УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТУРБОДЕТАНДЕРА

Л. В. Романенко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. В. Овсянник

На ТЭЦ устанавливается теплоэнергетическое оборудование для производства пара с определенными параметрами, паровые турбины, сетевые теплообменники. В отличие от системы теплоснабжения на базе ТЭЦ, объекты малой энергетики – ото-

пительные котельные – менее экономичны из-за выработки только тепловой энергии. Решить эти проблемы для малой энергетики можно с помощью «Органического цикла Ренкина», по которому возможно осуществить комбинированное производство энергии.

Для производства электрической энергии и для поддержания номинального режима работы котлов с максимальным КПД разработана схема котельной с использованием ОЦР-установки с турбодетандером (рис. 1).

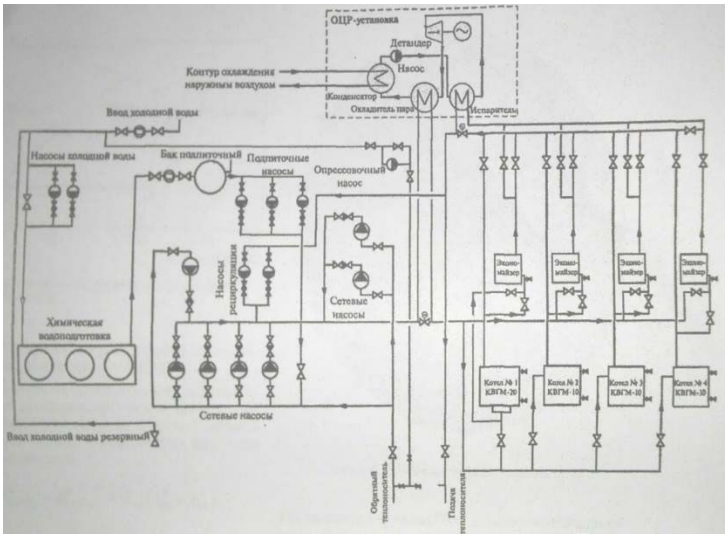

Рис. 1. Схема котельной установки с органическим циклом Ренкина

Установка присоединяется к схеме котельной обвязкой испарителя и конденсатора так, что теплоноситель системы теплоснабжения после нагрева в котлах проходит экономайзер, подогревается до необходимой температуры и из коллектора подается в испаритель ОЦР-установки. В испарителе теплоноситель нагревает хладон, доводя его до состояния перегретого пара. Далее, пар совершает работу в турбодетандере и подается в охладитель, где охлаждается оборотной водой из системы теплоснабжения, переходя при этом в фазу влажного пара. Влажный пар в конденсаторе переходит в жидкую фазу, отдавая тепло охлаждающему теплоносителю из системы воздушного охлаждения наружным воздухом. Жидкий хладон необходимого давления с помощью насоса подается в испаритель.

Разработка турбодетандера для ОЦР является наиболее ответственной и дорогой частью процесса проектирования всей паросиловой установки. Для установок, работающих по ОЦР, используются различные виды оборудования, преобразующего энергию рабочего тела в механическую работу с максимальным КПД. Это достигается путем выбора оптимального рабочего тела, подходящего для температур греющего и охлаждающего теплоносителей, а также конструкций машины, в которой совершается полезная работа. Если проанализировать и сравнить различные типы турбомашин и мощностей, то наиболее эффективно использовать турбомашины мощностью от 300 до 1000 кВт с радиальным типом колес.

Холодильный агент должен быть выбран из числа благоприятных для применения в турбокомпрессорах. Основными критериями для выбора являются: химическая стабильность, экологичность, нетоксичность и низкая воспламеняемость. Если сравнивать R134*a* и R245*fa*, то они являются одними из лучшими по показателям для цикла Ренкина при низких температурах. Низкой температурой считается $T < 230$ °C.

Для получения наибольшей эффективности при температуре менее 200 °С в цикле Ренкина предпочтительно должны быть использованы R134*a* и R245*fa*. Температура разложения органических веществ больше чем 200 °С. Температура разложения R245*fa* превышает 250 °С, и он может быть использован до температуры 227 °С. К сожалению, R134*a* в системах с температурой в испарителе ниже –7 °С заканчивается существенной потерей производительности системы из-за разницы в удельном весе пара. В таких случаях лучше выбрать смесь хладагентов. Построены зависимости теплового коэффициента цикла от температуры хладагента на входе в турбину (рис. 2).

