

ЭНЕРГЕТИКА. ЭНЕРГОРЕСУРСЫ

doi: 10.51639/2713-0576_2022_2_1_64

ГРНТИ 55.39.41

ВАК 05.04.03

Внедрение абсорбционной холодильной машины в цикл газотурбинных и парогазовых установок для повышения тепловой мощности

* Хусаинов А. И., Замалеев М. М.

*Ульяновский государственный технический университет (УлГТУ)
432027, Россия, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32*email: * easyforhusa69@mail.ru, mansur_zamaleev@mail.ru

Для решения проблемы снижения электрической мощности ГТУ, при повышенных температурах наружного воздуха, на линии циклового воздуха перед компрессором ГТУ предлагается установить поверхностный теплообменник, охлаждающей средой в котором является вода после АБХМ с температурой +5... +10 °С. Охлажденная в АБХМ до +5...+10 °С вода позволит остудить цикловой воздух на входе в ГТУ до +15...+20 °С. Предложенное решение актуально для южных регионов нашей страны и позволяет увеличить электрическую мощность ГТУ до 30 %. Основным преимуществом применения АБХМ для снижения температуры циклового воздуха ГТУ заключается в возможности использования как напрямую выхлопные газы ГТУ, так и горячую воду/пар из котлоутилизаторов ПГУ. Таким образом, холод производится, в основном, за счёт потребления бросовых источников теплоты.

Ключевые слова: абсорбционные холодильные машины, газотурбинные установки, парогазовые установки, тепловая энергия.

Теория и методы исследования

На сегодняшний день наибольшее распространение получили три способа снижения температуры циклового воздуха: применение испарительных охладителей, мелкодисперсное распыление воздуха за фильтром и применение холодильных машин. Последний способ позволяет получить максимальную глубину охлаждения, в т.ч. ниже точки росы. Тип холодильных машин должен определяться на основе технико-экономического обоснования. Применение абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин для снижения температуры циклового воздуха мощных ГТУ, как правило, является оптимальным решением. Энергетическим ресурсом для их работы служит тепловая энергия (уходящие газы, паровые отборы турбин, горячая вода с пароводяных подогревателей), которая зачастую просто выбрасывается в атмосферу.

Абсорбционная холодильная машина (АБХМ) – пароконденсационная холодильная установка. В этой установке хладагент испаряется за счет его поглощения (абсорбции) абсорбентом. Процесс испарения происходит с поглощением теплоты. Затем пары хладагента за счет нагрева (внешним источником тепловой энергии) выделяются из абсорбента и поступают в конденсатор, где конденсируются.

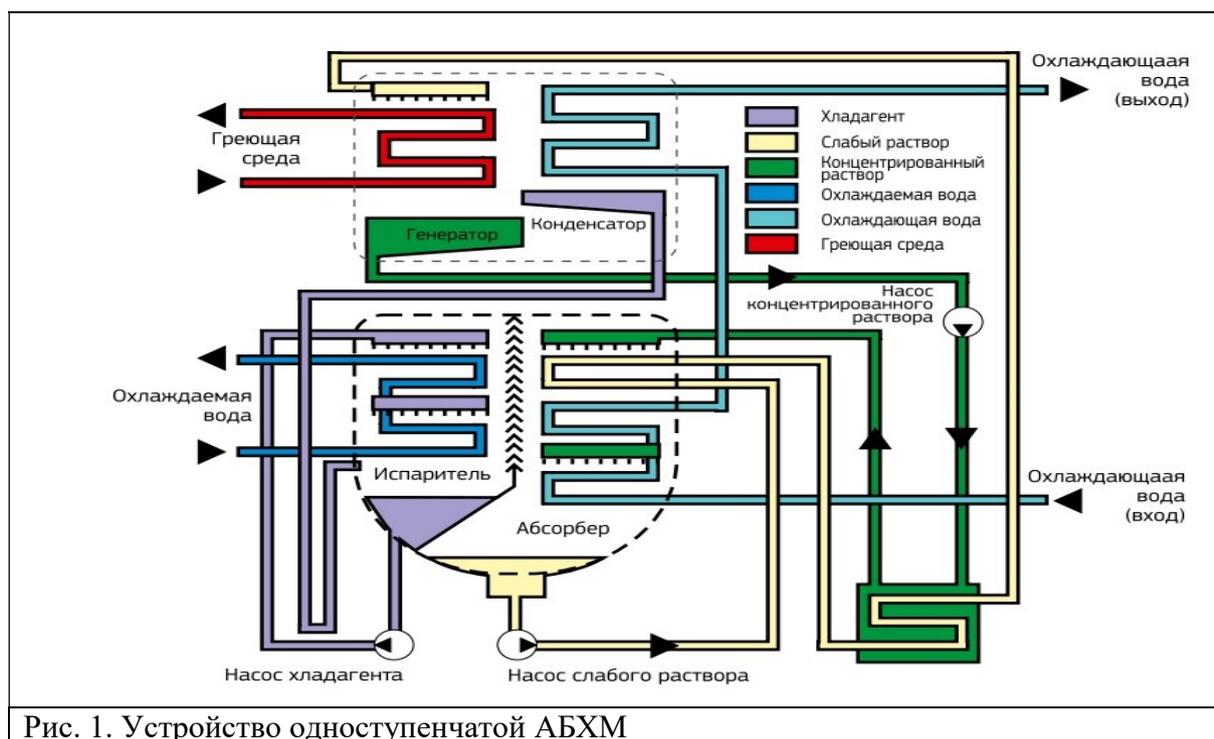
Существуют бромистолитиевые или аммиачные АБХМ. В бромистолитиевых АБХМ в качестве хладагента используется вода, а в качестве абсорбента – бромид лития LiBr. В

