

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ ЗА СЧЕТ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ

Шаропов Джурабек Джаббарович

Старший преподаватель кафедры «Горная электромеханика»,
Навоийский государственный горно-технологический университет

Джураев Рустам Умарханович,

Заведующий кафедры «Безопасность жизнедеятельности»,
Навоийский государственный горно-технологический университет

Собиров Шамшодбек Баходир угли

Студент кафедры «Горная электромеханика», Навоийский государственный
горно-технологический университет

АННОТАЦИЯ

Органический цикл Ренкина (ОЦР) может играть значительную роль в преобразовании энергии, особенно при низких температурах. ОЦР позволяет производство электроэнергии из возобновляемых источников, отработанного тепла промышленных предприятий, тепловых двигателей и тепловых станций. В статье рассматривается эффективность использования ОЦР, сравнение с различными технологиями и устройствами применяемые для преобразования тепловой энергии.

Ключевые слова: энергоэффективность, дизельная электростанция, тепло, утилизация, двигатель внутреннего сгорания, выхлопные газы, потери энергии.

ABSTRACT

The organic Rankine cycle (ORC) can play a significant role in energy conversion, especially at low temperatures. The ORC allows the production of electricity from renewable sources, waste heat from industrial plants, heat engines and thermal power plants. The article discusses the efficiency of the use of ORC, comparison with various technologies and devices used to convert thermal energy.

Key words: energy efficiency, diesel power plant, heat recovery, internal combustion, flue gases, energy losses.

ВВЕДЕНИЕ

Наибольшее количество общего потребления энергии в развитых странах используется в промышленности. Однако, процент использования энергии в промышленности отличается в разных странах. Статистика по США и среднем по Европе составляет 30% (EIA, 2010). В странах с быстро развивающейся

экономикой, таких как Китай, промышленность является крупнейшим потребителем энергии, до 70,8% от национального общего потребления энергии 2005 года, из них 22,8% составляют металлургия. [1]

Большинство потребления энергии приходится на ископаемое топливо. Ископаемое топливо является исчерпаемым и единственным источником углекислого газа CO_2 , использование его в качестве основного источника энергии влечет глобального потепления и, в конечном счете, изменение климата. Исчерпаемость и вред окружающей среде заставляют мировых лидеров переходить на альтернативные способы получения энергии, чтобы уменьшить отрицательное воздействие на окружающую среду. Сокращение потребления ископаемого топлива может быть достигнуто либо замещением части выработки энергии альтернативными источниками, либо увеличение энергоэффективности производства энергии за счет утилизации уходящей тепловой энергии.

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Уходящая теплота после процесса горения или любого химического, или термического процесса является сбросным теплом, поскольку оно обычно выбрасывается в окружающую среду. Теплота отработанная после промышленного процесса составляет около 20-50% от подведенного тепла. В некоторых случаях восстановление отработанного тепла может повысить энергоэффективность системы примерно на 10-50% [2]. Промышленные процессы, тепловые двигатели и механическое оборудование являются основными источниками отработанного тепла [3, 4]. Технология рекуперации низко потенциального тепла и сбросного тепла не только повышает эффективность системы, но и снижает воздействие на изменение климата, а также снижает стоимость энергии [4,6]. Ключевыми факторами, определяющими возможность использования низко потенциальной тепловой энергии, являются скорость потока, температура, давление, химический состав, допустимая температура и допустимое падение давления источника тепла. Производство электроэнергии из низкотемпературного источника теплоты (ниже 250 °C) имеет техническое и технико-экономическое ограничение и ограниченный выбор низкотемпературных тепловых двигателей, таких как органический цикл Ренкина, цикл Калины, термоэлектрических преобразователей и двигателя Стирлинга [8].

Органический цикл Ренкина

Органический цикл Ренкина (ОЦР) представляет собой цикл Ренкина с использованием в качестве рабочего тела не пара, а органического теплоносителя.

Принципиальная схема работы и T-S диаграмма представлена на (рис. 1). Низкокипящая органическая рабочая жидкость забирает теплоту от источника в испарителе, в результате рабочее тело испаряется. Пары рабочей жидкости после испарителя направляются в турбину, являющуюся приводом электрогенератора. Пары при более низком давлении из выпускного отверстия расширителя направляются в конденсатор, где конденсируются. Наконец, жидкое рабочее тело с помощью насоса направляется обратно в испаритель, и процесс снова повторяется.

