



THE USE OF PHYSICAL METHODS FOR ASSESSING AND CALCULATING THE TOTAL EFFICIENCY OF FUEL USE, EVALUATION OF COST ALLOCATION AND DETERMINE THE COST OF THE PRODUCTION OF HEAT AND ELECTRICITY BY COGENERATION.

Vitaly POSTOLATY, Vladimir BABICHI

Institute of Power Engineering of the Academy of Sciences of Moldova
Chisinau, Republic of Moldova

Abstract: *Based on one of the many methods of (a physical method of separation costs) in the production of heat and electricity at thermal power generators, proposed enlarged methodology for calculating the efficiency of fuel use, evaluation and cost allocation, as well as determining the cost of production in the production of heat and electricity co-generation method. The calculation of its practical use in the evaluation of Chisinau thermal power station-1. The results of the calculations are compared with the rates approved by the National Agency for Energy Regulation.*

Keywords: *cogeneration, thermal energy, electric energy, methods of cost allocation.*

UTILIZAREA METODELOR FIZICE DE EVALUARE ȘI DE CALCUL A RANDAMENTULUI TOTAL AL UTILIZĂRII COMBUSTIBILULUI PENTRU EVALUAREA ALOCĂRII COSTURILOR ȘI DETERMINAREA COSTULUI PRODUCERII DE ENERGIE TERMICĂ ȘI ENERGIE ELECTRICĂ PRIN COGENERARE.

Vitali POSTOLATI, Vladimir BABICI

Institutul de Energetică al Academiei de Științe a Moldovei
Chișinău, Republica Moldova

Rezumat. *Bazat pe una dintre numeroasele metode de (metoda fizică a costurilor de separare), în producția de energie electrică și termică, la generatoarele de energie termică, metodologia propusă la scară mărită pentru calculul eficienței utilizării combustibilului, evaluarea și alocarea costurilor, precum și determinarea costului de producție în producția metodei de co-generare de căldură și energie electrică. Calculul utilizării sale practice în evaluarea stației-1 Chișinău termice. Rezultatele calculelor sunt comparate cu ratele aprobate de către Agenția Națională pentru Reglementare în Energetică.*

Cuvinte-cheie: *cogenerare, energie termică, energie electrică, metode de alocare a costurilor.*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ И РАСЧЕТА СУММАРНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВА, ОЦЕНКИ РАЗНЕСЕНИЯ ЗАТРАТ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ МЕТОДОМ КОГЕНЕРАЦИИ.

Постолатий В.М., Бабич В.М.

Институт энергетики Академии наук Республики Молдова,
г. Кишинэу, Республика Молдова

Реферат: *На основе одного из многочисленных методов (физического метода разнесения затрат) при производстве тепловой и электрической энергии на тепловых электроцентралях, предложена укрупненная методика для расчета коэффициента полезного использования топлива, оценки и разнесения затрат, а также определения себестоимости продукции при производстве тепловой и электрической энергии методом когенерации. Проведен расчет ее практического использования при оценке деятельности Кишиневской ТЭЦ-1. Итоги расчетов сопоставлены с действующими тарифами, утвержденными Национальным агентством по регулированию в энергетике.*

Ключевые слова: *когенерация, тепловая энергия, электрическая энергия, методы разнесения затрат.*

ВВЕДЕНИЕ.

Вопрос разделения затрат энергоснабжающей организации между электрической и тепловой энергией, в условиях становления рынков электрической и тепловой энергии, приобретает существенное значение. Существующие способы разделения затрат не позволяют объективно оценить реальную ситуацию на рынке и реальные возможности электростанций [4]. В условиях города Кишинэу подобное происходит при оценке эффективности ТЭЦ-1, которая с подачи международных экспертов, поддержанных специалистами АО «Термоэлектрика» и Министерства экономики Республики Молдова с 2016 года предполагается к закрытию и возможному выводу из технологического цикла производства электрической и тепловой энергии. Однако, утверждения международных экспертов и руководства АО «Термоэлектрики» о неэффективной работе станции не имеют оснований, если проанализировать результаты деятельности станции за 2015 и 2016 гг. По сведениям, представленным АО «Термоэлектрика», эффективность производства энергии на ТЭЦ-1 составляет 84,2% и 85,61 % за соответствующие годы. Используя физический метод разнесения затрат при когенерации, проведем небольшие расчеты (в виде методики) по результатам работы ТЭЦ-1 за 2013 год, поскольку за этот год имеется полнота всех сведений о работе станции [3].

