

УДК 697.341

https://doi.org/10.33619/2414-2948/62/34

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ НА ПРОИЗВОДСТВО ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ, СВЯЗАННЫЕ С ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ И ТИПОМ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

©Хужаев П. С., SPIN-код: 2016-9799, канд. техн. наук, Таджикский технический университет им. М. С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан, parviz0774@inbox.ru

©Саидходжаев Х. Д., Таджикский технический университет им. М. С. Осими, г. Душанбе, Таджикистан, parviz0774@inbox.ru

©Саидгуфронев Н. П., Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

OPERATING EXPENSES FOR HEAT ENERGY PRODUCTION CONNECTED WITH PERFORMANCE, TYPE OF SOURCES OF HEAT SUPPLY

©Khujaev P., SPIN-code: 2016-9799, Ph.D., Tajik Technical University named after M. S. Osimi, Dushanbe, Tajikistan, parviz0774@inbox.ru

©Saidkhojaev Kh., Tajik Technical University named after M. S. Osimi, Dushanbe, Tajikistan, parviz0774@inbox.ru

©Saidgufonov N., Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

Аннотация. В статье рассматривается вопрос расчета эксплуатационных затрат при выработке тепла в котельных. Приводятся аппроксимационные кривые, увеличивающие диапазон применения метода.

Abstract. The calculation of operating costs during heat generation in boilers is considered in this article. Presented approximation curves that increase the range of applications of the method.

Ключевые слова: затраты, эксплуатация, тепловая энергия, выработка тепла, себестоимость энергии.

Keywords: costs, operation, heat energy, heat production, energy cost.

Множество существующих энергетических установок по выработке тепловой энергии для нужд отопления, вентиляции и горячего водоснабжения различных объектов республики Таджикистан обеспечиваются газообразным и жидким топливом с перебоями, наличие местного угля и его использование для выработки тепла может повысить надежность работы систем теплоснабжения. В связи с этим возникает необходимость проектирования и строительства котельных, работающих на твердом топливе. Поэтому, вопросы, посвященные проектированию котельных, в особенности котельных малой и средней мощности, а также котельных с новыми конструкциями тепло генераторов, работающих на твердом топливе, являются актуальными и своевременными.

Для выбора наиболее эффективного варианта технического решения необходимо выполнить расчет эксплуатационных и приведенных затрат. Наиболее простой метод расчета себестоимости вырабатываемой единицы тепловой энергии изложенное в работах [1-3] и основаны на использовании величин удельных затрат для котельных с тепловой мощностью менее 1 Ккал/ч практически отсутствуют, что ограничивает область применения этого метода.

При планировании на годовой срок ожидаемый отпуск теплоты определяют путем построения годового графика отпуска теплоты, а количество необходимой к выработке теплоты в Гкал/год и запас топлива вычисляют по формуле:

$$Q_{\text{выр}}^{\text{год}} = \left(1 + \frac{K_{\text{сн}}}{100}\right) Q_{\text{отп}}^{\text{год}} \quad (1)$$

где $K_{\text{сн}}$ - процент расхода топлива на собственные нужды ($K_{\text{сн}} = 5\%$)

Полезный отпуск теплоты в Гкал/год можно определить по укрупненным показателям в виде суммы расходов теплоты на отопление $Q_{\text{от}}$, вентиляцию $Q_{\text{в}}$, горячее водоснабжение $Q_{\text{г.в.}}$.

$$Q_{\text{отп}}^{\text{год}} = Q_{\text{от}} + Q_{\text{в}} + Q_{\text{г.в.}} \quad (2)$$

Выработка теплоты $Q_{\text{выр}}^{\text{год}}$ складывается из полезно отпущенного расхода $Q_{\text{отп}}^{\text{год}}$ и расхода на собственные нужды котельной $Q_{\text{с.н.}}^{\text{год}}$.

$$Q_{\text{выр}}^{\text{год}} = Q_{\text{отп}}^{\text{год}} + Q_{\text{с.н.}}^{\text{год}} \quad (3)$$

Годовой расход топлива в котельной, $V_{\text{год}}$, кг/ч

$$V_{\text{год}} = V^{\text{р}} \tau_{\text{уст}} n \left(1 + \frac{\sum b}{100}\right) \quad (4)$$