аммиачных АБХМ в качестве хладагента используется аммиак NH_3 , а в качестве абсорбента – вода. В настоящее время наибольшее распространение получили бромистолитиевые АБХМ [1].

Компонент системы, поглощаемый абсорбентом в процессе абсорбции, носит название абсорбат. Соответственно, абсорбент – жидкая фаза, поглощающая абсорбат в процессе абсорбции.

Принцип действия АБХМ основан на способности хладагента (воды) испаряться за счёт его поглощения (абсорбции) абсорбентом (бромидом лития). Процесс испарения – эндотермическая реакция – происходит в условиях вакуума с поглощением теплоты, подведённой к Испарителю с охлаждаемой водой (см. рис. 1). Концентрированный раствор абсорбента, подающийся в Абсорбер, поглощает пары воды, превращаясь в слабый (разбавленный) раствор. При последующем его нагреве (от внешнего источника тепловой энергии – греющей среды) в Генераторе пары воды выделяются из абсорбента, поступая в Конденсатор, где конденсируются, превращаясь в воду, которая, расширяясь, поступает в Испаритель, тем самым замыкая цикл. Изменение концентрации хладагента в Абсорбере и Генераторе сопровождается изменением температуры насыщения. Для снижения потерь энергии при циркуляции абсорбента между Абсорбером и Генератором устанавливается рекуперативный теплообменник.

Для обеспечения работы АБХМ необходимо присутствие еще одного контура – контура охлаждающей воды, предназначенного для отведения от АБХМ низкопотенциальной, «отработанной» тепловой энергии [2].



Все процессы в АБХМ протекают под вакуумом, что исключает попадание рабочего вещества и абсорбента во внешние теплоносители.

В описанной выше схеме охлаждаемая вода – это именно та среда, которую требуется охладить, а греющая среда – это внешний источник тепловой энергии, в качестве которого может использоваться пар (как низкопотенциальный, так и высокопотенциальный), вода различных параметров, горячие дымовые газы котлов, печей или выхлопные газы генераторных установок, а также непосредственно теплота сгорания топлива в самом контуре АБХМ (АБХМ прямого нагрева) [3].

В зависимости от возможных источников тепла как раз и определяют главную линию классификации, которой придерживаются все современные производители АБХМ:

- АБХМ на горячей воде (hotwater-fredchiller), использующая в качестве источника тепла горячую воду (от 75 °С и выше);
- АБХМ на паре (steam-fredchiller), использующая в качестве источника тепла пар (75...200 °С.);
- АБХМ на выхлопных газах (exhaust-fredchiller), использующая в качестве источника тепла дымовые газы котлов, печей или выхлопные газы генераторных установок (250...600 °С.);
- АБХМ прямого нагрева (direct-fredchiller), использующая в качестве источника тепла топливо (природный газ, мазут, дизельное топливо).

Полученные результаты и их обсуждение

При эксплуатации газотурбинных установок (ГТУ) в штатных условиях содержание воздуха в составе газозвушной смеси достигает 98 %. В теплый период года теплофизические свойства воздуха меняются, повышение температуры и снижение плотности воздуха приводит к снижению электрической мощности газотурбинных установок (ГТУ), увеличению удельного расхода топлива. График изменения электрической мощности газовой турбины в зависимости от температуры подводимого воздуха приведен на рис. 2. Так, при снижении температуры подаваемого в ГТУ воздуха с 40 °С до 15 °С повышение электрической мощности ГТУ достигает 30 %.