Настоящая статья предусматривает укрупненный метод отнесения затрат топлива на вырабатываемую суммарную энергию на ТЭЦ, исчисляемую в единых единицах измерения (Гкал), т.е. путем приведения произведенной электрической энергии, с учетом ее теплового эквивалента к тепловой энергии, уже реализованной потребителям (в дальнейшем произведенной), согласно соответствующего эквивалента.

Общестанционные затраты (без учета стоимости топлива) на ремонты, материалы, воду, оплату труда, износ основных фондов и прочие относятся ко всей выработанной энергии.

После получения показателей расхода топлива на всю выработанную энергию (приведенную к одним единицам измерения) определяются суммарный (общий) к.п.д. ТЭЦ, а с учетом общестанционных затрат – суммарные затраты и себестоимость произведенной энергии.

Зная общие затраты топлива, а также общестанционные (без учета стоимости топлива) затраты на всю произведенную энергию и беря отношение их к величине произведенной энергии, определяем удельные расходы топлива на единицу приведенной энергии. И далее, если принять в расчет величину стоимости всего топлива и ее удельное значение, отнесенное к единице произведенной энергии, можем определить суммарную себестоимость единицы произведенной энергии.

Затем, располагая ранее полученными величинами тепловой и электрической энергии в приведенных единицах измерения, разносим, в соответствии с долевым отношением указанных видов энергии

затраты топлива и общестанционные затраты на эти виды энергии. Далее, с учетом тепловых (или электрических) эквивалентов находим удельные показатели – расхода топлива на именованные единицы произведенной на ТЭЦ электрической энергии (г.у.т./кВт.ч.), и тепловой энергии (кг.у.т./Гкал), а также удельную себестоимость выработанной продукции – в лей/Гкал и в лей/кВт.ч.

Таким образом, данный метод, при заданных условиях, позволяет решить три основные задачи:

1. Определение суммарного коэффициента полезного использования топлива на ТЭЦ;
2. Разнесение затрат топлива и общестанционных затрат на производство электрической и тепловой энергии, каждой в отдельности;
3. Определение себестоимости производства электрической и тепловой энергии на ТЭЦ, каждой в отдельности, как основы для определения и оценки отпускных тарифов на данные виды энергии.

Основные обозначения и понятия, используемые при выполнении расчетов.

При разработке метода укрупненной оценки разнесения затрат и определения себестоимости при производстве тепловой и электрической энергии на тепловых электростанциях (ТЭЦ) использованы термины и обозначения частично позаимствованные из ниже перечисленной литературы. Основными из которых, являются:

- величина произведенной электрической энергии (*Эээ*), млн.кВт.ч., (тыс.МВт.ч.)
- величина произведенной тепловой энергии (*Этэ*), (тыс.Гкал),
- величина произведенной электрической энергии в МВт.ч., приведенная к тепловым единицам измерения (*Эээт*), полученная путем перевода к тепловому эквиваленту с помощью коэффициента, равного 1 МВт.ч.=0,8598 Гкал, таким образом:

$$\text{Эээт} = \text{Эээ} (\text{тыс.МВт.ч.}) \times 0,8598 (\text{Гкал/МВт.ч.}) [\text{тыс.Гкал}] \quad (1)$$

- величина произведенной тепловой энергии, приведенная к электрическим величинам измерения (*Этээ*) путем умножения на коэффициент перевода 1 Гкал=1,163 МВт.ч., таким образом:

$$\text{Этээ} = \text{Этэ} (\text{тыс.Гкал}) \times 1,163 \text{МВт.ч./Гкал} [\text{тыс. МВт.ч.}] \quad (2)$$

- суммарная величина произведенной на ТЭЦ энергии (*Эст*, *Эсэ*), выраженная в разных единицах измерения или «приведенная энергия» Гкал или МВт.ч.

$$\text{Эст} = \text{Эээт} + \text{Этээ} [\text{Гкал}] \quad (3)$$

$$\text{Эсэ} = \text{Эээ} + \text{Этээ} [\text{МВт.ч.}] \quad (4)$$

- расход топлива (*A*), измеренный в физических единицах (*тыс. куб.м.*) или условных единицах

(A_y) ($г.у.т.$, $кг.у.т.$), затраченный на выработку приведенной энергии;

- суммарная теплота сгорания топлива (Q_m), выраженная в [$Гкал$], затраченного на выработку всей приведенной энергии.

