

В.Н. Романюк,
д.т.н. РУП «БЕЛТЭИ»

А.А. Бобич,
магистр т.н.
РУП «БЕЛТЭИ»

Д.Б. Муслина,
магистр т.н.
РУП «БЕЛТЭИ»

Н.А. Коломыцкая,
магистр э.н. РУП «БЕЛТЭИ»

Т.В. Бубырь,
студент, БНТУ, «БЕЛТЭИ»

С.В. Мальков,
ЗАО «СТХ»

РАЗВИТИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА БАЗЕ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ АБСОРБЦИОННЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Аннотация

Рассматривается возможность использования бромисто-литиевых абсорбционных тепловых насосов для блокирования рассеяния тепловой энергии в различных системах: теплотехнологических, коммунальных, энергетических.

Изменения на рынке энергоресурсов и смена экономических отношений вынуждают постоянно улучшать не только технологические процессы и повышать качество продукции, но и совершенствовать энергообеспечение производства. Специалисты промышленного производства признают: без дальнейшего, непрерывного снижения энергетической составляющей себестоимости продукции в условиях Беларуси невозможно не только расширять экспорт, но и сохранять выгодное положение. Необходимость решения многочисленных задач по совершенствованию энергообеспечения технологических процессов движет рынок различных устройств, в той или иной мере снижающих остроту проблемы. Такие решения большей частью известны и предложены впервые не сегодня, но до последнего времени оставались невостребованы. К их числу относятся и абсорбционные тепловые насосы, позволяющие повысить температуру низкотемпературных побочных тепловых потоков теплотехнологий до уровней, обеспечивающих их повторное использование. В результате снижаются потребление первичных энергоресурсов и нагрузка на окружающую среду.

АБТН: отличия и преимущества

Решать обозначенную задачу утилизации низкопотенциальных тепловых потоков можно с помощью отопительных парокомпрессионных тепловых насосов. Они широко используются в межсезонье в помещениях, оборудованных неполными кондиционерами. Последние переключаются из режима холо-

Рис. 4. Общий вид абсорбционного бромисто-литиевого теплового насоса «BROAD» BDS 800

дильной машины в режим отопительного теплового насоса для поддержания температуры за счет использования электроэнергии и тепловой энергии наружного воздуха. Двойное назначение указанных установок обратного цикла обеспечивает их востребованность. Вместе с тем, использование установок только в роли тепловых насосов экономически не оправдывается, несмотря на их относительно хорошие энергетические характеристики, поскольку в конечном итоге электроэнергия переводится в тепловую энергию, стоимость единицы которой существенно ниже.

Принципиальных отличий абсорбционных тепловых насосов от парокомпрессионных альтернативных аналогов два. Абсорбционный вариант имеет более низкий отопительный коэффициент (коэффициент преобразования энергии), но при этом является теплоиспользующим, т.е. для привода абсорбционных установок требуется тепловая энергия. Обеспечение работы абсорбционных тепловых насосов за счет тепловой энергии, которая и далее используется в тепловой форме, обеспечивает им и энергетическую, и экономическую целесообразность.

В настоящее время наиболее гибкие производители абсорбционной холодильной техники откликнулись на требования времени и предлагают абсорбционные бромистолитиевые тепловые насосы (АБТН) широкого типоразмерного ряда, обеспечивающего мощность отпускаемого полезного теплового потока с температурой до 85°C от нескольких киловатт до десятков мегаватт. Температура утилизируемого потока при этом составляет порядка 20°C. В качестве теплоносителя, требуемого для привода АБТН, может использоваться влажный пар давлением 0,4 МПа, природный газ, сжигаемый непосредственно в установке, дымовые газы соответствующей температуры, вода с температурой выше 140°C.

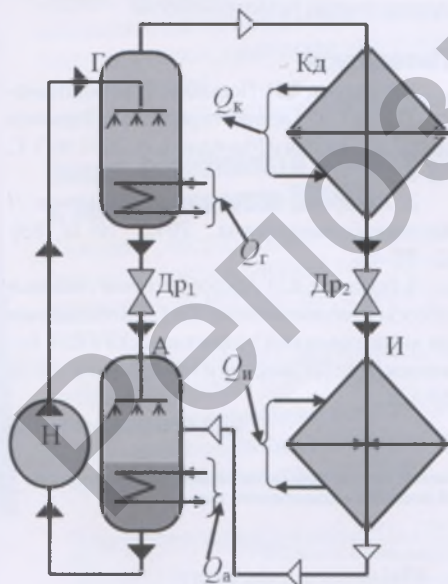
Выпускаются указанные АБТН в готовой и удобной для использования конструкции, получившей название чиллера. При необходимости они допускают одновременное использование и в роли холодильных машин, обеспечивающих отпуск холодной воды по температурному графику 7/12°C. В результате, что немаловажно, практически во всех случаях может быть обеспечено непрерывное круглогодичное использование абсорбционной уста-

