблока, рабочий цикл которого сопряжён с выбросом в окружающую среду низкопотенциального тепла из градирен открытого типа (Иллюстрация № 4), которые обеспечивают охлаждение смазочных масел газовой и паровой турбин, а также масла газового компрессора. В свою очередь технологический процесс котла утилизатора связан с продувкой перегретой воды с температурой выше 100 °С в количестве до 3,5 т/ч.

С целью рационального использования вышеупомянутых низкопотенциальных энергоресурсов и для общего повышения эффективности работы когенерационного энергоблока, в 2008 году было принято решение об установке промышленной теплонасосной установки.

Основываясь на результатах предварительных расчётов, оптимальным был признан вариант с установкой теплонасоса абсорбционного типа, который в отличие от компрессионного теплонасоса не требует существенных затрат на электроэнергию для обеспечения работы основного элемента - компрессора.



Иллюстрация №4. Градирни открытого типа теплоцентрали "Imanta"

Краткое описание принципа действия теплонасосных установок

Как известно, к тепловым насосам относятся установки, повышающие потенциал низкотемпературного тепла до требуемого для использования уровня путём затраты механической или другой энергии. Основной принцип их работы представляет собой аналог принципа работы холодильных машин – отбор тепла из охлаждаемого объекта (в данном случае низкотемпературное тепло),

повышение его потенциала и последующее удаление его при более высоком температурном уровне.

Наиболее широкое применение получили теплонасосные установки компрессионного и сорбционного типов.

Компрессионные теплонасосы

В компрессионных установках (Иллюстрация №.5) отбор низкотемпературного тепла осуществляется специальным агентом, а повышение потенциала тепла – путём механического сжатия его в компрессоре. После охлаждения рабочего агента (отдачи тепла потребителю) для повторения цикла производится его расширение (дросселирование), при котором теплосодержание рабочего агента снижается ниже параметров отбираемого низкотемпературного тепла.

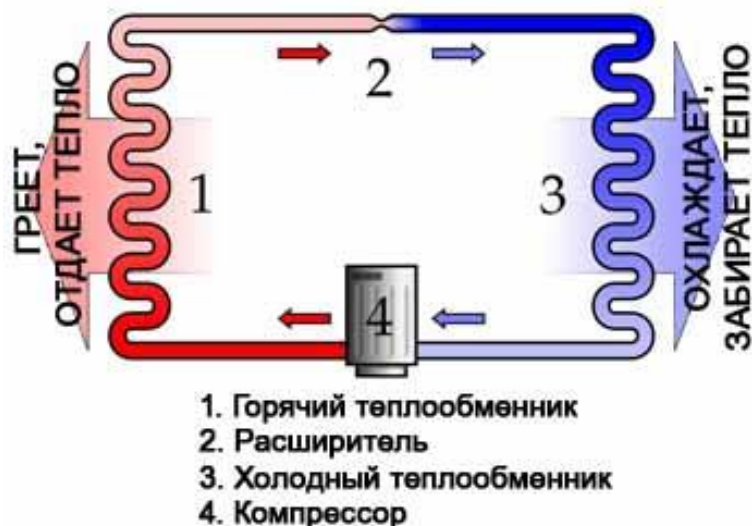


Иллюстрация №.5. Принципиальная схема действия компрессионной установки

Сорбционные теплонасосы

В сорбционных установках процессы отбора низкотемпературного тепла и его отдачи основаны на термохимических реакциях поглощения (сорбции) рабочего агента соответствующим сорбентом, а затем выделении (десорбции) рабочего агента из сорбента. Сорбционные установки, в свою очередь, подразделяются на абсорбционные и адсорбционные. В первых процесс сорбции осуществляется во всём объёме абсорбента (на границе жидкой и паровой фаз), а во вторых – на поверхности адсорбента, находящегося обычно в твёрдой фазе. Для трансформации тепла используется внешняя энергия в форме тепла.

