



**ЭНЕРГЕТИКА**  
**ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ**  
**И ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ**  
**В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

Сборник научных трудов  
по материалам  
второй Международной  
научно-технической  
конференции

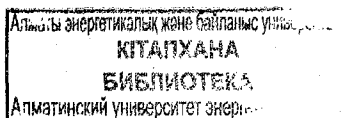


**АЛМАТИНСКИЙ ИНСТИТУТ  
ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ**

**ЭНЕРГЕТИКА, ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И ВЫСШЕЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

**Часть 1  
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ ПО МАТЕРИАЛАМ ВТОРОЙ  
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,  
ПОСВЯЩЕННОЙ 25-ЛЕТИЮ АЛМАТИНСКОГО ИНСТИТУТА  
ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ И 40-ЛЕТИЮ ПОДГОТОВКИ  
ИНЖЕНЕРОВ-ЭНЕРГЕТИКОВ КАЗАХСТАНА



Алматы  
2000

ББК 31+74.58

Э 65

Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях: Сборник научных трудов второй Международной научно-технической конференции, посвященной 25-летию Алматинского института энергетики и связи и 40-летию подготовки инженеров-энергетиков Казахстана. - Алматы: АИЭС, 2000 - 298 с.

ISBN 9965-494-19-3

ББК 31+74.58

В сборнике рассматриваются научные проблемы и вопросы развития электроэнергетики, теплотехники, радиоэлектроники, телекоммуникации и высшего образования

**Ответственный редактор:**  
Мукажанов В.Н.

**Редакционная коллегия:**  
Даукеев Г.Ж., Болотов А.В.,  
Темирбаев Д.Ж., Мажитова Л.Х.,  
Рутгайзер О.З., Сагитов П.И.

Э 2201000000  
00(05)-00

ISBN 9965-494-19-3

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	15
Д.К. Сулеев      Министерство образования и науки РК ВЫСШАЯ ШКОЛА КАЗАХСТАНА НА СТЫКЕ ВЕКОВ .....	17
Э.А. Сериков      Алматинский институт энергетики и связи АИЭС – УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РЕСПУБЛИКИ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ .....	19
Н.Н. Фомин      Московский технический университет связи и информатики ВТОРОЕ ПОКОЛЕНИЕ РОССИЙСКИХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ .....	23
<b>ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА</b>	
Г.Ж. Даукеев, В.Д. Огай      Алматинский институт энергетики и связи О ФОРМИРОВАНИИ ТАРИФА НА ТЕПЛОВУЮ ЭНЕРГИЮ ТЭЦ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МЕТОДА .....	27
Д.Ж. Темирбаев      Алматинский институт энергетики и связи ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ТЭУ .....	29
Ж.О. Сазаев, Р.А. Мусабеков      Алматинский институт энергетики и связи ДИЗЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ С КОГЕНЕРАЦИЕЙ ЭНЕРГИИ .....	31
А.Т.Кашабаева, Д.Ж.Темирбаев      Алматинский институт энергетики и связи К ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГТЭС .....	33
Д.Ж.Темирбаев, К.А.Токиров      Алматинский институт энергетики и связи К ПАРОВАЗОВОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ЖЕЗКАЗГАНСКОЙ ТЭЦ .....	34
А.А. Генбач, Н.А. Генбач, Е.А. Генбач      Алматинский институт энергетики и связи ПОВЕДЕНИЕ ПАРОВЫХ ПУЗЫРЕЙ В ПОРИСТЫХ ТЕПЛОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ .....	35
М.Т.Сыдыкова, Д.Ж. Темирбаев      Алматинский институт энергетики и связи К РАСЧЕТУ СЛОЖНЫХ СТРУЙ МЕТОДОМ ПЕРЕУМНОЖЕНИЯ РЕШЕНИЙ .....	37
Л.К. Ибраева, Г.И. Утесова      Алматинский институт энергетики и связи ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАМЕРЫ СЖИГАНИЯ .....	37
Б.Д. Хисаров, Ж.М. Рахимбеков      Алматинский институт энергетики и связи К ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТОПОЧНЫМИ ПРОЦЕССАМИ КОТЛОВ .....	39
Р.Ж. Бисаринова      Алматинский институт энергетики и связи АЛГОРИТМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОТЛА В НЕЧЕТКОЙ СРЕДЕ .....	41
Ж.О. Сазаев      Алматинский институт энергетики и связи ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА МЕТОДАМИ НЕРАВНОВЕСНОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ .....	43
Н.О. Джаманкулова      Алматинский институт энергетики и связи К РАСЧЕТУ КОЭФФИЦИЕНТА ВЗАИМНОЙ ДИФФУЗИИ СИСТЕМЫ МЕТАН-ПРОПАН .....	45