новки. Интеграция АБТН, например, в тепловую схему турбогенератора ПТ-60 для утилизации энергии воды систем охлаждения и циркуляционной воды обеспечивает годовую системную экономию условного топлива более 5,5 тыс. т у.т. При этом достигается выполнение требуемых экономических ограничений: простой срок возврата инвестиций в течение до двух лет с момента ввода в эксплуатацию, соответствующие значения динамического срока возврата инвестиций, внутренней нормы рентабельности и проч.

Проблема использования тепловых вторичных энергоресурсов

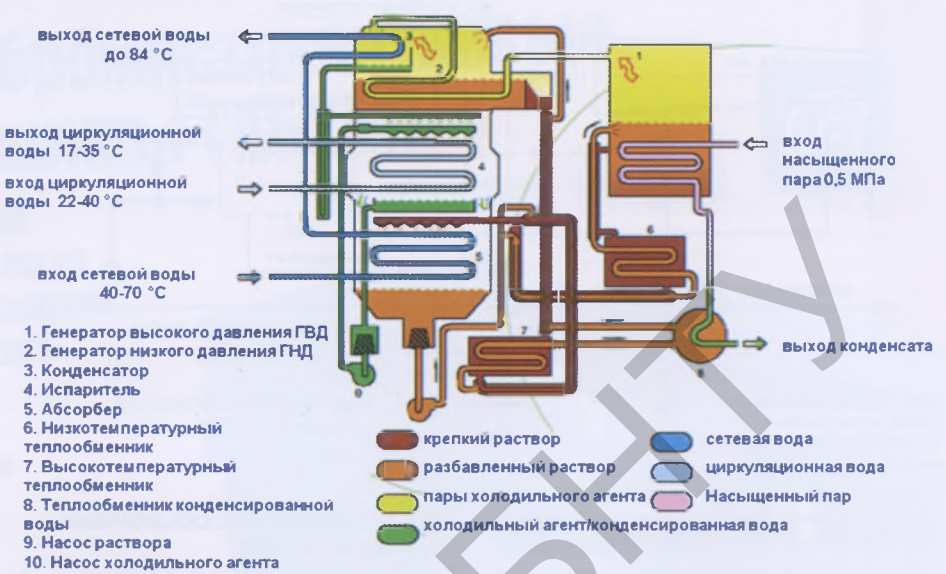
Структура потоков тепловой энергии промышленных зон, рассеиваемых в окружающей среде, такова, что не менее трети выбросов характеризуется температурами до 50°C. Относительно низкая температура тепловых вторичных энергоресурсов (ВЭР) затрудняет поиск для них потребителей. Кроме того, финансовые затраты на создание систем утилизации тепловых ВЭР обратно пропорциональны удельной эксергии, которая для рассматриваемых потоков ВЭР весьма мала. Это, прежде всего, тепловые потоки разнообразных и многочисленных систем оборотного охлаждения, систем вентиляции и сточных вод, выпарные аппараты, ректификационные колонны, иные технологические установки и процессы с соответствующей температурой тепловой обработки, прежде всего, пищевой промышленности. В указанных и им подобных системах использование АБТН выгодно практи-

Рис. 1. Принципиальная схема простейшей абсорбционной установки



Г – генератор; Кд – конденсатор; А – абсорбер; И – испаритель; Н – насос; Q_g , Q_k – соответственно подводимая теплота в генераторе от греющего теплоносителя и в испарителе от охлаждаемого теплоносителя; Q_a – соответственно подводимая теплота в конденсаторе и абсорбере к нагреваемому теплоносителю.

Рис. 2. Принципиальная схема абсорбционного теплового насоса



чески и во всех случаях приводит к экономии первичных энергоресурсов, а при существующих ценах на тепловую энергию и на сами насосы обеспечивается и экономическая целесообразность.

Кроме внешнего использования тепловых потоков, температура которых обеспечивается на уровне 85°C, более привлекательно внутреннее использование в выпарных аппаратах, ректификационных колоннах и пр. Возможно разделение теплового потока, поступающего с водяным теплоносителем, например, по температурному графику 90/80°C, на два потока: один с температурами 120/110°C, второй – 37/30°C. К числу технических систем, для которых перспективно использование АБТН, следует отнести и теплоэлектроцентрали, где из-за технического необходимого минимального пропускания пара в конденсатор системный годовой пережог топлива одной станцией может достигать до 6 тыс. т у.т., что оценивается в валюте суммой более 1,5 млн USD. Между тем, его можно устранить установкой АБТН на потоке циркуляционной воды и потоках воды систем охлаждения масла, генератора и пр.