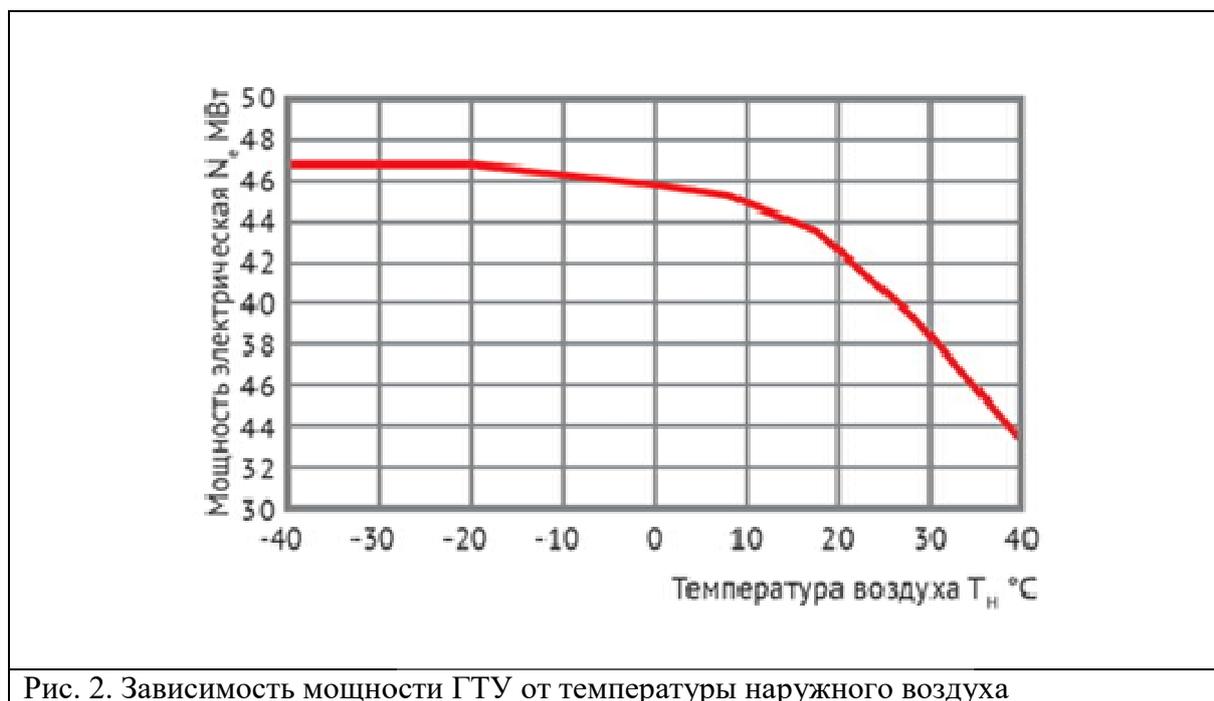


Рис. 2. Зависимость мощности ГТУ от температуры наружного воздуха

Для решения проблемы снижения электрической мощности ГТУ, при повышенных температурах наружного воздуха, на линии циклового воздуха перед компрессором ГТУ предлагается установить поверхностный теплообменник, охлаждающей средой в котором является вода после АБХМ с температурой +5... +10 °С. Охлажденная в АБХМ до +5...+10 °С вода позволит остудить цикловой воздух на входе в ГТУ до +15...+20 °С. Предложенное решение актуально для южных регионов нашей страны и позволяет увеличить электрическую мощность ГТУ до 30 %.

Основным преимуществом применения АБХМ для снижения температуры циклового воздуха ГТУ заключается в возможности использования как напрямую выхлопные газы ГТУ, так и горячую воду/пар из котлов-утилизаторов ПГУ. Таким образом, холод производится, в основном, за счет потребления бросовых источников теплоты.

Также благодаря возможности АБХМ охлаждать жидкость до 0 °С, можно получать охлажденный воздух более низкой температуры, что позволяет получать эффект большее число часов в году.

Таким образом, организация охлаждения циклового воздуха перед газовой турбиной позволяет снизить негативные факторы, связанные со снижением электрической мощности газотурбинных и парогазовых установок (ПГУ).

Список литературы

1. Бараненко А. В. Холодильные машины / Бараненко А. В., Бухарин Н. Н., Пекарев В. И., Тимофеевский Л. С.; Под общ. ред. Л. С. Тимофеевского // — СПб.: Политехника, 2006 г. — 133 с.
2. Романюк В. Н. Абсорбционные тепловые насосы в тепловой схеме ТЭЦ для повышения ее энергетической эффективности / В. Н. Романюк, Д. Б. Муслина, А. А. Бобич и др. // Энергия и Менеджмент. — 2013. — № 1 (70). — С. 14–19.
3. Шилкин Н. В. Абсорбционные холодильные машины // АВОК. 2008. № 1.— С. 41–46.

Implementation of an absorption refrigeration machine in the cycle of gas turbine and combined cycle plants to increase thermal power

* Khusainov A. I., Zamaleev M. M.

*Ulyanovsk State Technical University (UlSTU)
432027, Russia, Ulyanovsk, st. Northern Crown, 32*

To solve the problem of reducing the electrical power of the gas turbine at elevated outdoor temperatures, it is proposed to install a surface heat exchanger in the cycle air line before the compressor of the gas turbine, the cooling medium in which is water after ABCM with a temperature of +5...+10 °С. The water cooled in ABKhM to +5...+10 °С will allow cooling the cycle air at the entrance to the gas turbine unit to +15...+20 °С. The proposed solution is relevant for the southern regions of our country and allows you to increase the electric power of the gas turbine up to 30 %. The main advantage of using ABKhM to reduce the temperature of the gas turbine cycle air is the possibility of using both directly the exhaust gases of the gas turbine and hot water/steam from the waste heat boilers of the CCGT. Thus, cold is produced mainly due to the consumption of waste heat sources.

Keywords: absorption refrigeration machines, gas turbine plants, combined cycle plants, thermal energy.