**О ФОРМИРОВАНИИ ТАРИФА НА ТЕПЛОВУЮ ЭНЕРГИЮ  
ТЭЦ НА ОСНОВЕ ЭКСЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА**

*Предлагается дифференцированный принцип формирования тарифа на тепловую энергию при комбинированном производстве на основе эксергетического метода. Топливная составляющая в тарифе любого теплового потока определяется пропорционально эксергии, а условно-постоянные затраты распределяются пропорционально доли энергии каждого потока.*

Существующие методы формирования тарифа на тепловую энергию базируются на основе физического метода распределения затрат топлива на тепловую и электрическую энергии при их комбинированном производстве.

Учитывая, что топливная составляющая в себестоимости тепловой энергии может достигать значительной величины, то и тариф на тепловую энергию получается достаточно высоким.

Нами предлагается дифференцированный принцип формирования тарифа, основанный на эксергетическом методе распределения затрат топлива на электрическую и тепловую электроэнергию при их комбинированном производстве. Метод подробно изложен в работе [1, 2]. По эксергетическому методу величина расхода топлива на тепловую энергию зависит от эксергии потока тепла, т.е. параметров тепловой энергии или качественных показателей ценности теплового потока.

Для наглядности рассмотрим два примера.

**ТЭЦ-А:** выработка электроэнергии –  $W_e$ ; полезный отпуск с шин –  $W_{от}$ ; отпуск пара с давлением  $P_{н1}$  технологическим потребителям –  $D_{н1}$ ; отпуск тепла теплофикационного отбора –  $Q_{м1}$ ; отпуск тепла паром ухудшенного вакуума конденсаторов –  $Q_{к1}$ ; отпуск тепла пиковыми водогрейными котлами –  $Q_{пк}$ ; прямой отпуск тепловой энергии от паровых котлов –  $Q_{пк}$ .

**ТЭЦ-Б:** без котлов, отпускающих пар непосредственно потребителю и без водогрейных котлов.

Суммарный отпуск тепловой энергии от ТЭЦ-А

$$Q_{от1} = Q_{н1} + Q_{м1} + Q_{к1} + Q_{пк} + Q_{пк}, \quad (1)$$

где  $Q_{н1}$  – отпуск тепла паром производственных отборов.

По эксергетическому методу расход топлива на отпуск каждого вида теплового потока определяется пропорционально эксергии соответствующего потока. Так расход топлива, относимый на отпуск тепловой энергии пара производственных отборов, будет определяться:

$$B_{н1} = K_{н1} B_{кн}, \quad (2)$$

где  $B_{кн}$  – расход топлива по комбинированному циклу ТЭЦ-А;

$$B_{кн} = B_{тэц} - B_{пк} - B_{пк}; \quad (3)$$

$B_{тэц}$  – общий расход топлива на ТЭЦ-А;

$B_{пк}$  – расход топлива пиковыми водогрейными котлами;

$B_{пк}$  – расход топлива паровыми котлами, отпускающими пар непосредственно потребителю.

Расходы топлива, относимые на отпуск тепловой энергии пара производственных, теплофикационных отборов, отработанного в конденсаторе, и производство электроэнергии соответственно определяются:

$$\begin{cases} B_{н1} = K_{н1} B_{кн} \\ B_{м1} = K_{м1} B_{кн} \\ B_{к1} = K_{к1} B_{кн} \\ B_{п1} = K_{п1} B_{кн} \end{cases} \quad (4)$$

Коэффициенты распределения (доли топлива, относимые на отпуск соответствующего вида энергетического потока) определяются:

$$K_{i1} = \frac{E_{i1}}{E_1}, \quad (5)$$

где  $E_{i1}$  – эксергия потока пара производственных отборов, пара теплофикационных отборов, отработанного пара в конденсаторах турбин и пара, идущего на производство электрической энергии в количестве  $W_e$ .