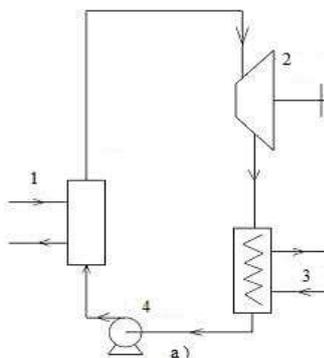


Рис. 1. Схема органического цикла Ренкина:

1-испаритель; 2-турбина; 3-конденсатор; 4-питательный насос.

Хотя стоимость обычного парового цикла Ренкина ниже, чем у ОЦР способность ОЦР работать при низкой температуре утилизируемого тепла делает его лучшей технологией для использования низко потенциальных температур. Еще одно важное преимущество ОЦР над обычным циклом Ренкина это тип рабочего тела, органические жидкости, имеют более низкую температуру испарения, чем у воды (Рис. 2) [8], высокую степень перегрева от источника теплоты, а также после процесса расширения находятся в зоне перегретого пара. При использовании воды в последних ступенях турбины будет состояние влажного насыщенного пара и как следствие будет возникать эрозия на рабочих лопатках.

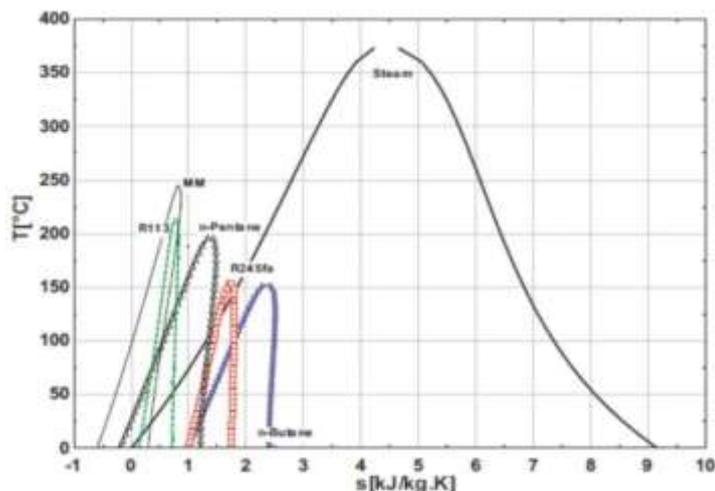


Рис. 2. T-s диаграмма воды и некоторых органических рабочих тел.

Цикл Калины

Простейшая схема энергоустановки (рис. 3) содержит подогреватель раствора (экономайзер) 1, в котором водоаммиачная смесь нагревается до точки кипения, и десорбер 2, где происходит кипение (сначала при более низкой температуре кипит аммиак, а по мере снижения концентрации аммиака в растворе температура кипения повышается). Далее водоаммиачная смесь направляется в сепаратор 3, где происходит отделение фаз, а затем пар подается на турбину 4, являющуюся приводом электрогенератора 5. Слабый (с меньшей концентрацией аммиака) раствор из сепаратора 3 через дроссельный клапан 6 поступает на смешение с отработавшим паром на выхлопе из турбины 4. Далее после конденсации в абсорбере 7 крепкий раствор питательным насосом 8 вновь подается в подогреватель 1.

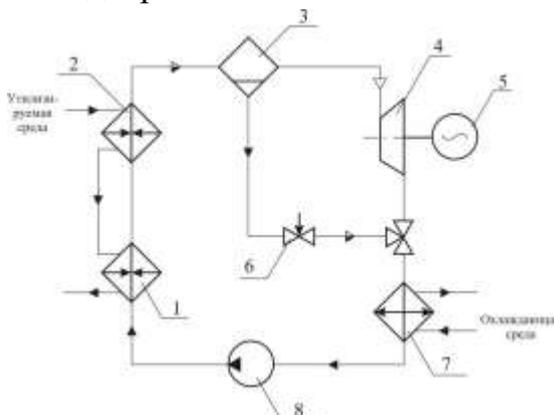


Рис. 3. Схема цикла Калины:

1-экономайзер; 2-десорбер; 3-сепаратор; 4-турбина; 5-электрогенератор 6 дроссельный клапан; 7-адсорбер; 8-питательный насос.

