

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ

А.В. Разуваев*, Е.А. Соколова**

** Балаковский инженерно-технологический институт филиал НИЯУ «МИФИ»
Россия, Балаково, vipdomik@mail.ru*

*** Балаковский инженерно-технологический институт филиал НИЯУ «МИФИ»
Россия, Балаково, esuni@bk.ru*

Аннотация: разработан алгоритм расчета экономической эффективности работы энергетической установки на базе поршневой машины с модернизированной системой жидкостного охлаждения.

Ключевые слова экономическая эффективность энергетическая установка, поршневая машина, модернизированная система жидкостного охлаждения

ECONOMIC EFFICIENCY OF THE MODERNIZED SYSTEM OF COOLING IN POWER PLANTS

A.V. Razuvaev*, E.A. Sokolova**

** Balakovo Institute of Engineering and Technology Branch NRNU "MIFI"
Russia, Balakovo, vipdomik@mail.ru*

*** Balakovo Institute of Engineering and Technology Branch NRNU "MIFI"
Russia, Balakovo, esuni@bk.ru*

Abstract: developed an algorithm for calculating the economic efficiency of the power plant based on piston machine with the upgraded liquid cooling.

Keywords economic efficiency power plant, piston machine, upgraded liquid cooling system.

Повышение топливной экономичности и улучшение экологических показателей работы энергетических установок на базе поршневых машин в условиях ужесточения требований к их экологической безопасности и роста цен на углеводородное топливо являются актуальными задачами.

Как показывает анализ литературных данных по повышению эксплуатационной экономичности энергетической установки на базе поршневого двигателя, одним из таких мероприятий является обеспечение повышенного температурного режима вне зависимости от ее нагрузки [1,2]

С этой целью была разработана и затем запатентована система жидкостного охлаждения [3], в последствии получившая название модернизированная, обеспечивающая работу поршневой машины при стабильном, не зависящем от нагрузки на двигатель повышенном температурном режиме.

Для расчета экономической эффективности применения модернизированной системы охлаждения на энергетической установке необходимы следующие данные:

- график изменения нагрузки поршневой машины за определенный календарный промежуток времени (сутки, месяц, год и т.д.),
- график изменения удельного расхода топлива в зависимости от нагрузки при работе поршневой машины в штатном режиме (по технической документации),
- график изменения удельного расхода топлива в зависимости от нагрузки при работе поршневой машины с повышенным температурным режимом охлаждающей жидкости (по экспериментальным или экспертным оценкам),
- данные о стоимости топлива, используемого для поршневой машины (газ, дизельное топливо) на текущий момент времени,
- нормы удельных средневзвешенных выбросов NO_x, CO, CH_x,

Расчет экономической эффективности, полученной при снижении удельного расхода топлива при переводе поршневой машины на повышенный температурный

режим охлаждения в зоне рабочих нагрузок и снижения вредных выбросов в атмосферу от несгоревшего топлива:

$$\mathcal{E}_m = C_m B_{\text{эк}} + П_3, \quad (1),$$

где $B_{\text{эк}}$ - суммарная экономия топлива за рассматриваемый период эксплуатации энергетической установки (сутки, месяц, год),

C_m – цены на органическое топливо на текущий период времени,

$П_3$ – снижение платы за вредные выбросы в атмосферу

Суммарную экономия топлива за рассматриваемый период эксплуатации энергетической установки $B_{\text{эк}}$ рассчитывают по формуле:

$$B_{\text{эк}} = \sum_{i=1}^n [P e^i t^i (q_e^i - q_e^{i'})] \quad (2),$$

где $P e^i$ - нагрузка, при которой работает энергетическая установка в данный период времени согласно графика нагрузки, кВт,

t^i – время работы поршневой машины с нагрузкой $P e^i$, час.,

q_e^i – удельный расход топлива при работе поршневой машины в штатном режиме с нагрузкой $P e^i$, г/кВт час.,

$q_e^{i'}$ - удельный расход топлива при работе поршневой машины при повышенном температурном режиме охлаждающей жидкости с той же нагрузкой г/кВт час.,

i – порядковый номер нагрузочного режима $P e$,

n - число нагрузочных режимов, определяемое по графику изменения нагрузки поршневой машины.