Часовой расход топлива в котельной $V^{\text{р}}$, в кг/ч

$$V^{\text{р}} = \frac{Q_{\text{к}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} \eta_{\text{ка}}^{\text{бр}}}$$

где $V^{\text{р}}$ — часовой расход топлива на котельный агрегат, кг/ч; $Q_{\text{к}}$ — установленная мощность котельной (произведение мощности одного котла) на число однотипных котлов, установленных в котельной, Гкал/ч; $\tau_{\text{уст}}$ — число часов использования установленной мощности, ч; n — число однотипных котлов на котельной; $\sum b$ — сумма потерь топлива на территории котельной (на складе для твердого топлива потери составляют 0,5%), потери вследствие нерасчетных режимов работы котельного агрегата составляют 2-3%, на растопки 2-3%; $\eta_{\text{ка}}^{\text{бр}}$ — коэффициент полезного действия котла (брутто); $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ — теплота сгорания топлива, ккал/кг.

Потребность в электроэнергии определяют, как сумма [3]

$$W_{\text{э}} = W_{\text{дв}} + W_{\text{осв}} \text{ кВт ч/год} \quad (5)$$

$$W_{\text{дв}} = (\sum N_{\text{уст}}) \tau_{\text{уст}} \eta_{\text{спроса}}$$

$\sum N_{\text{уст}}$ — суммарная установочная в котельной мощность электродвигателей, кВт; $\eta_{\text{спроса}}$ — КПД спроса (для питательных насосов 0,8, для остальных двигателей 0,7)

$$W_{\text{осв}} = 6000 N_{\text{уст}}^{\text{свет}}$$

где $N_{\text{уст}}^{\text{свет}}$ — мощность всех установленных светильников: 6000-число часов работы в году.

Годовые эксплуатационные затраты, в тыс. сомон/год, в котельной складываются из следующих частей [2].

$$C_{\text{год}} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 \quad (6)$$

где C_1 — затраты на амортизацию оборудования и сооружений включая расходы на реновацию и капитальный ремонт, тыс.сомони/год; C_2 — затраты на текущий ремонт оборудования, тыс. сомони/год; C_3 — затраты на заработную плату персонала, тыс. сомони/год; C_4 — затраты на топливо, тыс. сомони/год; C_5 — затраты на электроэнергию, получаемую из электросетей, тыс.сомони/год; C_6 — затраты на воду, израсходованную в котельной, тыс. сомони/год; C_7 — прочие расходы, тыс. сомони/год.

Капиталовложения K , в тыс. сомони, определяется по формуле

$$K = k_{\text{уд}} Q_{\text{к}} \quad (7)$$

где $k_{\text{уд}}$ — удельные капитальные затраты тыс. сомони/Гкал/ч; $Q_{\text{к}}$ — установленная мощность котельной (произведение мощности одного котла на число котлов, установленных в котельной), Гкал/ч.

Приближение значения удельных капитальных затрат для любой установленной мощности $Q_{\text{к}} > 0$ приложена приближенная формула на основе приведенных данных в [1, 2] по значению удельных капитальных затрат от установленной мощности. Зависимость удельных капитальных затрат от установленной мощности в диапазоне изменений $Q_{\text{к}}=4-200$ Гкал/ч хорошо согласуется со следующей зависимостью

$$k_{\text{уд}} = 111 \sqrt[4]{e^{0.01/Q_{\text{к}}} - 1} \quad (8)$$

Максимальное отклонение кривой (8) от приведенных в [1, 2] значений удельных капитальных затрат наблюдается при значениях $Q_{\text{к}} > 150$ Гкал/ч и составляет не более 20%, а в диапазоне изменения $Q_{\text{к}}$ от 4 до 100 Гкал/ч практически совпадают.

Степень экспоненты $0.01/Q_{\text{к}}$ (величина безразмерная) в зависимости (8) свидетельствует о существовании связи между удельными капитальными затратами установленной тепловой мощностью котельной $Q_{\text{к}}$ и мощности 0.01 Гкал/ч (или 10^4 ккал/ч). Действительно при тепловой мощности менее 10^4 необходимость в проектировании и строительстве котельной отпадает. Кроме этого значение $k_{\text{уд}}$ определенное по сметным ведомостям для тепловой мощности менее 4 Гкал/ч.