В качестве первой задачи, определяется суммарный коэффициент полезного использования топлива K_c , представляющий собой отношение выработанной суммарной приведенной энергии, измеренной в тепловых единицах $Эст$ [$Гкал$], к суммарной теплоте сгорания топлива Q_m [$Гкал$], затраченного на выработку всей приведенной энергии, т.е.:

$$K_c = Эст / Q_m \quad (5)$$

(%, или относительные единицы)

Далее решается *вторая задача* – разнесение затрат топлива на производство на ТЭЦ электрической и тепловой энергии, каждой в отдельности. Для этого физически использованное топливо (A) переводится в условное топливо (A_y) с теплотворной способностью $K_y = 7000$ $ккал/куб.м.$ и определяются:

$$A_y = A * K_y \quad [куб.м.] \quad (6)$$

- коэффициент перевода теплотворной способности использованного натурального топлива в условное, и рассчитывается как:

$$K_y = Q \quad (ккал/куб.м.) / 7000 \quad (ккал/куб.м.) \quad [без размерности] \quad (7)$$

- долевое отношение произведенных видов энергии, приведенных к их общей сумме, выраженное в относительных величинах или в %-ах, ($Дээ$ – электрической энергии и $Дтэ$ – тепловой энергии), соответственно:

$$Дтэ = Этэ / Эст \quad (8)$$

(%, или относительные единицы)

$$Дээ = Эээ / Эсэ \quad (9)$$

(%, или относительные единицы)

- удельный расход условного топлива, измеренный в тепловых и электрических единицах ($T_{ут}$, $T_{уэ}$) на выработку единицы приведенной суммарной энергии, измеренной в соответствующих единицах:

$$T_{ут} = A_y / Эст \quad [кг.у.т./Гкал] \quad (10)$$

$$T_{уэ} = A_y / Эсэ \quad [г.у.т./МВт.ч.] \quad (11)$$

- расход топлива на производство электрической и тепловой энергии в отдельности, при этом расход топлива измеряется в единицах условного топлива ($кг.у.т.$, $г.у.т.$), определяется согласно выражениям:
- в случае измерения тепловой энергии в тепловых единицах:

$$Аэст = T_{ут} * Ээст \quad [т.у.т.] \quad (12)$$

$$Атэ = T_{ут} * Этэ \quad [т.у.т.] \quad (13)$$

Полученные долевые разнесения топлива на отдельные виды приведенной энергии позволяют оценить фактически затраченное топливо на производство электрической и тепловой энергии на ТЭЦ, каждой в отдельности, соответственно ($Aэ$) и ($Aт$), и являются решением поставленной второй задачи.

Определение затрат топлива в физических единицах измерения осуществляется путем перехода от условного топлива к натуральному, с учетом теплотворной способности топлива.

Для решения *третьей задачи* необходимы следующие сведения о фактической работе ТЭЦ за соответствующий период:

стоимость топлива (C_t), затраченного на производство всей энергии на ТЭЦ, как когенерационной станции, [$тыс. лей$];

стоимость всех общестанционных (кроме топливных) затрат (C_o), [$тыс. лей$];

суммарная стоимость затрат на производство на ТЭЦ всей приведенной энергии:

$$C_c = C_t + C_o. \quad [тыс. лей] \quad (14)$$

- удельная стоимость произведенной на ТЭЦ энергии, приведенной к тепловым единицам:

$$C_{сум} = C_c / Эст \quad [тыс. лей] \quad (15)$$

- стоимость выработанной на ТЭЦ электрической энергии, приведенной к электрическим единицам (в лей):

$$C_{сээ} = C_{с.у.} * Дээт * Эс \quad [тыс. лей] \quad (16)$$

где, $Дээт$ – доля электроэнергии, приведенной энергии в общей ($Эст$) приведенной энергии

