

УДК 621.311.22

В.К. ДРОБЫШЕВ, магистрант гр. ИЭ-М-21 (СибГИУ)
В.А. РОМАНОВА, магистрант гр. ИЭ-М-21 (СибГИУ)
Научный руководитель Е.С. КУЗНЕЦОВА, к.т.н., доцент (СибГИУ)
г Новокузнецк

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА ПАРОСИЛОВОЙ УСТАНОВКИ

Мировые державы обеспокоены экологической проблемой поддержания здоровой и комфортной среды существования человека и глобальным потеплением климата Земли, возникающего вследствие образования парникового эффекта и других причин. Ввиду этих проблем актуальность в уменьшении потребляемого топлива и различных выбросов, включая CO_2 , создающих парниковый эффект, премного возрастает.

Также объекты теплоэнергетики, в частности ТЭЦ, не выделяются высокими КПД, так как полезное тепло, выделяемое во время сжигания топлива в котельном агрегате, теряется на всех этапах работы паросиловой установки, начиная с потерь непосредственно в самом котельном агрегате, а заканчивая потерями тепла в циркуле охлаждающей воды на выходе из конденсатора.

КПД котельного агрегата теоретически составляет 92,1 %, что в свою очередь является достаточно высоким показателем эффективности. Достигается такое значение при штатном режиме работы. без каких-либо отклонений, которые в свою очередь приведут к понижению КПД [1-3].

Опираясь на паспортные, а также теоретические данные, видно, что потери теплоты с уходящими газами являются самыми большими (5,11 %). Величина этих потерь достигается при штатном режиме работы котельного агрегата. Это дает возможность для размышлений на тему уменьшения данных потерь с возможностью дальнейшего повышения энергоэффективности работы агрегата.

Потери тепла от химической (0,5 %) и механической (1,5 %) неполноты сгорания топлива, а также с физической теплотой шлака (0,39 %) являются тесно связанными, в частности, при сжигании твердого топлива. Эти потери суммарно меньше потерь тепла с уходящими газами, однако при нарушении технологического процесса, в частности, подачи некачественной пылеугольной смеси в топку, а именно:

- недостаточная просушка топливной смеси;
- недостаточно малые фракции угольной крошки;

- присутствие примесей других марок угля.

Все эти нарушения в значительной степени поднимают значения потерь тепла от химической и механической неполноты сгорания, а также с физической теплотой шлака, что в свою очередь понизит КПД работы котельного агрегата, а также значительно увеличит количество вредных выбросов (СО)

Потери теплоты от наружного охлаждения котельного агрегата (в окружающую среду через футеровку) тоже являются сравнительно небольшими (0,4 %). Малая величина этих потерь достигается при грамотном техническом обслуживании, а также своевременном ремонте – обновлению футеровки. В противном случае футеровка котельного агрегата под влиянием условий эксплуатации подвергается сильному износу, вследствие чего разрушается. Это все приведет к многократному увеличению потерь теплоты от наружного охлаждения.

Несмотря на то, что эффективность котельного агрегата достаточно большая (92,1 %), можно предложить различные мероприятия не только по повышению его энергоэффективности, но и сохранению высоких показателей работы. Поэтому надежность, безопасность и экономическая эффективность котельного агрегата в значительной степени зависят от качества изготовления, монтажа, ввода в эксплуатацию, ремонта и культуры обслуживания, то есть от качества изготовления и эксплуатации.

В связи с этим теплоэнергетики промышленных предприятий должны владеть приемами и методами рациональной эксплуатации теплотехнического оборудования, хорошо знать требования нормативно-технической документации, уметь организовывать работу и обучение эксплуатационного персонала [4-5].

Предлагаемая модернизация систем пылеприготовления котлов относится к повышению надёжности работы котельного агрегата и предусматривает замену установленных мельниц на мельницы большей производительности с тем, чтобы одна из двух установленных систем обеспечивала номинальную нагрузку котла. Требование 100% резервирования систем пылеприготовления в котлах с шаровыми барабанными мельницами и промежуточным бункером пыли выглядит странным, учитывая то, что нормы расчета пылеприготовительных установок, одним из разработчиков, которых являлся ВТИ, предусматривают для таких систем 10% запас суммарной производительности мельниц. Кроме того, согласно “Нормам технологического проектирования тепловых электрических станций” (ВНТП-29-81) суммарная производительность установленных на котле шаровых барабанных мельниц выбирается из расчета обеспечения 110% номинальной производительности котла.

Для ТЭЦ будет полезным обеспечение номинальной нагрузки котла при работе одной системы пылеприготовления, так как в настоящее время одна мельница обеспечивает 75% паропроизводительности котла и требуется периодическое включение второй системы пылеприготовления, что усложняет эксплуатацию котельной установки. Также в случае возможного выхода из строя одной из мельниц, вторая сможет покрыть до 100% потребностей котельного агрегата в пылеугольной смеси.

Также возможно применение органического цикла Ренкина принцип действия, которого основан на классической схеме паротурбинного цикла, в ходе которого происходит преобразования потенциальной энергии рабочего тела в механическую энергию вращения ротора и далее в электрическую энергию посредством электрогенератора. Вместо водяного пара в ОЦР используется пар органической жидкости, который характеризуется большим молекулярным весом, что позволяет работать турбине на низких оборотах, при низких значениях давления и избежать эрозии металлических частей и лопаток.

Рабочим телом в ОЦР является вещество, имеющее более низкую, чем у воды, температуру кипения. Благодаря этому, испарение рабочего тела происходит при относительно низкой температуре, что и позволяет утилизировать низкопотенциальную энергию.

Схема органического цикла Ренкина с перегревом в T-s координатах изображена на рисунке 1.