В данном случае экономический эффект рассчитывается только от полученного снижения эксплуатационного расхода топлива и снижения при этом вредных выбросов в атмосферу от несгоревшего топлива. Для более детального расчета этого параметра необходимо учитывать затраты на применение теплового аккумулятора и системы автоматического управления данной системой.

Снижение расхода топлива у поршневых машин ведет к снижению количества вредных выбросов в атмосферу с выхлопными газами, а следовательно, к снижению затрат на экологическую составляющую.

Расчет экономической эффективности от снижения вредных выбросов в атмосферу $П_3$, руб/т :

$$П_3 = П_{NOx} + П_{CO} + П_{CHx} \quad (3),$$

где $П_{NOx}$ – снижение затрат на экологическую составляющую в связи с уменьшением выбросов в атмосферу окислов азота, руб/т:

$$П_{NOx} = P_{\text{эк}} e_{NOx}^P K_{\text{э}} C_{NOx} / 10^6 \quad (4),$$

$П_{CO}$ – снижение затрат на экологическую составляющую в связи с уменьшением выбросов в атмосферу окиси углерода, руб/т:

$$П_{CO} = P_{\text{эк}} e_{CO}^P K_{\text{э}} C_{CO} / 10^6 \quad (5),$$

$П_{CHx}$ – снижение затрат на экологическую составляющую в связи с уменьшением выбросов в атмосферу углеводородов, руб/т:

$$П_{CH} = P_{\text{эк}} r_{eCH}^P K_{\text{э}} C_{CH} / 10^6 \quad (6),$$

где $P_{\text{эк}}$ – номинальная мощность энергетической установки, кВт

$e_{NOx}^P, e_{CO}^P, e_{CH}^P$ – норма удельных средневзвешенных выбросов NOx, CO, CHx по ГОСТ Р 51249, г/кВт час.,

$K_Э$ - коэффициент, учитывающий экологические факторы (состояние атмосферного воздуха и почвы) по территориям экономических районов РФ,

C_{NOx}, C_{CO}, C_{CH} – цена за выброс в атмосферу соответственно NOx, CO, CHx в соответствии с постановлением Правительства РФ № 344 от 12.6.2003.

t – время работы энергетической установки на сэкономленном топливе при номинальной нагрузке.

Затраты на приобретение (изготовление) теплового аккумулятора с заправленным ТАМ и его обслуживание $\Sigma Z_{ТАМ}$:

$$\Sigma Z_{ТАМ} = Z_{ТАМ} + Z_{ОП} + Z_{корп.} \quad (7),$$

где $Z_{ТАМ}$ - затраты на ТАМ, руб.,

$Z_{ОП}$ - заработная плата персонала, обслуживающего тепловой аккумулятор, руб..

$Z_{корп.}$ - затраты на приобретение или изготовление корпуса, руб..

Заработная плата рабочих, обслуживающих поршневые машины.

$$Z_{ОП} = T_{оп}^{ТАМ} C_{тар.} \quad (8),$$

где $T_{оп}^{ТАМ}$ - время, затраченное на замену ТАМ,

$C_{тар.}$ - часовая тарифная ставка рабочих пятого разряда по тарифной сетке машиностроительных предприятий;

Согласно [2] стоимость средств, затрачиваемых на ТАМ, рассчитывается по формуле:

$$Z_{ТАМ} = n M_{ТАМ} C_{ТАМ} \quad (9),$$

где n – число замен ТАМ в год,

$M_{ТАМ}$ - масса ТАМ [кг], рассчитанная по [3], кг,

$C_{ТАМ}$ – стоимость одного килограмма ТАМ, руб./кг.