Поскольку температура кипения жидкой смеси меняется, когда испаряется аммиак, разница температур между источником тепла и водоаммиачным раствором может быть уменьшена. В целом, количество утилизируемого тепла в цикле Калины, больше чем в паровых циклах. Инвестиционная стоимость цикла Калины, выше, чем для парового цикла.

Двигатель Стирлинга

Термодинамический цикл Стирлинга показывает теоретический термический КПД, равный циклу Карно, который позволяет эффективно преобразовывать тепловую энергию в механическую [10]. Кроме того, двигатель Стирлинга широко известен своим долгим сроком службы двигателя и низким уровнем шума [11].

По сравнению с остальными технологиями двигатели Стирлинга эффективно работают при температуре >650 °С, что делает их мало интересными для утилизации низко потенциальной теплоты.

Термоэлектрические генераторы

Термоэлектрические генераторы (ТЭГ) - это устройства, которые преобразуют тепловую энергию в электрическую. Эти устройства работают по эффекту Зеебека, который был обнаружен Томасом Иоганном Зеебеком в 1821 году [12]. Недавно для повышения эффективности этих устройств были добавлены полупроводниковые pn-переходы, которые состоят из новых материалов, таких как BiTe (теллурид висмута), CeFeSb, ZnBe (цинк- бериллий), SiGe (кремний-германий), SnTe (теллурид олова) и новые нанокристаллические или нанопроволочные термоэлектрические генераторы, эффективность которых достигает 5-8%. Хотя ТЭГ обладают многими преимуществами, такими как экологически чистое производство энергии, отсутствие звука, отсутствие подвижного компонента и меньшими затратами на обслуживание, однако они экономичны при использовании на высоких температурах (> 200 °С), и когда необходимо небольшое количество энергии (несколько милливольт). Преимущества TEG побудили многих исследователей использовать его в утилизации тепловых отходов автомобилей.

Сравнение технологий

На (рис. 4) представлены зависимости КПД от мощности и температуры Органического цикла Ренкина (ОЦР), Термоэлектрических генераторов (ТЭГ) и двигателя Стирлинга. Цикл Калины не представлен на этой диаграмме так как его область применения схожа с ОЦР, но в эффективности, доступности инаучной проработанности он ему уступает.

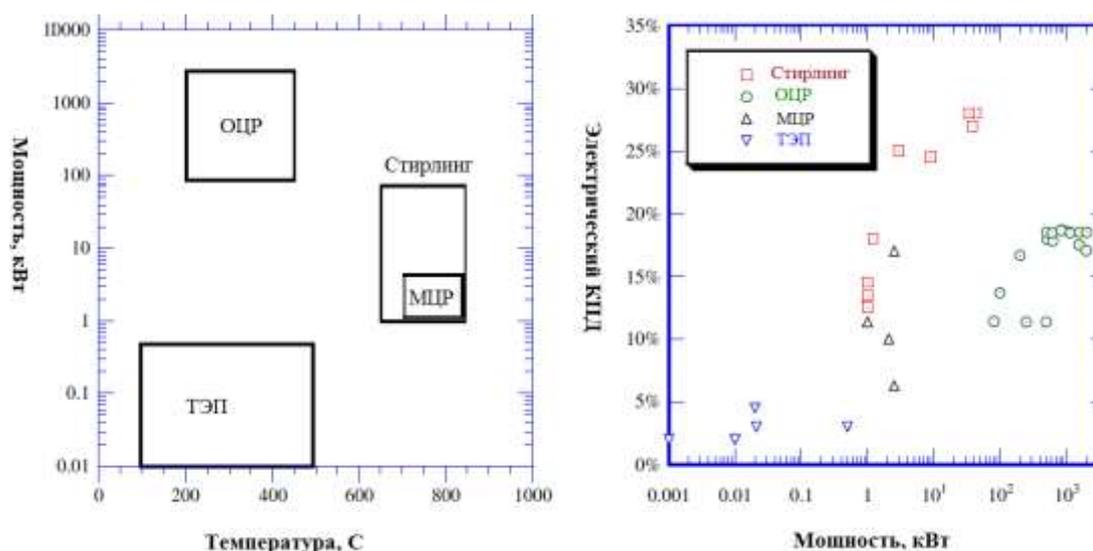


Рис. 4 . Сравнение технологий преобразующих тепловую энергию в электрическую.

