

УДК 620.92.002.68

ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА НА БАЗЕ АБСОРБЦИОННОГО ТЕПЛООВОГО НАСОСА

Лукашик О. С.

Научный руководитель – Седнин В.А.

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 на привод АБТН затратить тепловую энергию (ТЭ). Абсорбционные установки обратного цикла уступают по энергетическим характеристикам парокомпрессионным машинам, но если последним для работы требуется энергетически и экономически более ценная механическая энергия, то первые могут использовать дешёвую тепловую энергию отборов паровых турбин, утилизационных котлов энергии выхлопных газов газовых двигателей внутреннего сгорания, вторичных энергоресурсов. Это обстоятельство и определяет для АБТН нишу, которую они в ближайшее время займут в различных технологических системах.

В роли рабочего тела в АБТН используются растворы (в рассматриваемом случае вода – бромистый литий), в которых концентрация компонентов различна для жидкой и паровой фаз. Концентрация компонентов не может отличаться от величины, соответствующей уравнению равновесия раствора, что делает возможным конденсацию (абсорбцию) холодного пара более горячим жидким раствором до выравнивания концентраций в соответствии с указанным уравнением.

В простейшем случае АБТН представляет собой сочетание четырёх теплообменников, размещённых в одном интегрированном корпусе (рисунок 1) Их эксплуатация энергетическому персоналу знакома и не создаёт проблем.

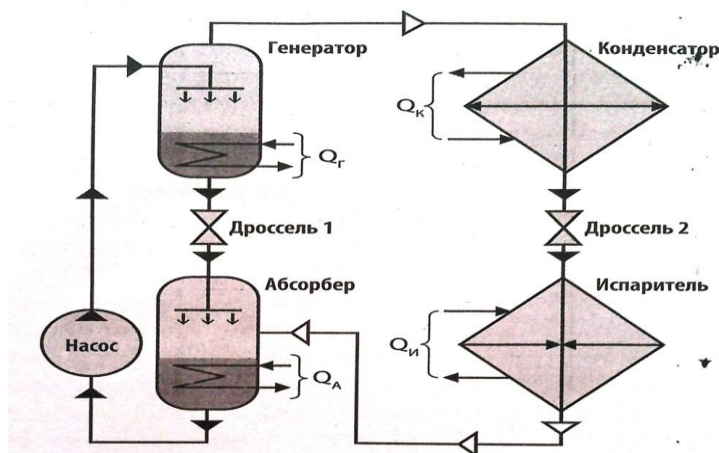


Рисунок 1 – Принципиальная схема простейшей абсорбционной установки обратного цикла (Q_G , Q_I – соответственно подводимая теплота в генераторе от греющего теплоносителя и в испарителе от охлаждаемого теплоносителя; Q_K , Q_A – соответственно подводимая теплота в конденсаторе и абсорбере к нагреваемому теплоносителю)

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 передаётся 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. Иначе говоря, имеются предельные значения температур потоков теплоотдающего (утилизируемого) и тепловоспринимающего, при которых возможна работа АБТН. Схема реального АБТН несколько сложнее, что связано с регенерацией, повышающей энергетическую эффективность установки, из-за чего несколько увеличивается число теплообменников и сложность схемы.

Эффективность АБТН во многом зависит от температурного диапазона, в котором он эксплуатируется: чем уже последний, тем выше энергетические показатели установки. Кроме этого, имеются предельные значения температур потоков теплоотдающего (утилизируемого) и тепловоспринимающего, при которых возможна работа АБТН.

При температуре нагреваемого потока 55°C , что соответствует температуре обратной сетевой воды в межотопительный период, подача циркуляционной воды на утилизацию осуществляется по графику $17/22^{\circ}\text{C}$ (давление в конденсаторе – 4 кПа). Нагрев сетевой воды в этом случае обеспечивается до температуры 64°C . В отопительный период, когда температура обратной сетевой воды может достигать 70°C , температура циркуляционной воды составит $49/45^{\circ}\text{C}$, чему соответствует давление в конденсаторе 15 кПа. Сетевая вода нагревается до 79°C . При температурах сетевой воды, находящихся в указанном диапазоне, прочие характеристики потоков можно определить линейной интерполяцией. Для средней температуры отопительного периода – $0,7^{\circ}\text{C}$ температура обратной сетевой воды равна 47°C , и требуемое для АБТН давление в конденсаторе составит 4 кПа. Рассматривая ситуацию с изменением параметров потоков в течение года, можно сделать вывод, что в первом приближении установка АБТН обеспечит поддержание давления в конденсаторе в течение всего периода работы на уровне 4 кПа. Давление греющего пара для привода АБТН не должно быть ниже 0,4 МПа, что может быть обеспечено отбором пара из регенеративного отбора № 4 турбины ПТ-60. Отопительный коэффициент АБТН в указанных случаях составляет величину 1,7.

Для сопряжения АБТН с турбогенератором ПТ-60 можно использовать как два чиллера меньшего, так и один большего типоразмера. Более гибким представляется вариант с двумя АБТН. Для их привода могут использоваться различные теплоносители: пар, вода, дымовые газы, топливо. В данном случае это пар давлением не менее 0,4 МПа. В варианте с двумя установками, кроме всего прочего, обеспечивается единообразие абсорбционного оборудования ТЭЦ: тепловые насосы и холодильные машины оказываются взаимозаменяемы, что может быть полезным при надстройке ТЭЦ газотурбинными установками, когда потребуется стабилизировать их параметры в летний период, охлаждая всасываемый компрессором воздух. Расположение АБТН возможно как в контейнерном варианте, так и в здании. Во всех случаях необходимо, чтобы температура в помещении не опускалась ниже 5°C . Безусловно, требуется индивидуальный подход исходя из комплекса условий конкретной площадки: компоновочных, гидравлических и пр.

С учётом стоимости строительно-монтажных работ и вспомогательного оборудования для реализации рассматриваемого в примере варианта требуется порядка 3 млн. USD. Для ТЭЦ при годовом числе часов работы турбогенератора 7,5 тыс. срок возврата инвестиций и прочие показатели определяются снижением потребления природного газа на 11,9 тыс. т.у.т при неизменной тепловой нагрузке и снижении мощности генерации электроэнергии на 4,7 МВт. Средневзвешенный тариф и себестоимость электроэнергии на ТЭЦ соответственно равны 88,5 и 51,4 USD/(МВт·ч). При стоимости природного газа 244 USD за 1 т.у.т. годовой экономический эффект обеспечивает простой срок возврата инвестиций – 2,3 года. Динамический срок окупаемости при ставке

дисконтирования 20% составляет 2,8 года, внутренняя норма рентабельности – 42%. Следует отметить, что данные приведены для варианта, когда 39% электроэнергии реализуется населению и 61% – промышленным потребителям. С уменьшением доли населения в потреблении электроэнергии экономические показатели ухудшаются, и при 100%-ной реализации электроэнергии промышленным потребителям по тарифу 113 USD/(МВт·ч) простой срок возврата инвестиций увеличивается до 4,9 лет. Динамический срок окупаемости при ставке дисконтирования 20% выходит за горизонт расчёта 10 лет и лишь при ставке дисконтирования 15% уменьшается до 9,6 лет.

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

Приведённые энергетические и экономические показатели указывают на отличную инвестиционную привлекательность проекта для ОЭС страны.