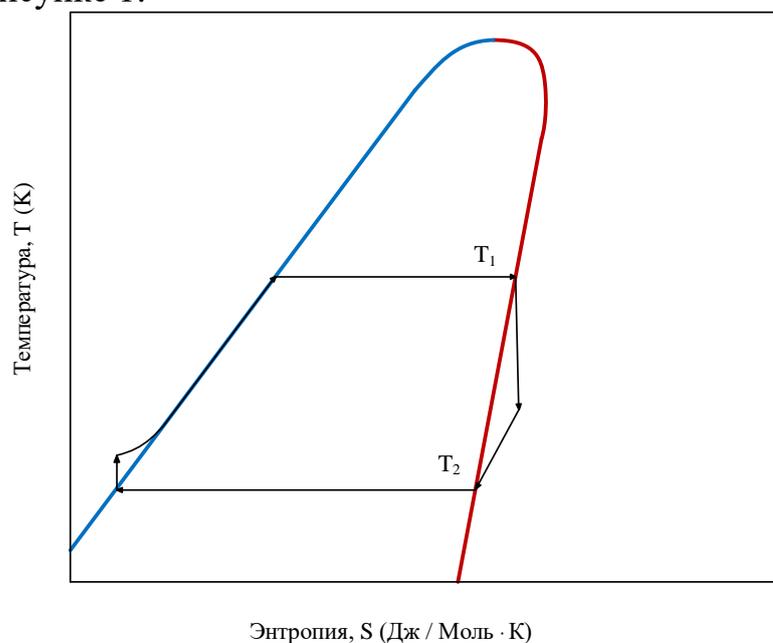


Рис. 1 – Органический цикл Ренкина

Органический цикл Ренкина обладает значительными преимуществами по сравнению с его же классическим паровым циклом, а именно:

- Малый уровень падения энтальпии;
- Отсутствие эрозии лопаток;
- Неокисляющая рабочая жидкость, не приводящая к возникновению коррозии;
- Отсутствие продувки;
- Высокий уровень эксплуатационной гибкости и высокие эксплуатационные характеристики при частичной нагрузке;

Главным достоинством ОЦР является возможность его адаптации к различным источникам тепловой энергии. За счет варьирования рабочего тела его можно использовать в широком диапазоне температур и давлений. В частности, ОЦР можно использовать в бинарном цикле, как в высокотемпературной, так и в низкотемпературной области.

ОЦР можно использовать совместно с ГТУ для утилизации тепловой энергии продуктов сгорания. Суммарный цикл ГТУ+ОЦР является по сути дела комбинированным циклом с высокой термической эффективностью. Как показано в [6] сочетание микро-турбины мощностью 100 кВт позволяет получить дополнительную мощность до 45 кВт за счет использования тепловой энергии уходящих газов.

Вывод. Несмотря на то, что энергоэффективность котельного агрегата оказалась достаточно высокой – 92,1 %, он остается достаточно уязвимым для потери показателей эффективности по причине возможных нарушений в его обслуживании, а также технологических нарушений. Важным условием сохранения высоких рабочих показателей является соблюдение технологии производства, качественное обслуживание и своевременные ремонты котельного агрегата.

Также есть возможность повышения надежности в работе котла, в частности, через модернизацию системы пылеприготовления, а именно установить более мощную углеразмельную мельницу.

Для повышения энергоэффективности котельного агрегата предлагается внедрение в его работу органического цикла Ренкина (ОЦР), в виде комбинированного цикла ПСУ с ОЦР за счет использования ОЦР тепловой энергии уходящих газов из котельного агрегата.

Все эти меры направлены на сохранение и улучшение энергоэффективности ПСУ в целом, потому что связи с нынешней экологической обстановкой в мире уменьшение количества потребляемого топлива и различного рода выбросов, включая CO₂, является одним из главных приоритетов в политике всех развитых стран.

Для России установлены определенные показатели по повышению энергоэффективности в таких источниках как статья министра энергетики Новака А. В. [7] и энергетическая стратегия РФ на период до 2035 года [8].

Список литературы:

1. Щукин А. А., Сушкин И. Н., Зах Р. Г., Бахмачевский Б. И., Лызо Г. П.; Теплотехника; под общей редакцией И. Н. Сушкина; Издание 2-е, переработанное, Москва; издательство «Металлургия» 1973, 301 с.;
2. Бродов Ю. М., Савельев Р. З.; Конденсационные установки паровых турбин: учебное пособие для вузов, Москва; Энергоатомиздат 1994, 288 с.;
3. Липов Ю.М., Самойлов Ю.Ф., Виленский Т.В. Компоновка и тепловой расчет парового котла. – Москва: Энергоатомиздат, 1998 г. – 208 с.
4. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. ПБ 10-574-03. Сибирское университетское издательство, 2007. – 176 с.
5. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации изд. 15–е. – Москва: СПО ОРГРЭС, 1996. - 160 с.
6. Invernizzi C., Iora P., Silva P. Bottoming micro-Rankine cycles for micro-gas turbines // Applied Thermal Engineering. 2007. Vol. 27. P.100-110.
7. Новак А. В. Развитие энергетики. Энергосбережение №2, 2008 г. – 27-31 с.
8. Энергетическая стратегия РФ на период до 2035 года утверждено Постановлением Правительства РФ от 08. 06. 2020 №1523-р.

Информация об авторах:

Дробышев Владислав Константинович, магистрант гр. ИЭ-М-21, СибГИУ, 654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, зд. 42, drobyshev_v.k@mail.ru

Романова Виктория Александров, магистрант гр. ИЭ-М-21, СибГИУ, 654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, зд. 42, bokkvika2908@gmail.com

Кузнецова Елена Степановна к.т.н. наук, доцент, СибГИУ, 654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, зд. 42, kuzlena00@yandex.ru