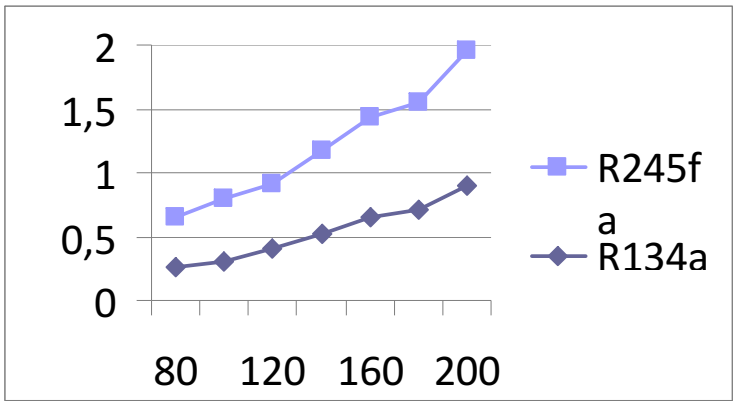

Рис. 2. Зависимость теплового коэффициента цикла от температуры хладагента на входе в турбину

Согласно литературным данным, хладагент R245*fa* является подходящим для источника тепловой энергии малой энергетики (температура отпускаемого теплоносителя до 130 ºС). Для повышения эффективности цикла Ренкина необходимо добиться минимальной разности температур между источниками и рабочим телом. С другой стороны, рост коэффициента преобразования напрямую связан с разностью температур между горячим и холодным источниками теплоты. Чем выше критическая температура рабочего тела, тем выше энергетическая эффективность цикла Ренкина при заданных температурах источников, что иллюстрируется на рис. 3, где приведены пограничные кривые воды, циклогексана и R245*fa*.

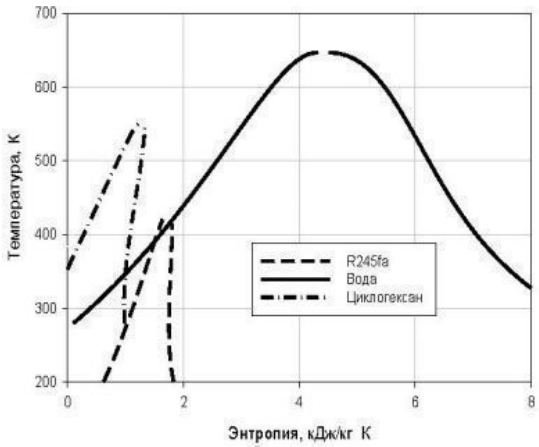

Рис. 3. Сопоставление пограничных кривых в диаграмме температура–энтропия

TS-диаграмма органического цикла Ренкина с рабочим телом R245*fa* приведена на рис. 4: через испаритель внешний теплоноситель передает рабочей жидкости тепловую энергию. Рабочая жидкость испаряется и переходит в газовое состояние 1-2-3; Газообразное рабочее тело расширяется в турбодетандере и совершает работу 3-4; После расширения рабочее тело охлаждается и конденсируется – процесс 4-5-6; Насос завершает цикл, повышая давление в системе до необходимого – линия 6-1.

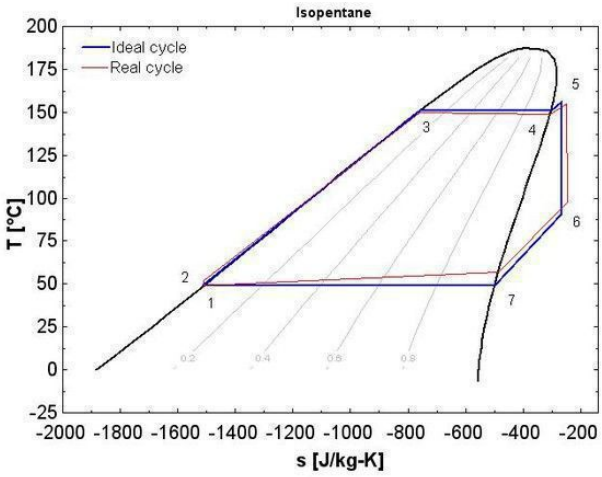

Рис. 4. TS-диаграмма органического цикла Ренкина
с рабочим телом фреон R245*fa* (пентофторпропан)

Тепло, отводимое от органического рабочего тела, при определенных режимах может быть полностью использовано для нагрева обратной сетевой воды.

При расчете технико-экономического эффекта тариф на электрическую энергию принимается приведенным к одноставочному, равным 0,103 р. за 1 кВт · ч, среднегодовой тариф на газ принят 0,16 р./м^3. Затраты топлива на выработку тепловой энергии рассчитывались исходя из значения КПД котла 90,5 % и теплоты сгорания газа – 9,26 кВт/м^3.

Органический цикл Ренкина позволяет решить проблемы малой энергетики.

Для применения ОЦР-установок в котельных средней тепловой мощности наиболее эффективны турбины, турбодетандеры, с осерадиальным типом колес.

Потенциал использования низкотемпературной тепловой энергии для выработки электроэнергии способствует развитию исследований систем и установок.