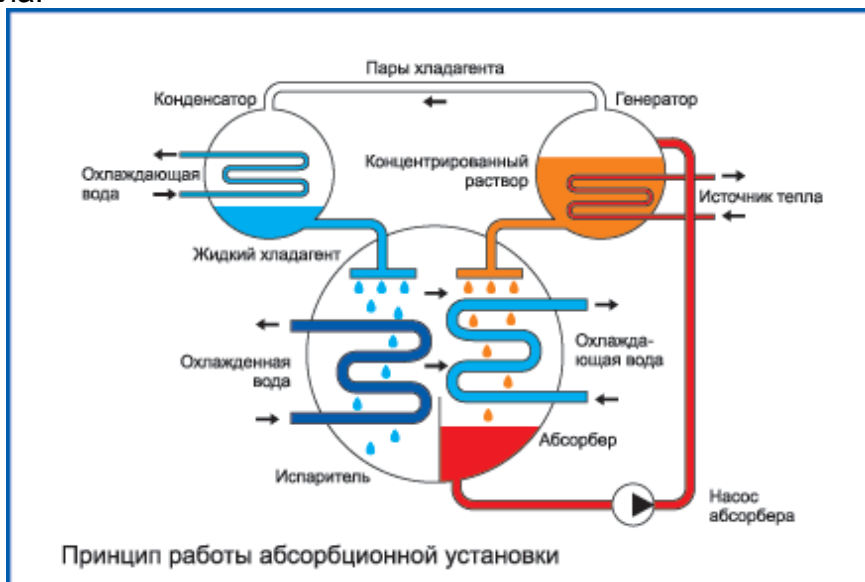


Иллюстрация №.6. Принципиальная схема действия абсорбционной установки

В некоторых случаях, путём переключения соответствующим образом испарителя и конденсатора, теплонасосные установки целесообразно использовать комбинированно для теплоснабжения – в летний период для производства холода, а в зимний тепла. Установки такого типа называют термотрансформаторами.

Показатель эффективности работы теплонасоса

Отношение полученной потребителем от теплового насоса тепловой энергии к затраченной энергии (в тепловом эквиваленте) характеризует эффективность работы теплового насоса и называется коэффициентом преобразования или трансформации $\varphi = Q_n/Q_z$, где Q_n – теплота, полученная потребителем от теплового насоса, а Q_z – мощность в тепловом эквиваленте, затраченная на привод компрессора в компрессионном теплонасосе или теплота высокого потенциала, израсходованная в абсорбционном теплонасосе.

Коэффициент трансформации абсорбционных тепловых насосов, (в основном, применяются абсорбционные бромистолитиевые тепловые насосы, в которых в качестве рабочей пары веществ используется раствор бромистого лития - абсорбент, вода - хладагент) обозначается в технической литературе как $\zeta = Q_n/Q_g$, где: Q_n – количество произведенной теплоты, Q_g – количество высокопотенциальной теплоты, затраченной в генераторе абсорбционного теплового насоса. Коэффициент трансформации тепла абсорбционного теплового насоса с одноступенчатой регенерацией раствора составляет 1,65 - 1,75, т.е в получаемой потребителем теплоте среднего потенциала на каждую единицу теплоты высокого потенциала вовлекается в полезный оборот 0,65 - 0,75 единиц теплоты низкого потенциала. В абсорбционных тепловых насосах с двухступенчатой регенерацией раствора коэффициент трансформации равен 2,0 - 2,1 и утилизируемая теплота составляет более половины получаемой потребителем теплоты.

Применение теплонасосов по географическому принципу

В США, Японии и некоторых других странах наиболее распространены воздухо-воздушные реверсивные теплонасосные установки, предназначенные для отопления и летнего кондиционирования воздуха, в то время как в Европе преобладают водо-водяные и водо-воздушные. В Швеции и других Скандинавских странах наличие дешевой электроэнергии и широкое использование систем централизованного теплоснабжения привели к развитию крупных теплонасосных установок. В Нидерландах, Дании и других странах этого региона наиболее доступным видом топлива является газ, и поэтому быстро развиваются тепловые насосы с приводом от газового двигателя и абсорбционные.

Принцип внедрения абсорбционного теплонасоса в действующую схему ТЦ “IMANTA”

В существующем корпусе водогрейных котлов располагается помещение, отвечающее всем необходимым требованиям для установки абсорбционного теплонасоса: возможностью подключения к охлаждающей воде, теплосетям и источнику тепла высокого потенциала – замкнутому теплофикационному контуру. (Иллюстрации №.7 и №.8)