Число замен ТАМ может быть рассчитано по формуле:

$$n = N_{год} / N_{ТАМ} \quad (10),$$

где $N_{год}$ - суммарное число «зарядок-разрядок» теплового аккумулятора рассчитанное по графику нагрузки тепловой машины (за сутки, месяц, год),

$N_{ТАМ}$ – число допустимых циклов до замены ТАМ.

Величина затрат на приобретение (изготовление) теплового аккумулятора $Z_{корп.}$ рассчитывается по формуле:

$$Z_{корп.} = C_{ж} F_{ТАМ} S_{ТАМ} \rho \quad (11),$$

где $C_{ж}$ – цена на металл с учетом изготовления конструкции, руб/кг,

$F_{ТАМ}$ – площадь тепловоспринимающей (телопередающей) поверхности теплового аккумулятора, m^2 ,

$S_{ТАМ}$ – толщина металлического листа, используемого при изготовлении теплового аккумулятора, мм,

ρ - плотность металла, kg/m^3 .

Расчетное значение $F_{ТАМ}$, m^2 :

$$F_{ТАМ} = Q / \eta k \Delta t, \quad (12),$$

где Q - количество теплоты, отводимой в тепловой аккумулятор, Вт,

η - к.п.д. теплового аккумулятора [2].

k - коэффициент теплопередачи, Вт/м²К,

Δt -разность температур между теплопередающей и тепловоспринимающей средами, К.

Затраты на приобретение (изготовление) блока управления $\Sigma Z_{БУ}$, руб:

$$\Sigma Z_{БУ} = Z_P + Z_{TP} + Z_B \quad (13),$$

где Z_P , Z_{TP} и Z_B – затраты соответственно на приобретение (изготовление) регулятора температуры, трехходового вентиля, и вспомогательных материалов (датчики, трубы, провода и др).

Экономическая эффективность $\mathcal{E}_{эф}$ при переводе поршневой машины на работу при повышенном температурном режиме будет определяться разностью между экономией средств на топливо \mathcal{E}_t , затратами на изготовление, монтаж и обслуживание теплового аккумулятора $\Sigma Z_{ТАМ}$ и затратами на приобретение (изготовление) блока управления $\Sigma Z_{БУ}$, руб.:

$$\mathcal{E}_{эф} = \mathcal{E}_t - \Sigma Z_{ТАМ} - \Sigma Z_{БУ} \quad (14).$$

Таким образом, представленный алгоритм расчета экономической эффективности работы энергетической установки на базе поршневой машины с модернизированной системой жидкостного охлаждения позволяет уже на стадии проектирования сделать выводы об экономической целесообразности планируемой модернизации.

В частности данный алгоритм был использован при определении экономической эффективности работы энергетической установки, выполненной на базе дизеля-генератора ДГ-70 с тепловым аккумулятором и используемой в качестве локального источника энергии в сельском поселении численностью 1000 человек.

Как показали расчеты, за период эксплуатации с октября по март при затратах на тепловой аккумулятор с заправленным ТАМ и на его обслуживание 66,9 тыс. руб., и оценочной стоимости блока управления 20 тыс. руб. экономическая эффективность данной энергетической установки составит 47 тыс. руб., что позволяет сделать вывод о целесообразности применения модернизированной системы жидкостного охлаждения на дизеле-генераторе ДГ-70 при данном графике изменения нагрузки.

Библиографический список:

1. Разуваев А.В., Разуваева Е.А., Соколова Е.А. Повышение эффективности энергетических установок // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2010. № 3. С 150-159.
2. Разуваев А.В., Соколова Е.А. Экспериментальное исследование системы охлаждения дизеля 6ЧН 21/21 // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2013. № 1 (69). С. 222-229.
3. Патент РФ № 2493385 Разуваев А.В., Терехин А.Н., Соколова Е.А. Система жидкостного охлаждения тепловой машины.
4. Разуваев А.В., Соколова Е.А. Определение емкости теплового аккумулятора модернизированной системы охлаждения поршневой машины // Энергобезопасность и энергосбережение. 2004. №4. С16-19.