Затраты на амортизацию, в тыс. сомон, определяются как сумма затрат на амортизацию зданий и сооружений и на амортизацию оборудования.

$$C_1 = K_{\text{зд}} \alpha + K_{\text{об}} \delta \quad (9)$$

где зд — доля капитальных затрат на здания и сооружения, ($\text{зд} = 0.35 \div 0.6$); об — доля капитальных затрат на оборудование и его монтаж, ($\text{об} = 0.65 \div 0.4$); α — процент амортизационных отчислений (норма амортизации) на здания и сооружения. Для здания котельных норма амортизации принята $\alpha = 3.1 \div 3.5\%$ затрат на их строительство и складывается из отчислений на реновацию ($1.5 \div 1.8\%$) и отчислений на капитальный ремонт ($1.6 \div 1.7\%$); δ — процент амортизационных отчислений на оборудование и его монтаж, зависит от числа работы оборудования в году и от агрессивности топлива (содержания в нем серы); при числе часов работы котельной в году меньше 4000 можно принять 6.73%.

Годовые затраты на текущий ремонт оборудования C_2 в тыс. сомони/год, составляют 20% затрат на амортизацию здания, сооружений и оборудования котельной

$$C_2 = 0.2 C_1 \quad (10)$$

Топливная составляющая себестоимости [3], приведенная к 1 тонне твердого топлива, может быть определена по формуле:

$$C_4 = (\Pi_{\text{пр}} + \Pi_{\text{тр}}) V^p \tau_{\text{уст}} \left(1 + \frac{\sum b}{100} \right) \left(1 - \frac{\alpha_n}{100} \right) 10^{-6} \quad (11)$$

где $\Pi_{\text{пр}}$ — преysкурантная отпускная цена на месте добычи, сомони/т; $\Pi_{\text{тр}}$ — затраты на перевозку, сомони/т; α_n — процент потерь твердого топлива в пути до станции назначения в пределах норм естественной убыли.

Стоимость перевозок $\Pi_{\text{тр}}$ в пределах от 50 до 3000 км можно определить по эмпирической формуле [3].

$$\Pi_{\text{тр}} = \frac{7655}{Q_{\text{н}}^p} (0.3 + 0.0024N)$$

где N — дальность перевозки, км.

Потребление воды в котельной складывается из следующих статей расхода; покрытие потерь в цикле; расход на горячее водоснабжение; потери в теплотрассах; охлаждение подшипников вращающихся механизмов; душ, мытье полов и оборудования; расход на фильтры системы химводоочистки (на взрыхление, на обмывку) хозяйственно-питьевые нужды (обычно 2-3, м³/ч).

Затраты на технологическую воду C_6 , тыс. сомони/год, определяют по формуле:

$$C_6 = \Pi_{\text{в}} \frac{0.7 Q_{\text{отп}}}{c(t_1 - t_2)} \tau_{\text{уст}} \left(1 + \frac{C}{100} \right) \quad (12)$$

где $\Pi_{\text{в}}$ — цена на воду (принимают по ценникам местности); c — теплоемкость воды, ккал/кг.град; t_1 — температура воды поступающая в теплосеть, град; t_2 — температура обратной воды, град; C — процент непроизводительных потерь и утечек, %.

При известной суммарной пар производительности $\sum D$, т/ч формула для определения затрат на технологическую воду приобретает следующий вид:

$$C_6 = \Pi_{\text{в}} (\sum D) (1 - Q_{\text{возв}}) \tau_{\text{уст}} \left(1 + \frac{C}{100} \right)$$

где $Q_{\text{возв}}$ — доля воздействия конденсата.

Затраты на электроэнергию C_5 , в тыс. сомони/год, определяются как произведение годового расхода электроэнергии на стоимость кВт.ч

$$C_5 = \mathcal{E}_{\text{год}} \Pi_{\text{эл}} 10^{-3} \quad (13)$$

$\Pi_{\text{эл}}$ — стоимость 1 кВт.ч электроэнергии в котельных, принимаемое 0.12 сомони.

Расход электроэнергии рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = \mathcal{E}_{\text{уд}} Q_{\text{к}} K_{\text{эл}} \tau_{\text{уст}} \quad (14)$$

где $K_{\text{эл}}$ — коэффициент использования электрической мощности, $K_{\text{эл}} = (0.6 \div 0.8)$, $\mathcal{E}_{\text{уд}}$ — удельная установочная мощность, кВт/Гкал/ч.