Выбор рабочего тела для ОЦР существенно влияет на его характеристики и определяется диапазоном эксплуатационных температур и давлений цикла. Достоинствами ОЦР являются

- отсутствие необходимости перегрева рабочего тела,
- относительно низкая температура рабочего тела на входе в турбину,
- высокая плотность рабочего тела, что позволяет сделать установку более компактной,
- высокое давление пара при конденсации,
- более простая конструкция турбины,
- возможность утилизации тепловой энергии при низкой температуре.

Применение органического цикла Ренкина позволяет использовать низкопотенциальную тепловую энергию выхлопных газов, геотермальных источников, других тепловых потоков с относительно невысокой температурой. Объединение ОЦР с ДВС дает возможность повысить эффективность использования энергии топлива и сократить количество токсичных примесей в выхлопных газах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданов А.И. Повышение мощностных, экономических и экологических показателей силовых установок за счет утилизации теплоты отработавших газов: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 / Богданов А.И. - Челябинск, 1999. - 184 с.
2. Liao H. What induced China's energy intensity to fluctuate / H. Liao, Y. Fan, Y.

- M. Wei // Energy Policy – 2007. – V.35 – P.4640 – 4649.
3. Incorporated B. Waste heat recovery: technology and opportunities in U.S. industry. U.S. Department of Energy. Industrial Technologies - 2008.
 4. Bonilla J. Technological recovery potential of waste heat in the industry of the Basque country / J. Bonilla, J.M. Blanco, L. Lopez, J.M. Sala // Applied Thermal Engineering – 1997. – V.17 – P.283–288.
 5. Latour S. Waste heat recovery potential in selected industries. / S. Latour, J. Menningmann, B. Blanney // USA: Environmental Protection Agency (EPA) - 1982.
 6. Tchanche B.F. Low-grade heat conversion in to power using organic Rankine cycles – a review of various applications / B.F. Tchanche, G. Lambrinos, A. Frangoudakis, G. Papadakis // Renewable and Sustainable Energy Reviews – 2011. – V.15 – P.3963–3979.
 7. Imran M. Economic assessment of greenhouse gas reduction through low- grade waste heat recovery using organic Rankine cycle(ORC) / M. Imran, B.S. Park, H.J. Kim, D.H. Lee, M. Usman // Journal Of Mechanical Science And Technology –2015. – V.29 –P.835–843.
 8. Imran M. Multi-objective optimization of evaporator of organic Rankine cycle (ORC) for low temperature geothermal heat source / M. Imran, M. Usman, B.S. Park, H.J. Kim, D.H. Lee // Applied Thermal Engineering – 2015. – V.80 – P.1–9.
 9. Атакулов Л.Н., Хайдаров Ш.Б., Усмонов М.З., Элбеков Ж.У. Theory of forces influencing the process of excavator bucket operation. X Юбилейной международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию ао «нак «казатомпром» и 20-летию тоо «институт высоких технологий»актуальные проблемы урановой промышленности 24–26 ноября 2022 г. Часть 1, 63-65 с.
 10. Мустафаев О. Б. Мощность, развиваемая на забое скважины и влияние высоких температур на работу породоразрушающего инструмента //The 7th International scientific and practical conference “European scientific discussions”(May 23-25, 2021) Potere della ragione Editore, Rome, Italy. 2021. 491 p. – 2021. – С. 110.
 11. Хамзаев А. А. и др. Икки тезликли электр мотор тезлигини ростлашда замонавий усулларини куллаш //Интернаука. – 2018. – №. 25. – С. 76-78.
 12. Курбонов О. М., Элбеков Ж. У. Анализ выбора выемочно-погрузочного оборудования на вскрышных работах при открытом разраотке, сложно структурного месторождения //Open innovation. – 2018. – С. 44-48.

13. Жураев А. Ш. и др. Исследования гидродинамической очистки жидкостей, предложенной профессором Финкельштейном З. Л //European research: innovation in science, education and technology. – 2018. – С. 28-30.
14. Товбаев А. Н. и др. Энергоэффективности в электроприводе дутьевого вентилятора с двухскоростным асинхронным электродвигателем //Интернаука. – 2017. – №. 24. – С. 41-43.