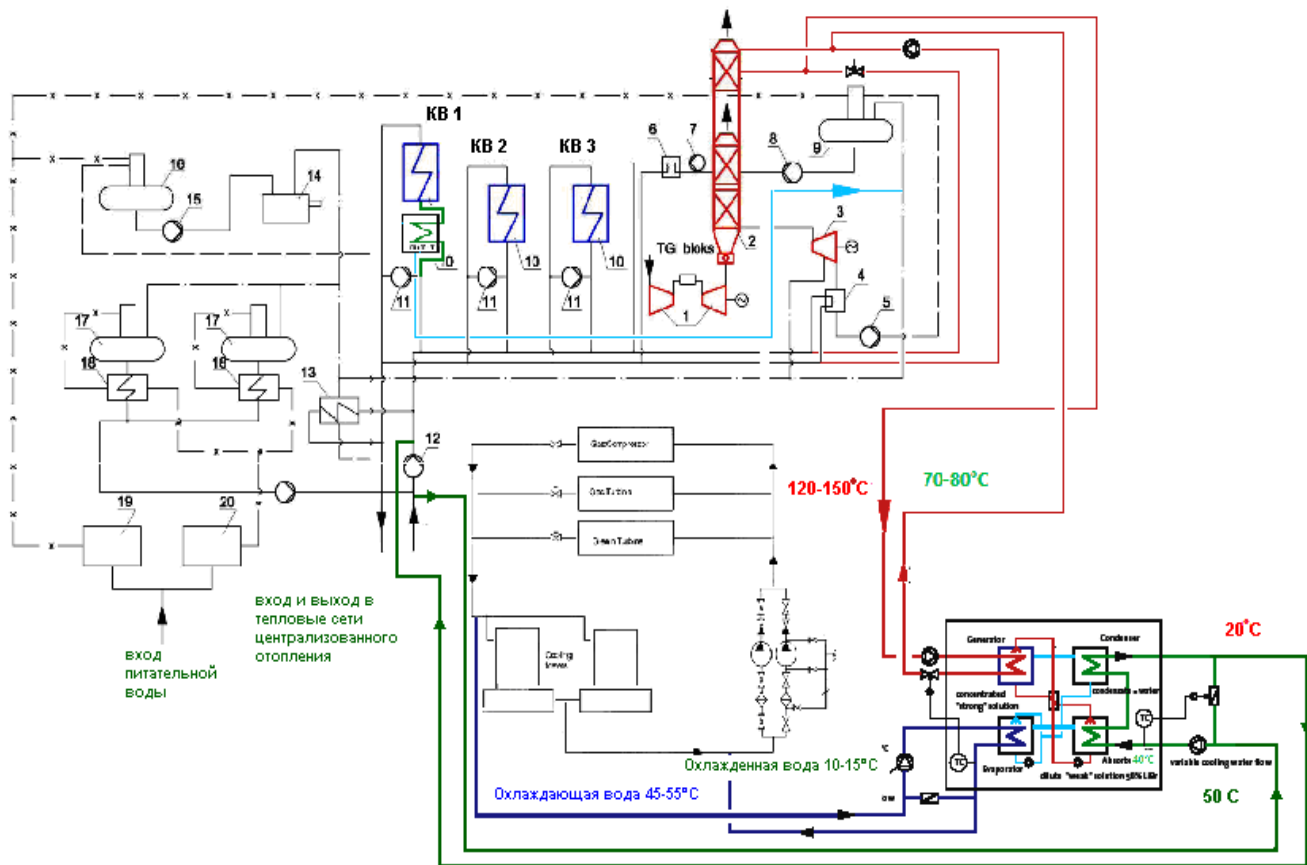


Иллюстрация №7. Принципиальная схема размещения теплонасоса

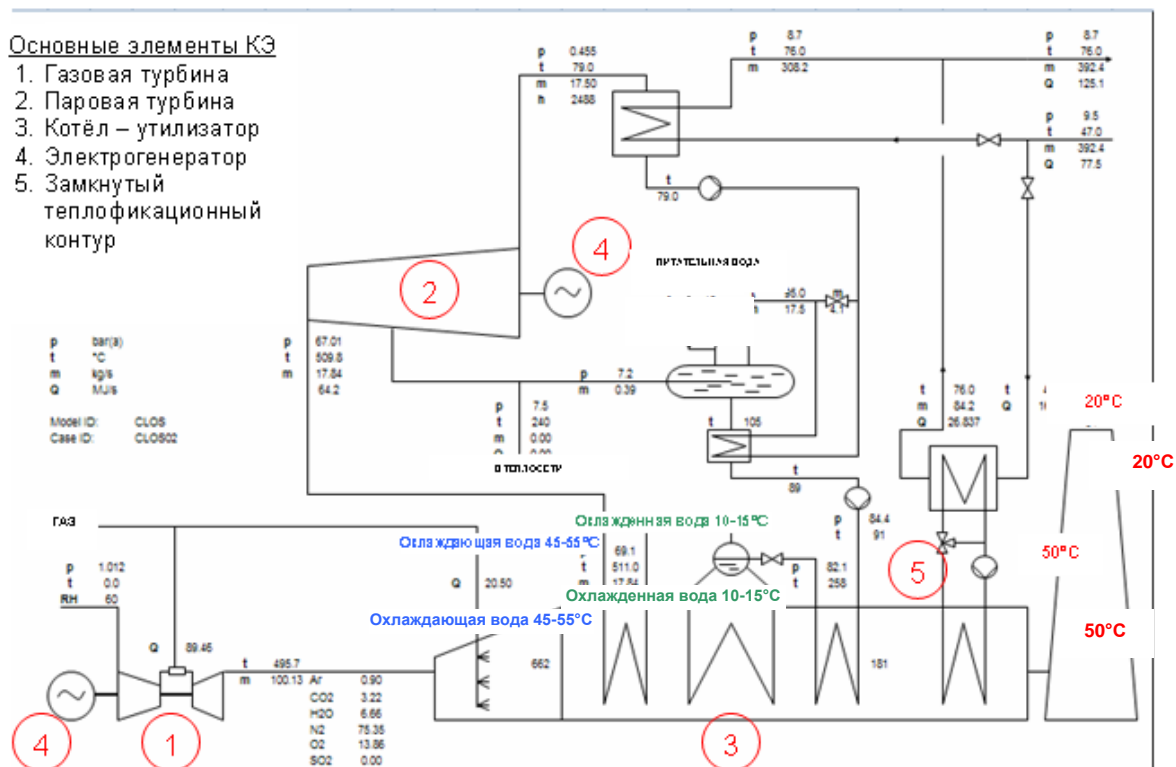


Иллюстрация №8. Принципиальная схема КЭ теплоцентрали "Imanta"

Иллюстрация №8. Принципиальная схема КЭ теплоцентрали "Imanta"

ОЖИДАЕМЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Исходными данными для технико-экономических расчётов послужили следующие показатели:

- испаряемое количество вды ПИТАТЕЛЬНАЯ ВОДА н открытого типа: 3 т/ч;

- выбрасываемое в окружающую среду тепло 2,0 MW (по фактически подтвержденным данным установленного теплосчетчика 1,9 MW) ;
- количество продувочной перегретой воды с температурой выше 100°C: 3,5 т/ч, что составляет примерно 40 kWh потенциальной тепловой энергии;
- тепловая нагрузка при температуре наружного воздуха -24,6°C: 313,8 MW_{th};
- тепловая нагрузка в летний период: 31,2 MW_{th};
- предполагаемое количество часов работы теплонасоса в отопительный сезон при температуре наружного воздуха ниже +10,0°C : 5,450 ч/год.

	абсорбционный теплонасос	компрессионный теплонасос
Общие затраты на установку, млн.EUR	1,2	1,5
Ежегодная экономия денежных средств, млн.EUR	0,6	0,3
Срок окупаемости капитальных затрат, лет	2,2	6,0

Таблица Nr.1. Сравнительная таблица расчётных экономических показателей

Обеспечение технологического процесса абсорбционного теплонасоса требует затрат порядка 3 MW тепловой мощности, что в конечном результате даёт прирост мощности КЭ дополнительно на 2 MW или возрастание коэффициента полезного действия когенерационного энергоблока на 2%.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Экономические расчёты рассматриваемого примера показывают, что при нынешних, достаточно высоких ценах на природный газ, через 10 лет эксплуатации промышленного абсорбционного теплонасоса чистая прибыль составит порядка 1,8 млн. EUR, что является высоким показателем рентабельности с низкой степенью риска (учитывая период окупаемости проекта в 2,2 года).