Используя функцию $(e^{0.01/Q_k} - 1)$ установим зависимость удельных затрат на установленную мощность электрического оборудования от установленной тепловой мощности котельной.

Для определения значения удельной установочной мощности $\Delta_{уд}$ предлагается эмпирическая зависимость установленной:

$$\Delta_{уд} = 231 (e^{0.01/Q_k} - 1)^{0.33} \quad (15)$$

Затраты на заработную плату персонала C_3 , в тыс. сомони /год

$$C_3 = n_{штат} Q_k (1.4 \div 1.6) \quad (16)$$

$n_{штат}$ — штатный коэффициент.

Для определения значения $n_{штат}$ в зависимости от установленной мощности также используя функцию $(e^{0.01/Q_k} - 1)$ получим зависимость:

$$n_{штат} = 102.47 (e^{0.01/Q_k} - 1)^{0.55} \quad (17)$$

Зависимости (15) и (17) практически совпадают со значениями $\Delta_{уд}$ и приведенными в работах [1, 2].

Из предложенных эмпирических зависимостей (7), (14) и (16) вытекает, что удельные затраты могут быть отражены функцией $m (e^{0.01/Q_k} - 1)^n$, причем коэффициенты m и n зависят от статьи затрат.

Прочие расходы C_7 , в тыс. сомони/год, составляют от 3-5% остальных годовых эксплуатационных затрат

$$C_7 = (0.03 \div 0.05) (C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6) \quad (18)$$

Себестоимость выработанной тепловой энергии, в сомони /Гкал, в котельной определяется, как отношение годовых эксплуатационных затрат (в тыс. сомони) и к годовой выработке тепловой энергии (в тыс. Гкал/год)

$$C_{выр} = \frac{C_{год}}{Q_{выр}^{год} \cdot 10^{-3}} \text{ сомони /Гкал} \quad (19)$$

Себестоимость отпущенной тепловой энергии, в сомони /Гкал

$$C_{отп} = \frac{C_{год}}{Q_{отп}^{год} \cdot 10^{-3}} \quad (20)$$

Для экономического сравнения. Приведенные затраты в тыс. сомони /год , для каждого варианта сравнения определяются

$$П_{год} = C_{год} + E_{нор} K \quad (21)$$

где $E = 0.125$ нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности капиталовложений.

Таким образом последней зависимости определяют затраты на 1 год эксплуатации котельной и выбирается оптимальный вариант.

Вывод

Диапазон применения метода расчета эксплуатационных и приведенных затрат по удельным показателям возможно расширить используя эмпирические зависимости, полученные на основании данных, приведенных в технической литературе для котельных с выработкой тепла более 4 Гкал/ч.

Список литературы:

1. Роддатис К. Ф. Котельные установки. М.: Энергия, 1987. 532 с.
2. Гусев Ю. Л. Основы проектирования котельных установок. М.: Стройиздат, 1973. 248 с.
3. Делягин Г. Н., Лебедев В. И., Пермяков Б. А. Теплогенерирующие установки. М.: Стройиздат, 1986. 560 с.

References:

1. Roddatis, K. F. (1987). Kotel'nye ustanovki. Moscow. (in Russian).
2. Gusev Yu. L. (1973). Osnovy proektirovaniya kotel'nykh ustanovok. Moscow. (in Russian).
3. Delyagin, G. N., Lebedev, V. I., & Permyakov, B. A. (1986). Teplogeneriruyushchie ustanovki. Moscow. (in Russian).

*Работа поступила
в редакцию 07.12.2020 г.*

*Принята к публикации
12.12.2020 г.*

Ссылка для цитирования:

Хужаев П. С., Саидходжаев Х. Д., Саидгуфонов Н. П. Эксплуатационные расходы на производство тепловой энергии, связанные с производительностью и типом источников теплоснабжения // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. №1. С. 316-321. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/62/34>

Cite as (APA):

Khujaev, P., Saidkhojaev, Kh., & Saidgufronov, N. (2021). Operating Expenses for Heat Energy Production Connected With Performance, Type of Sources of Heat Supply. *Bulletin of Science and Practice*, 7(1), 316-321. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/62/34>