

---

УДК 62-682

А.А. БОГДАН, магистрант (БНТУ)

Научный руководитель А.А. БОБИЧ, к.т.н., доцент (БНТУ)

г. Минск

### **АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ НА ПРИМЕРЕ МОЛОЧНОГО ЗАВОДА**

Тематикой данного исследования является описание растущей и несбавляющей темпов актуальности применения абсорбционных бромистолитиевых тепловых насосов (АБТН) в целях полезной утилизации низкотемпературных тепловых потоков на промышленных предприятиях на примере молочного завода ОАО «Беллакт».

В работе рассматривается вариант снижения потребления первичных энергоресурсов в технологической схеме молочного завода ОАО «Беллакт» за счет применения теплового насоса (ТН), позволяющего нагревать необходимое количество воды, используемой для нужд горячего водоснабжения (ГВС) и отопления в отопительный период (192 суток), а также позволяющего нагревать воду для нужд санитарной обработки оборудования круглый год. Для привода теплового насоса требуется энергия в тепловой форме (влажный пар давлением до 500 кПа, вода с температурами на выходе АБТН не менее 120 °С, выхлопные газы с температурой не ниже 300 °С, также и природный газ, который сжигается в камере сгорания АБТН и который можно использовать как пиковый источник), как представлено на рис. 1.. Также необходимым условием является наличие низкотемпературного теплового потока, в нашем случае это обратная вода охладительной градирни [1].

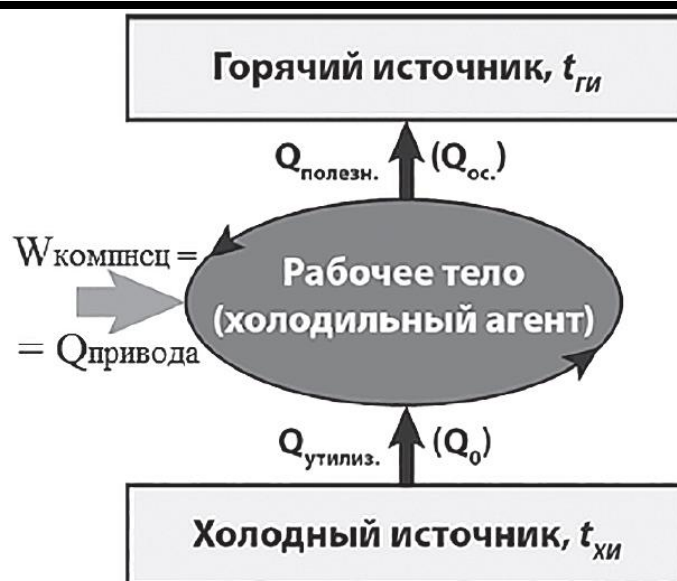


Рис. 1. Схематичное изображение принципа работы АБТН

Простейшая принципиальная схема АБТН, которая включает пять теплообменников размещенных в двух корпусах, объединенных в устройстве заводской сборки и полной готовности, известном под названием чиллер, приведена на рис. 2.. Теплообменники знакомы персоналу котельных и, в этом контексте, не могут создать проблем при их эксплуатации. Холодильный агент (водный раствор LiBr) не требует ни какого-либо учета в государственных институтах, связанных с охраной окружающей среды и, при квалифицированной эксплуатации, ни замены в течение всего срока службы АБТН, составляющего 30 лет. Три теплообменника (генератор, конденсатор и регенеративный теплообменник) работают при более высоком давлении (до 150 кПа) и их внутреннее назначение – получить из раствора практически в чистом виде легкокипящую среду – воду. Два других теплообменника (испаритель и абсорбер) работают под вакуумом при разрежении менее 1 кПа, и их задачей является отвод тепловой энергии от низкотемпературного теплового источника (температура до 45°C), за счет которой вода из конденсатора превращается в пар с температурой около 2°C, который абсорбируется в компонент жидкого раствора, имеющего температуру порядка 100°C. В ходе описанных превращений от абсорбера и конденсатора отводится теплота соответствующих процессов сорбции и конденсации, которая в процессе теплопередачи идет на нагрев сетевой воды [1]