Возрастание энергоэффективности, экономия на приобретении эмиссионных квот, минимальное потребление электроэнергии, значительное снижение количества вредных выбросов в атмосферу, минимизация риска обледенения градирен открытого типа снижение расхода охлаждающей воды на 48 000 тонн в год –таким является перечень основных неоспоримых приобретений в результате установки данного теплового насоса.

В условиях высоких и нестабильных цен на такие важные энергоресурсы как нефть и газ, а также учитывая глобальную политическую нестабильность, применение тепловых насосов может существенным образом повлиять на сложившуюся ситуацию в качестве альтернативного источника тепловой энергии.

Результаты дальнейших исследований и анализ эксплуатационных расходов покажут, насколько выгоден, долговечен и надёжен цикл абсорбционной установки в условиях длительной эксплуатации и какие существуют возможности дополнительной оптимизации процесса.

Изучение вопроса эффективности применения абсорбционных тепловых насосов в процессе утилизации «бросового» тепла низкого потенциала показывает, что отсутствие компрессорного оборудования и фтор-хлорсодержащих веществ существенным образом расширяет границы их применения и диапазон выпускаемых мощностей, делает их экологически чистыми и экономичными источниками тепла.

ЛИТЕРАТУРА

- АВ ТЕРМОЕКОНОМI проектная документация, 2008, Швеция;
- «Тепловые насосы», Рей Д., Макмайкл Д.
- А.А.Ионин, Б.М.Хлыбов, В.Н.Братенков, Е.Н.Терлецкая «ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ», 1982 год, Россия;
- Л.С. Тимофеевский «Холодильные машины» , 1997 год, Россия;
- Справочник промышленного оборудования, 2005 год, Россия;
- Ежемесячный журнал «Теплоэнергетика», Россия;
- Ежемесячный журнал «Мировая Энергетика», Россия;
- Годовые отчёты АО „RĪGAS SILTUMS” за 2000-2008 годы.