Эффективность абсорбционного теплового насоса

Абсорбционный тепловой насос – устройство непрерывного действия, предназначенное для передачи тепловой энергии от источника с более низкой температурой к источнику с более высокой температурой. Для компенсации подобного неестественного перехода тепловой энергии требуется в качестве привода АБТН затратить тепловую энергию (ТЭ). Указанное обстоятельство и определяет для АБТН нишу, которую они в ближайшее время займут в различных теплотехнических системах.

В роли рабочего тела в АБТН используются растворы (в рассматриваемом случае

«вода – бромистый литий»), в которых концентрация компонентов различна в жидкой и паровой фазах. Концентрация компонентов не может отличаться от величины, соответствующей уравнению равновесия раствора, что делает возможным конденсацию (абсорбцию) холодного пара более горячим жидким раствором, если того требует уравнение равновесия.

В простейшем случае АБТН представляет собой сочетание четырех теплообменников, размещенных в одном интегрированном корпусе, эксплуатация которых энергетическому персоналу знакома и не создает проблем (рисунок 1). Два теплообменника (генератор и конденсатор) работают при более высоком давлении и их назначение получить практически в чистом виде легкокипящую жидкость, в данном случае, воду. Два других теплообменника (испаритель и абсорбер) работают при пониженном давлении. Их задачей является отвод тепловой энергии от источника и превращение полученного пара в компонент жидкого раствора. В ходе описанных превращений от абсорбера и конденсатора отводится теплота соответствующих процессов сорбции и конденсации, которая передается нагреваемому теплоносителю, например, сетевой воде. Требуется лишь исключить переход температур хладагента через граничные значения, не допустимые для раствора воды в бромистом литии как при хранении, так и в процессе эксплуатации. Т.е. имеются предельные значения температур теплоотдающего (утилизируемого) и тепловоспринимающего потоков, при которых возможна работа АТН. Схема реального АБТН несколько сложнее, что связано с регенерацией, повышающей энергетическую эффективность установок, в связи с чем увеличивается число теплообменников и сложность схемы (рисунок 2).

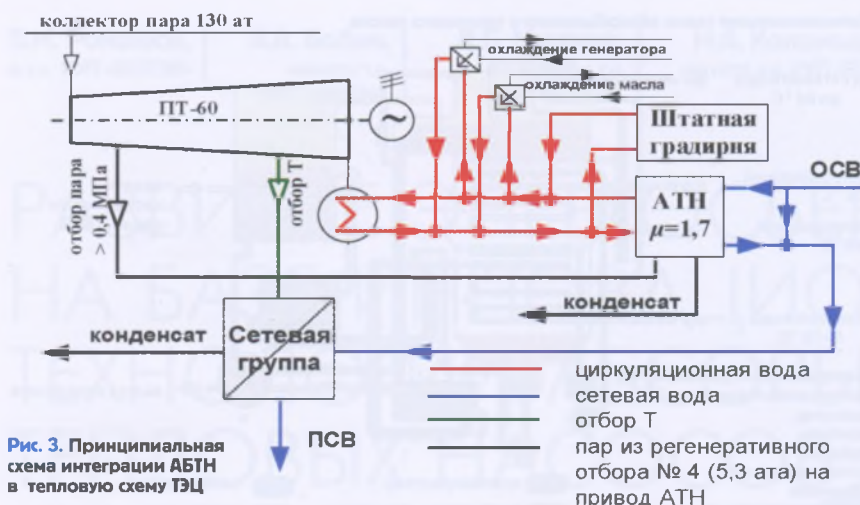


Рис. 3. Принципиальная схема интеграции АБТН в тепловую схему ТЭЦ

Эффективность АТН во многом зависит от температурного диапазона, в котором он эксплуатируется: чем уже последний, тем выше энергетические показатели установки. При температурах нагреваемого потока до -85°C , утилизированного потока -20°C , давлении греющего пара для привода АБТН 0,4 МПа отопительный коэффициент АБТН составляет величину 1,7. Нетрудно подсчитать, что в этом случае затраты топлива на обеспечение соответствующих тепловых процессов уменьшаются на 40%.

Наиболее просто дать иллюстрацию применения АБТН в схеме ТЭЦ, поскольку это будет знакомо широкому кругу специалистов. В тепловой схеме турбогенератора существуют несколько тепловых потоков, рассеиваемых в окружающей среде. На примере турбогенератора ПТ-60 таковыми являются: уже упоминавшиеся потоки охлаждения циркуляционной воды мощностью 7,3 МВт, потоки систем охлаждения генератора и масла суммарной мощностью 0,47 МВт. Перечисленные тепловые потоки, мощность которых составляет 7,8 МВт, направляются в АБТН с циркуляционной водой, в котором она охлаждается на -4°C (рисунок 3).