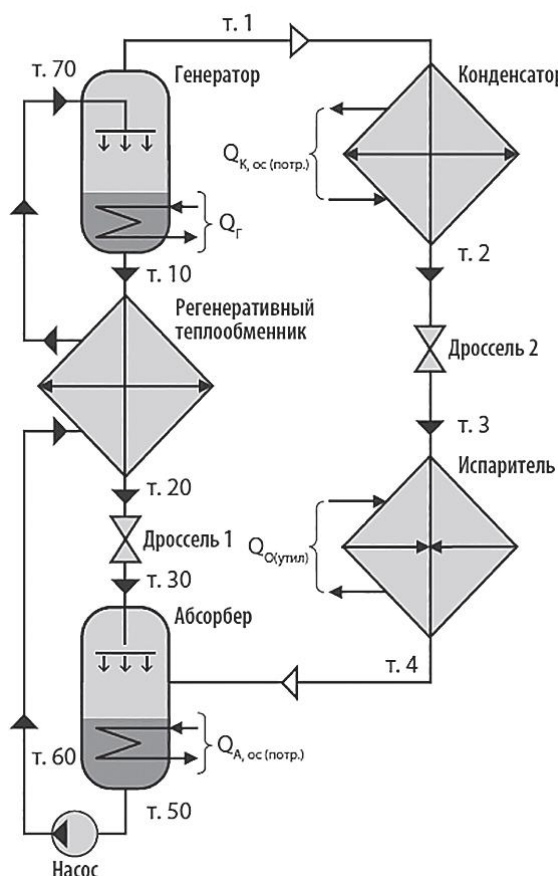


Рис. 2. Принципиальная схема работы простейшего АБТН

То, что данное устройство способно полезно утилизировать низкопотенциальные тепловые потоки и определяет для АБТН нишу, которую они в ближайшее время займут в различных технологических системах различных предприятий.

Чтобы показать эффективность применения ТН необходимо рассмотреть вариант его применения для утилизации теплоты вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) для нагрева технологических потоков на конкретном примере.

При прохождении преддипломной практики на Волковысском ОАО «Беллакт», которое имеет собственную производственно-отопительную котельную, расположенную на территории предприятия, были изучены состав оборудования и режимы её работы.

Общая установочная тепловая мощность котельной 44,2 Гкал/ч (51,4 МВт). На котельной установлено пять паровых котлов: три котла ДЕ-16/24 и два котла ДЕ-10/24 с рабочим давлением 2,4 МПа, температурой насыщения пара 221 °С. Котлоагрегаты изготовлены Бийским котельным заводом и предназначены для сжигания газа и мазута. В эксплуатации постоянно

---

находятся 3 котла и 1 в горячем резерве, что обусловлено технологической нагрузкой на предприятии.

В качестве топлива в котлах используется импортируемый природный газ. Стоимость природного газа составляет 531 рублей за 1000 м<sup>3</sup>.

Генерируемый в паровых котлах пар поступает в общий паровой коллектор, который предназначен для распределения пара по технологическим цехам предприятия, на нужды отопления и горячего водоснабжения, а также на собственные нужды котельной. Отопление предприятия осуществляется по температурному графику 95/70 °С. Горячая вода на нужды ГВС подогревается до 60 °С. Отопительная нагрузка в среднем зимнем режиме составляет примерно 1,3 Гкал/ч, а точные цифры нагрузки, связанной с нагревом воды для целей санитарной обработки необходимо уточнять и сделать это возможно по величине технологических канализационных стоков, которые в среднем за сутки составляют до 3 тыс. м<sup>3</sup>. В этом случае, нагрузку нагрева воды для санитарной обработки оборудования можно принять примерно 1 Гкал/ч.

В связи с тем, что в технологических процессах требуется пар более низкого давления, чем вырабатывается в котлах, на технологических паропроводах установлены редукционно-охладительные устройства (РОУ), в которых происходит дросселирование пара, сопровождающееся снижением его давления до требуемого значения 0,5 МПа. Насыщенный водяной пар давлением 1,2-1,7 МПа используется на вакуум-выпарных установках (ВВУ) и в калориферах перед сушильными камерами сушильных установок.

На предприятии имеется две сушильные линии: старая и новая. Расход воздуха на линии составляет соответственно 39 и 42 тыс. м<sup>3</sup>/ч при нормальных условиях. Воздух перед сушилками подогревается паром от температуры наружного воздуха до 187 °С. Отработавший воздух с температурой 80-90 °С, пройдя систему очистки, выбрасывается в окружающую среду.

При работе вакуум-выпарных установок в окружающую среду через градирню рассеивается 0,9 Гкал/ч теплоты. Температуры теплоносителя, охлаждаемого в градирне, составляют 40/30 °С.

Также в технологическом процессе используется аммиачная парокомпрессионная холодильная машина для охлаждения воздуха и молока. При ее работе в окружающую среду через градирню рассеивается от 0,42 до 0,75 Гкал/ч в зависимости от периода года. Температуры теплоносителя, охлаждаемого в градирне, составляют 60/45 °С.

На предприятии имеются низкотемпературные тепловые потоки – вторичные энергетические ресурсы (ВЭР), которые возможно использовать. Также на предприятии имеется возможность повысить эффективность использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), потребляемых на предприятии, в частности природного газа.

Одним из возможных мероприятий по повышению эффективности использования природного газа на предприятии является использование ВЭР для нагрева сетевой воды с помощью абсорбционных бромисто-литиевых тепловых насосов.

Для организации такого подогрева необходимо установить АБТН, разделительный теплообменник и циркуляционный насос. Принципиальная схема включения АБТН приведена на рис. 3..