- стоимость выработанной на ТЭЦ приведенной тепловой энергии (лей):

$$C_{стэ} = C_{с.у.} * Дтэ * Эс. \quad [тыс. лей] \quad (17)$$

- удельная стоимость выработанной на ТЭЦ электрической энергии, измеряемой в электрических единицах:

$$C_{уээ} = C_{сээ} / Эээ \quad [лей / кВт.ч.] \quad (18)$$

- удельная стоимость в лей выработанной на ТЭЦ тепловой энергии измеряемой в тепловых единицах:

$$C_{утэ} = C_{стэ} / Этэ \quad [лей / Гкал.] \quad (19)$$

Выражения (18) и (19) являются решением третьей задачи, а именно, они определяют удельную себестоимость выработанной на ТЭЦ единицы электрической и тепловой энергии, каждой раздельно.

При конкретных исходных данных методика позволяет рассчитать объективные, укрупненные показатели себестоимости производимой на ТЭЦ электрической и тепловой энергии, которые могут служить объективной базой для оценки, проверки и установления отпускных тарифов на энергию, вырабатываемую на ТЭЦ за любой заданный период.

ВЫВОДЫ.

1. При отпускном тарифе на произведенную электрическую энергию, утвержденном Национальным агентством по регулированию в энергетике (НАРЭ) для ТЭЦ-1 и равном 1,6614 лей за 1 кВт.ч, физический метод разнесения затрат определяет тариф равный 0,8766 лей за 1 кВт.ч.

2. При отпускном тарифе на реализуемую тепловую энергию, утвержденном НАРЭ для ТЭЦ-1 и равном 718,55 лей/Гкал, физический метод разнесения затрат определяет тариф равный 1019,54 лей/Гкал.

3. Таким образом, полученные расчетным методом величины себестоимости реализуемой ТЭЦ

электрической и тепловой энергии при утверждении тарифов, должны корректироваться и соответствовать условиям местного конкурентного рынка тепловой энергии.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Закон о тепловой энергии и продвижении когенерации. №92. от 29.05.2014.

Опубликован: 11.07.2014 в Monitorul Oficial Nr.178-184 статья №: 415

2. В.М.Постолатий. Методика оценки эффективности когенерации электрической и тепловой энергии. Проблемы региональной энергетики. №3(29)2015., стр.40-45.

3. Научно-технический отчет «Анализ системы централизованного теплоснабжения города Кишинэу и определение ее максимальной эффективности при минимальных затратах на производство тепла и электроэнергии на АО «ТЭЦ-1». Институт энергетики АНМ, Лаборатория управляемых электропередач. Кишинэу 2014., стр. 1- 66.

4. Н.А.Славина, Э.М.Косматов, Е.Е. Барыкин. О методах распределения затрат на ТЭЦ. (<http://leg.co.ua/arhiv/generaciya/otmetodah-raspredeleniya-zatrat-na-tec.html>)

Приложение 1.

Пример укрупненной оценки суммарного к.п.д.; разнесения затрат на производство тепловой и электрической энергии и определения их себестоимости, из опыта работы Кишиневской ТЭЦ-1 за 2013 год [3].

| Исходные данные для проведения расчетов | | | 2013 |
|---|---|------------|----------------|
| 1. | Произведено электрической энергии за 2013 год | млн.кВт.ч | 59,479 |
| 2. | Произведено тепловой энергии за 2013 год | тыс.Гкал | 170,949 |
| 3. | Коэффициент перевода 1 Гкал/час = 1,163 Мвт | | 1,163 |
| 4. | Коэффициент перевода 1 МВт = 0,8598 Гкал/час | | 0,8598 |
| 5. | Расход топлива (природный газ), используемый для производства энергии | млн.куб.м. | 33,111 |
| 6. | Теплотворная способность используемого топлива | ккал/куб.м | 8078 |
| 7. | Теплотворная способность условного топлива | ккал/куб.м | 7000 |
| 8. | Тепловой эквивалент топлива (Коэфф. перевода натур. Т. в условн.) | п.6 / п. 7 | 1,1540 |
| 9. | Стоимость 1000 куб.м природного газа | лей | 4538 |
| 10. | Стоимость общих затрат на производство и отпуск энергии | тыс.лей | 226428 |
| 11. | Стоимость прочих (не топливных) затрат | тыс.лей | 53003,0 |
| 12. | Стоимость реализуемой электрич. энергии (утвержденный НАРЭ в 2011 г) | бан/кВт.ч. | 166,140 |
| 13. | Стоимость реализуемой тепловой энергии (утвержденный НАРЭ в 2011 г) | лей/Гкал | 718,6 |