Для привода АБТН потребляется теплота процесса конденсации пара, потребность в которой определяется отопительным коэффициентом АБТН. В данном случае, ее величина составляет 40,2 ГДж/ч (9,6 Гкал/ч). Сетевой воде в этом случае передается поток тепловой энергии мощностью 18,9 МВт, нагревая ее на $10,2^{\circ}\text{C}$. В результате рассматриваемого использования АБТН при сохранении тепловой нагрузки ТЭЦ перераспределяется генерация электроэнергии между источниками системы, и в конечном итоге в нашем примере имеет место уменьшение генерации на ТЭЦ на 4,7 МВт·ч УРТ 0,42 кг/кВт·ч. С учетом указанного уменьшения мощности потока генерации электроэнергии на 4,7 МВт при сохранении отпускемой тепловой энергии снижение годового расхода топлива ТЭЦ составит до 11,9 тыс. т. у.т., а годовая системная экономия топлива составит до 5,5 тыс. т. у.т.

Расположение абсорбционных тепловых насосов

Размещаются АБТН в помещении или ином укрытии, где во всех случаях температура не должна опускаться ниже 5°C . Для привода АБТН могут быть использованы различные теплоносители: пар, вода, дымовые газы, топливо. Тепловые насосы и холодильные машины оказываются взаимозаменяемыми, что может быть полезным во многих случаях, например, при надстройке ТЭЦ газотурбинными установками, когда требуется стабилизировать параметры ГТУ в летний период, охлаждая всасываемый компрессором воздух [1]. Безусловно, нужен индивидуальный подход к задаче, исходя из комплекса условий конкретной площадки: компоновочных, гидравлических и пр. Общий вид АБТН приведен на рисунке 4, и нетрудно убедиться, что это те же, хорошо знакомые многим специалистам абсорбционные бромисто-литиевые холодильные машины, которые апробированы на практике и отлично себя зарекомендовали в условиях Республики Беларусь [2].

Экономическая оценка

Экономическая оценка, проведенная для варианта интеграции АБТН в тепловую схему турбогенератора ПТ-60, показала, что при стоимости природного газа \$244 за т. у.т. годовой экономический эффект непосредственно для ТЭЦ обеспечивает простой срок возрата инвестиций 2,3 года, динамический срок окупаемости при ставке дисконтирования 20% со-

ставляет 2,8 года, внутренняя норма рентабельности 42% [3].

Системная годовая экономия топлива в результате реализации проекта может составить 5,5 тыс. т. у.т., при этом, естественно, неизменно потребление тепловой энергии и электроэнергии. Экономический годовой эффект от системного снижения потребления природного газа оценивается в $\sim 1,3$ млн USD. При приведенных ранее прочих значениях аргументов простой срок окупаемости составляет 2,7 года, динамический срок окупаемости при ставке дисконтирования 20% составляет 4,3 года, внутренняя норма рентабельности 35% (рисунок 5).

Приведенные энергетические и экономические показатели указывают на высокую привлекательность проекта для инвестирования.

Выводы

1. Блокирование рассеяния энергии в различных теплоэнергетических и теплотехнологических, коммунальных и прочих системах актуально. Конструктивно наиболее просто это достигается с помощью сопряжения АБТН с указанными системами. При этом имеют место высокие технико-экономические показатели, обеспечивающие инвестиционную привлекательность проекта.

2. Интеграция абсорбционных тепловых насосов в теплотехнологии позволит экономить топливо в заметных количествах, в пределах достигающих 40%.

3. Использование АБТН целесообразно, прежде всего, в теплотехнических системах, где имеются рассеиваемые тепловые потоки, которые в случае интеграции с АБТН используются внутри теплотехнологий.

Литература

1. Романюк, В.Н. Повышение эффективности ГТУ на ТЭС в летний период / В.Н. Романюк [и др.] // Энергия и Менеджмент. 2011. № 1. С. 18–22.
2. Лазарева, Н. Правильное решение // Вестник Белнефтехима. 2012. № 12 (83). С. 38–42.
3. Романюк, В.Н. Абсорбционные тепловые насосы в тепловой схеме ТЭЦ для повышения ее энергетической эффективности / В.Н. Романюк [и др.] // Энергия и Менеджмент. 2013. № 1. ■

УДК 666.954.3.004.183

Рис. 5. Влияние ставки дисконтирования на экономические показатели интеграции АБТН в тепловую схему турбогенератора ПТ-60 при оценке по системной экономии природного газа