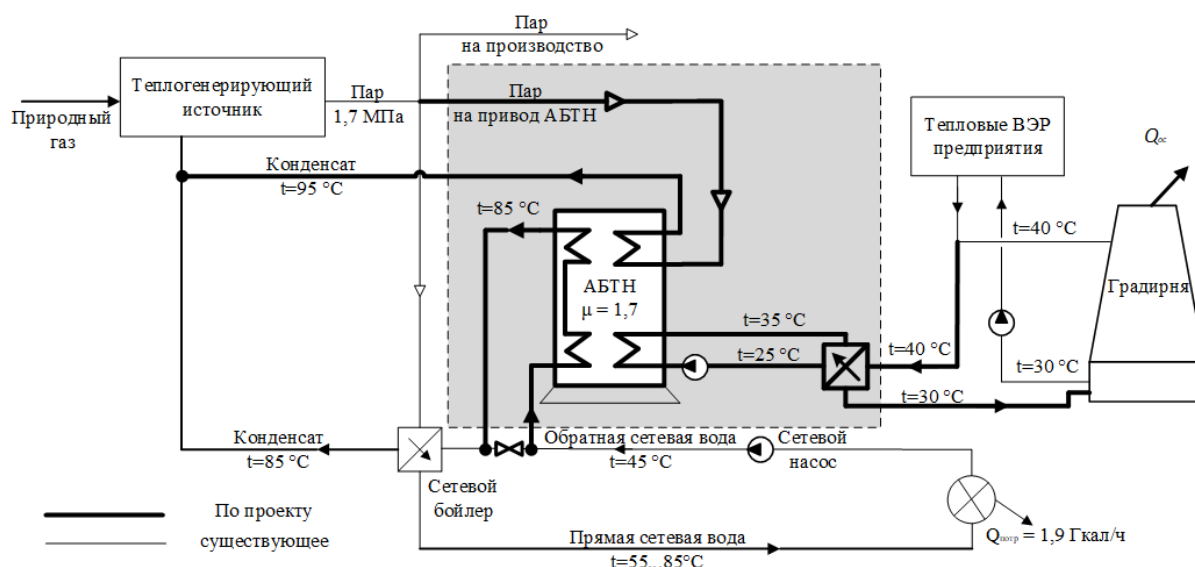


Рис. 3. Принципиальная схема включения АБТН в схему предприятия

Низкотемпературный теплоноситель с температурой 40 °С поступает на проектируемый разделительный теплообменник в котором он охлаждается до 30 °С, нагревая циркуляционную воду от 25 до 35 °С, которая охлаждается в АБТН до 25 °С. На привод АБТН поступает пар от паровых котлов и в АБТН происходит нагрев сетевой воды до 85 °С. Доля пара составляет 60 % от полезно отпущенной теплоты от АБТН, а доля низкотемпературных ВЭР составляет 40 % (см. рисунок 1).

При такой схеме обеспечивается снижение расхода пара на подогрев сетевой воды на нужды отопления и обработки санитарной воды и соответствующая экономия природного газа на котельной, которая оценивается величиной примерно в 1 тыс. т у.т. в год. При этом, с учётом действующих в республике цен на условное топливо, обеспечиваются и экономические показатели, так простой срок окупаемости вариантов с использованием АБТН составит около трёх лет, что очень привлекательно [2].

Исходя из произведённых расчётов, можно прийти к выводу, что повышение эффективности использования природного газа как на молочных, так и на предприятиях, выпускающих разного рода продукцию, достигается за счет устранения рассеяния тепловой энергии в окружающую среду в

---

градирне путем установки абсорбционных бромистолитиевых тепловых насосов. Внедрение тепловых насосов для утилизации низкотемпературных тепловых потоков промышленных предприятиях является эффективным мероприятием, как с точки зрения экономии топлива, уменьшения теплового воздействия на окружающую среду, так и с экономической точки зрения. Их внедрение приводит к снижению энергетической составляющей себестоимости продукции и повышению ее конкурентоспособности и, следовательно, улучшению экономического положения, как самого завода, так и страны в целом.

Список литературы:

1. Абсорбционные тепловые насосы в теплоэнергетических системах промышленных предприятий для снижения энергетических и финансовых затрат [Текст] : информ.-аналит. журн. / учредитель «Ассоциация Промышленных Энергетиков (БелАПЭ)». – 2013, апрель – . – Минск. : Ассоциация Промышленных Энергетиков (БелАПЭ), 2013 – . – Двухмес. – ISSN 1029-7558.2013. 2013 №2 (71). –С. 32–37. ;
2. О расчётной стоимости 1 т у.т. в 2020 году [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: [http://energoeffekt.gov.by/supervision/framework/information/20190305\\_tut2020\\_1](http://energoeffekt.gov.by/supervision/framework/information/20190305_tut2020_1), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз.рус.

Информация об авторах:

Богдан Александр Андреевич, магистрант гр.50626020, БНТУ, 220013, г. Минск, проспект Независимости, д. 65Б, [shurhen12345@mail.ru](mailto:shurhen12345@mail.ru)

Бобич Александр Александрович, к.т.н., доцент, БНТУ, 220013, г. Минск, проспект Независимости, д. 65Б, [bobichsas@mail.ru](mailto:bobichsas@mail.ru)