

СЕКЦИЯ 1

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МАШИНЫ И МОБИЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

УДК 62-976

МЕТОДИКА ТЕРМОЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ПРИМЕРЕ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ

Агапов Д.С., к.т.н., доцент

*Санкт-Петербургский Государственный аграрный университет,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

Введение

Термодинамическое совершенствование любых объектов, в том числе и когенерационных установок является весьма актуальной задачей современной инженерии. От того насколько она удачно решена зависят не только основные показатели характеризующие потребительские свойства объекта (производительность, экологичность, масса, габариты, и т.п.), но и способность установки интегрироваться в различные сложные технологические процессы, оптимальные режимы и сроки её эксплуатации, а также финансовые показатели от использования установки.

Основная часть

Широкое распространение в различных отраслях промышленности нашли когенерационные установки. По конструкции они представляют собой четырехтактный газовый двигатель с искровым зажиганием и турбонаддувом, работающий на газо-воздушной смеси различных газов; электрогенератор и теплообменники для утилизации теплоты. Методика исследования основана на эксергетическом анализе [1, 2, 3] и термоэкономической оценке [4].

Целью данной работы является изложение принципов термоэкономической оценки на примере когенерационной установки. Принципиальная схема когенерационной установки представлена на рисунке. Термоэкономическая оценка начинается с определения эксергии всех входящих в установку и выходящих из неё энергетических и материальных потоков. Эти вопросы подробно изложены в специальной литературе [1, 2, 3] и в данной статье подробно не рассматриваются. На основании определения всех эксергетических потоков для лучшего наглядного представления энергетической картины можно построить диаграмму Грассмана-Шаргута, представляющую собой «дерево», толщина ветвей которого в некотором масштабе отображает эксергетические потоки.

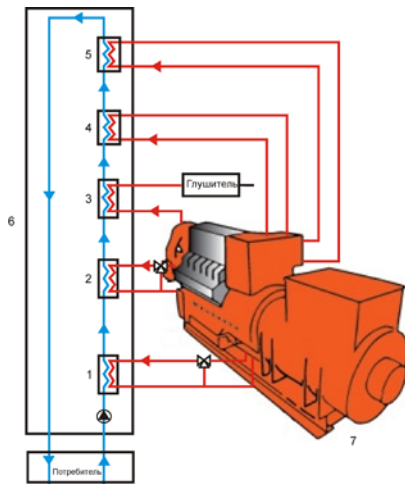


Рисунок — Принципиальная схема когенерационной установки:

1 – теплообменный аппарат системы смазки; 2 – теплообменный аппарат системы охлаждения; 3 – теплообменный аппарат системы выпуска отработавших газов; 4 – теплообменный аппарат интеркулера первой ступени; 5 – теплообменный аппарат интеркулера второй ступени

Выполнение данного этапа позволяет увидеть те, потенциально слабые места (устройства), где происходит наибольшая потеря эксергии от необратимости процессов (деградации энергии) и от рассеяния её в окружающую среду (диссипации энергии). Это позволит принять конструктивные и технологические решения по совершенствованию этих узлов, так как именно их совершенствование даст наибольший эффект по снижению потерь эксергии и повышению эксергетического КПД системы.

Применительно к данным установкам можно сказать, что этот этап не выявил существенных потенциалов для термодинамического совершенства энергоустановок в целом, так как все протекающие процессы имеют весьма высокое совершенство в рамках применяемых материалов и технологий. Наибольший интерес в нашем случае представляет следующий этап термоэкономической оценки, так как он может привести к ухудшению конструкции установки в энергетическом смысле, но позволит достичь максимума экономических показателей.

Для этого для каждого k -ого рассматриваемого элемента системы составляется уравнение (1):

$$\begin{aligned} & \sum_i (c_i \cdot E_i)_k + \sum_i (c_{w,k} \cdot W_k) + \sum_i (c_{q,k} \cdot E_{q,k}) + Z_{i,k} = \\ & = \sum_e (c_e \cdot E_e)_k + \sum_e (c_{w,k} \cdot W_k) + \sum_e (c_{q,k} \cdot E_{q,k}) + Z_{e,k} \end{aligned}$$

где c_i , c_e , c_w и c_q — стоимость единицы эксергии входного компонента, выходного компонента, механической работы и теплоты соответственно, руб./Дж; E_i и E_e — эксергии компонентов на входе и выходе соответственно, Дж; W_k — механическая работа, Дж; E_q — эксергия теплоты, Дж; $Z_{i,k}$ и $Z_{e,k}$ — соответственно капитальные затраты на покупку k -ого элемента системы и его остаточная стоимость, Дж.

