

ПРИМЕНЕНИЕ УСТАНОВКИ С НИЗКОКИПЯЩИМ РАБОЧИМ ТЕЛОМ НА КРАСНОЯРСКОЙ ТЭЦ-1

Карабарин Д.И.,

научный руководитель канд. техн. наук Подборский Л.Н.

Сибирский федеральный университет

Проблема повышения энергоэффективности использования производственных и теплофикационных отборов на ТЭЦ в настоящее время очень актуальна, в связи с тем что в России закрываются крупные потребители производственного пара и в связи с перепадом температуры воздуха в зимнее и летнее время года. Существует несколько методов модернизации турбоагрегатов для увеличения коэффициента полезного действия при отключении отборов и работы турбоагрегата в нерасчетном режиме. Я же предлагаю подгружать турбоагрегат до режима работы с максимальным коэффициентом полезного действия и профицит тепла в виде пара использовать для подогрева низкокипящего рабочего тела в виде бутана.

В настоящее время существует несколько статей специалистов компании ООО «Комтек-Энергосервис» позволяющих судить о выгодности данной модернизации.

На сегодняшний момент Красноярская ТЭЦ-1 несет самую большую в городе отопительную нагрузку зимой, но летом турбоагрегаты типа ПТ-60-130/13 не несут теплофикационной нагрузки и работают с низким КПД. Подключение бутанового контура к теплофикационному отбору позволит подгрузить турбину и получить дополнительную мощность. Пример такого контура приведен в статье «Перспективы применения энергетических установок с низкокипящими рабочими телами» Гринман М.И. к.т.н., Фомин В.А. к.т.н, 2010 г.

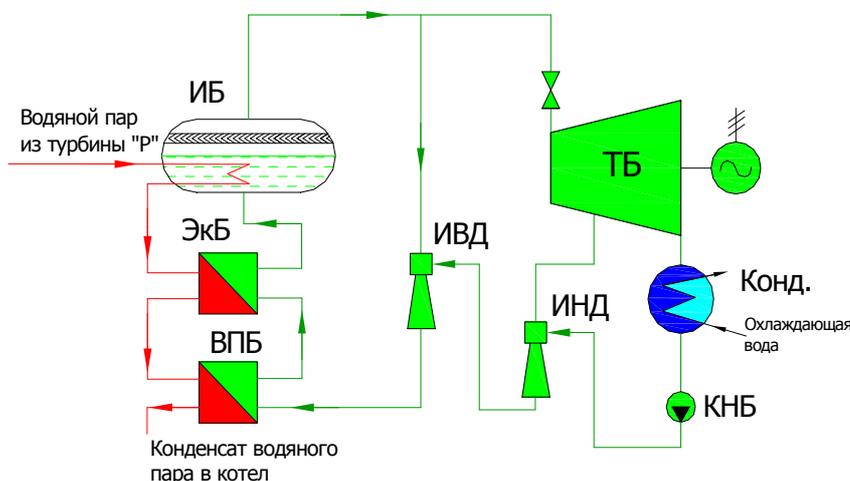


Рис.1. Принципиальная тепловая схема бутанового контура .

Обозначения: ИБ – испаритель бутана; ЭкБ – экономайзер бутана; ТБ – турбина бутановая; Конд. – конденсатор; ВПБ – водяной подогреватель бутана; КНБ – конденсатный насос бутановый; ИВД – инжектор высокого давления (острого пара); ИНД – инжектор низкого давления.

Применение бутана в качестве рабочего тела позволяет создать компактную малогабаритную турбину, так как объемный расход пара через последнюю ступень в случае применения бутана уменьшается на два порядка. Так при температуре конденсации 30°C , удельный объем водяного пара составляет $32,89 \text{ м}^3/\text{кг}$ при давлении $0,0425 \text{ бар}$, в то

время как у бутана (R 600) – 0,141 м³/кг при давлении 2,81 бар. В результате в бутановом контуре отсутствует вакуумная система удаления воздуха из конденсатора со всеми ее эксплуатационными проблемами. Это позволяет создавать конструкции минимальных габаритов из обычных материалов (низкий уровень температур, минимальные окружные скорости и напряжения). Турбинная часть установок на бутане представляет собой газовую турбину, работающую с низкими параметрами газа и поэтому достаточно надёжную. Аналогом таких турбин являются турбодетандеры, преобразующие энергию в процессе понижения давления природного газа при его подаче из магистрального газопровода к потребителю.

Производство пара НРТ происходит в парогенераторе. Он представляет собой кожухотрубный теплообменник, в котором греющий теплоноситель проходит внутри трубной системы, расположенной в объёме НРТ (рис.1). Пар, полученный в процессе испарения, сепарируется и направляется в турбину.

Конденсация пара НРТ после турбины производится в конденсаторе. Потери НРТ в установке при нормальных эксплуатационных режимах практически отсутствуют, так как протечки через концевые уплотнения турбины невелики и составляют 2-3 л/мин. Эти протечки улавливаются системой сбора НРТ и возвращаются в контур. При ремонтах производится закрытый слив жидкого НРТ из контура в специальные ёмкости с последующей продувкой контура водяным паром. Потери НРТ в процессе эксплуатации восполняются из баллонов.

Агрегаты бутанового контура сконструированы в герметичном контейнере. В соответствии с правилами обслуживания помещений с взрывоопасными газами кратность принудительной циркуляции воздуха в контейнере с оборудованием равна пяти. Масса бутана в контуре составляет приблизительно 1500 кг. Бутан не токсичен и не является коррозионно – активным рабочим телом, поэтому турбина, трубопроводы, арматура и вспомогательное оборудование выполняются из углеродистых сталей.

Бутан обладает следующими преимуществами

- положительный наклон пограничной кривой пара в T, ^-координатах, чтобы процесс расширения в турбине заканчивался в области перегретого пара, что исключает эрозию лопаток;
- низкая температура замерзания (ниже самой низкой температуры цикла и ниже температуры окружающей среды);
- достаточно высокая температура стабильности (во избежание каких-либо деструктивных химических реакций и разложения);
- высокие теплота испарения и плотность для более эффективного поглощения энергии от источника тепла;
- удовлетворение требованиям экологии и безопасности;
- доступность на рынке и не слишком большая стоимость.

Предварительный анализ различных органических жидкостей показал, что для температуры источника тепла 100—130°С наилучшим рабочим телом для реализации ОЦР является бутан (R-600). Его использование позволяет обеспечить наибольшую мощность турбины благодаря низкой температуре конденсации. Основным недостатком бутана — его горючесть, однако существует несколько доступных технологий уплотнения, которые надёжно предотвращают утечку бутана в окислительную атмосферу. Еще один недостаток бутана (как и других низкотемпературных органических жидкостей) — высокая мощность, требуемая для сжатия. Необходимые для этого насосы громоздки, очень дороги и малоэффективны.

В условиях современной конкуренции в сфере энергетики основным направлением является энергосбережение данное конструктивное решение является важным энергосберегающим фактором и повлияет на конкурентоспособность ТЭЦ-1 на рынке тепловой энергии в Красноярске.