| | | | | | |
|-------|---|--------------|------|----------------------------|-----------|
| a | <i>Годовое производство электрической энергии</i> | тыс.МВт.ч | Эээ | 59,479 | |
| б | <i>Годовой отпуск тепловой энергии</i> | тыс.Гкал | Этэ | 170,949 | |
| 1 | <i>Электрическая энергия, приведенная к тепловым единицам</i> | тыс.Гкал | Эээт | 51,140 | |
| 2 | <i>Тепловая энергия, приведенная к электрическим единицам</i> | тыс.МВт.ч. | Этээ | 198,814 | |
| 4 | <i>Суммарная произведенная энергия в электрических единицах</i> | тыс.МВт.ч. | Эсэ | 258,293 | 2+a |
| 3 | <i>Суммарная произведенная энергии в тепловых единицах</i> | тыс.Гкал | Эст | 222,089 | 1+б |
| т | <i>Суммарная теплота сгорания натурального топлива</i> | тыс.Гкал | Qт | 267,471 | 8*9 |
| 5 | <i>Суммарный КПД использования топлива</i> | % | Кпд | 83% | 3/т |
| 6 | Количество условного топлива используемого для производства энергии | т.у.т. | Ау | 38 210 | 5*8 |
| 8 | <i>Долевое отношение топлива на выработку тепловой энергии</i> | % | Дээт | 76,97% | б/3 |
| 9 | <i>Долевое отношение топлива на выработку электроэнергии</i> | % | Дэээ | 23,03% | а/4 |
| 10 | Удельный расход у.т. на выработку единицы суммарной энергии в теплов. един. | кг.у.т./Гкал | Тут | 172,05 | 6/3 |
| 11 | Удельный расход у.т. на выработку ед.эн. выражен в электрических ед. | г.у.т./кВт.ч | Туэ | 147,93 | 6/4 |
| 12 | расход условного топлива на производство эл.эн. в тепловых единицах | т.у.т. | Аээт | 8 799 | 6*1 |
| 13 | расход условного топлива на пр-во тепловой энергии в тепловых ед | т.у.т. | Атэ | 29 412 | 6*б |
| 9*5 | Ст | тыс.лей | Ст | 173 425,0 | |
| 14 | Суммарная стоимость затрат на производство всей энергии | тыс.лей | Сс | 226 428,0 | 16 |
| 14-Ст | спр | тыс.лей | Со | 53 003,0 | |
| 15 | Удельная стоимость всей энергии приведенной к теплов ед. к общим затратам | лей/Гкал | Судс | 1 019,5 | 16/3 |
| 16 | Стоимость выработанной электроэнергии приведенной к тепловым единицам | тыс.лей | Ссэ | 52 141,3 | 17*10*3 |
| 17 | Стоимость выработанной тепловой энергии приведенной к тепловым единицам | тыс.лей | Сст | 174 288,8 | 17*11*3 |
| 18 | Удельная стоимость электрической энергии | лей/кВт.ч | Суэ | 0,8766 | 18/а/1000 |
| 19 | Удельная стоимость тепловой энергии | лей/Гкал | Сут | 1019,54 | 19/б |



Постолатий Виталий Михайлович, д.х.т.н., академик АН Молдовы, заведующий лабораторией управляемых электропередач Института энергетики АН Молдовы. Область научных интересов: энергетические системы, управляемые линии электропередач переменного тока повышенной пропускной способности, проблемы передачи энергии, режимы энергетических систем, переходные электромеханические процессы, электрические станции, теплоэнергетика, экономика энергетика, вопросы управления энергетическим комплексом, вопросы энергоэффективности и энергосбережения, возобновляемой энергетики



Бабич Владимир Михайлович, инженер-теплоэнергетик. Научный сотрудник института энергетики Академии наук Республики Молдова. Область научных интересов: производство энергии методом когенерации, транспорт и распределение тепловой энергии, централизованные системы теплоснабжения, энергоэффективность и энергосбережение, автоматизация тепловых процессов.
E-mail: a0204@inbox.ru