Такое уравнение может быть составлено не только для k -ого элемента системы, но и для группы последовательных элементов системы, а также для всей системы в целом.

Если система состоит из N элементов, то составляя такие уравнения для каждого элемента, мы получим систему уравнений, из которой можно будет определить N неизвестных величин, коими являются стоимости эксергии на выходе из каждого элемента. Однако, в случае, когда таких потоков эксергии на выходе из элементов не один, а несколько, то система решений не имеет. Поэтому необходимо присовокупить ещё ряд вспомогательных уравнений, увязывающих неизвестные стоимости выходных эксергетических потоков.

В качестве таких уравнений могут выступать уравнения средней стоимости эксергии выходящих из k -ого элемента потоков. Другими словами, стоимость потоков эксергии на выходе их k -ого элемента системы принимаются равными.

$$C_{i,k,1} = C_{i,k,2} = \dots = C_{i,k,n}$$

Существуют и другие способы расчёта соотношения стоимостей исходящих из k -ого элемента потоков, однако в большинстве случаев используют именно упрощённые.

Было установлено, что наибольшая потеря денежных средств происходит на завершающих (выходных) стадиях получения готового продукта. То есть для данной конструкции это потери в газоводяных теплообменных аппаратах 3, 4 и 5 (рисунк).

Это обусловлено следующими причинами. Теплообменный аппарат 3 хоть и не является заключительным элементом системы, однако передаёт относительно большую часть эксергии. А аппарат 5, несмотря на малую часть передаваемой эксергии установлен на самом конце схемы и стоимость единицы эксергии в этом аппарате значительно выше, чем во всех других аппаратах, потому и потери денежных средств связанных с ним становятся более значимыми.

Заключение

Детальное рассмотрение отдельных процессов протекающих в этих установках не выявило существенных потенциалов для их дальнейшего термодинамического совершенствования, так как все протекающие процессы имеют весьма высокое совершенство в рамках применяемых материалов и технологий. Применение термоэкономических уравнений к конструкции когенерационной установки позволили определить оптимальные режимы эксплуатации этих установок, а также выявить места, где происходит наибольшая потеря денежных средств. А именно, было установлено, что наибольшая потеря денежных средств происходит на завершающих (выходных) стадиях получения готового продукта. То есть для данной конструкции это потери в газодводяных теплообменных аппаратах 3, 4 и 5 (рисунк). Таким образом, изложены принципы термоэкономической оценки технических систем на примере когенерационной установки.

Литература

1. Шаргут Я., Петела Р., Эксергия, пер. с польск., М., 1968.
2. Бродянский В.М., Фратшер В., Михалек К., Эксергетический метод и его приложения, М., 1988.
3. Сажин Б. С., Булеков А. П., Эксергетический анализ в химической технологии, М., 1992.
4. Тсатсаронис Д. Взаимодействие термодинамики и экономики для минимизации стоимости энергосберегающей системы / Пер. с англ. Т.В. Морозук. – Одесса: Студия "Негоциант", 2002.

УДК: 62-883

О КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ ТИПОРАЗМЕРНОГО РЯДА СОВРЕМЕННЫХ ТРАКТОРОВ

Смирнов М.А., к.т.н., доцент, Фомичёв А.И., к.т.н., доцент
*Санкт-Петербургский Государственный аграрный университет,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

Введение

Высокая эффективность сельскохозяйственного производства зависит от уровня его технологичности и оснащенности современной техникой, в частности, тракторами. На рынок России выходят зарубежные производители тракторов, такие как Deutz Fahr, John Deere, Case, Massey Fergussen, New Holland, Fendt, Claas и другие. Крупные компании-производители проводят в России широкую рекламную работу. Например, немецкий концерн Claas совместно с компаниями-партнерами Amasone и Lemken на базе СПбГАУ провели международную олимпиаду среди студентов аграрных