$E_1 = E_{н1} + E_{м1} + E_{к1} + E_{п1}$  – суммарная эксергия комбинированного цикла.

Потоки эксергии вычисляются по [2].

Топливная составляющая затрат себестоимости по видам энергий определяется пропорционально коэффициентам распределения:

$$C_{мон, i1} = K_{i1} B_{кн} \Pi_{i1} = B_{i1} \Pi_{м1} = K_{i1} C_{мон1} \quad (6)$$

где  $C_{мон1}$  – топливная составляющая затрат комбинированного производства, определяемая как

$$C_{мон1} = B_{кн} \Pi_{мон1}; \quad (7)$$

$\Pi_{мон1}$  – цена единицы топлива на ТЭЦ-А.

В себестоимости есть еще одна составляющая затрат, которая зависит от расхода топлива – это плата за выбросы. Плата за выбросы аналогично топливной составляющей будет:

$$P_{\text{выб},i1} = K_{i1} P_{\text{выб}1}, \quad (8)$$

где  $P_{\text{выб}1} = P_{\text{тэл}} - P_{\text{пек}} - P_{\text{пк}}$  - плата за выбросы, относимые к комбинированному производству;

$P_{\text{пек}}$ ,  $P_{\text{пк}}$  - соответственно плата за выбросы от пиковых водогрейных котлов и паровых котлов, отпускающих пар напрямую потребителям.

Остальные затраты в себестоимости, не зависящие от расхода топлива, можно распределить пропорционально доли энергии каждого потока.

Суммарная энергия комбинированного производства ТЭЦ-А равна:

$$\mathcal{E}_i = 0,86W_i + Q_{n1} + Q_{m1} + Q_{k1}. \quad (9)$$

Тогда доли энергии производственного, теплофикационного, отработанного в турбине пара и электрической энергии, в общем, составят:

$$\mathcal{E}_{i1} = \frac{Q_{i1}}{\mathcal{E}_i}. \quad (10)$$

Постоянная составляющая затрат себестоимости по видам энергии определяется пропорционально их долям (10)

$$C_{\text{пост},i1} = \mathcal{E}_{i1} C_{\text{пост}1}, \quad (11)$$

где  $C_{\text{пост}1}$  - постоянные затраты по комбинированному циклу.

Полная себестоимость каждого вида энергии складывается из следующих составляющих:

$$C_{i1} = C_{\text{топ},i1} + P_{\text{выб},i1} + C_{\text{пост},i1}. \quad (12)$$

Поскольку в энергетике Казахстана тарифы рассчитываются на основе затратных методов, то по видам тепловой энергии и электроэнергии тарифы будут:

$$T_{i1} = c_{i1}(1 + R_{i1}), \quad (13)$$

где  $R_{i1}$  - норма рентабельности для отпускаемой тепловой энергии производственного, теплофикационного, отработанного пара в конденсаторе и электроэнергетики.

При отпуске производственного пара с общего коллектора тариф на этот вид тепловой энергии усредняется за счет объединения затрат по комбинированному циклу и от отдельных паровых котлов

$$T_{\text{об},n1} = c_{\text{об},n1}(1 + R_{\text{об},n1}), \quad (14)$$

где  $R_{\text{об},n1}$  - норма рентабельности при отпуске пара с общего коллектора;

$c_{\text{об},n1}$  - удельная себестоимость совместного отпуска производственного пара.

Тариф на тепловую энергию горячей воды можно рассчитывать по совместным затратам (на подогрев в конденсаторах, бойлерах и ПВК):

$$T_{\text{об},m1} = c_{\text{об},m1}(1 + R_{\text{об},m1}), \quad (15)$$

где  $R_{\text{об},m1}$  - норма рентабельности при отпуске тепловой энергии с горячей водой, подогретой в конденсаторах, бойлерах и водогрейных котлах;

$c_{\text{об},m1}$  - удельная себестоимость тепловой энергии, отпускаемой с горячей водой при подогреве в конденсаторах, бойлерах и водогрейных котлах.

Для ТЭЦ-Б все расчеты упрощаются - отсутствуют составляющие по паровым и водогрейным котлам.

Для наглядности результаты расчета себестоимости и тарифа различных видов тепловой энергии для ТЭЦ-А и ТЭЦ-Б по эксергетическому методу представлены на рис.1.

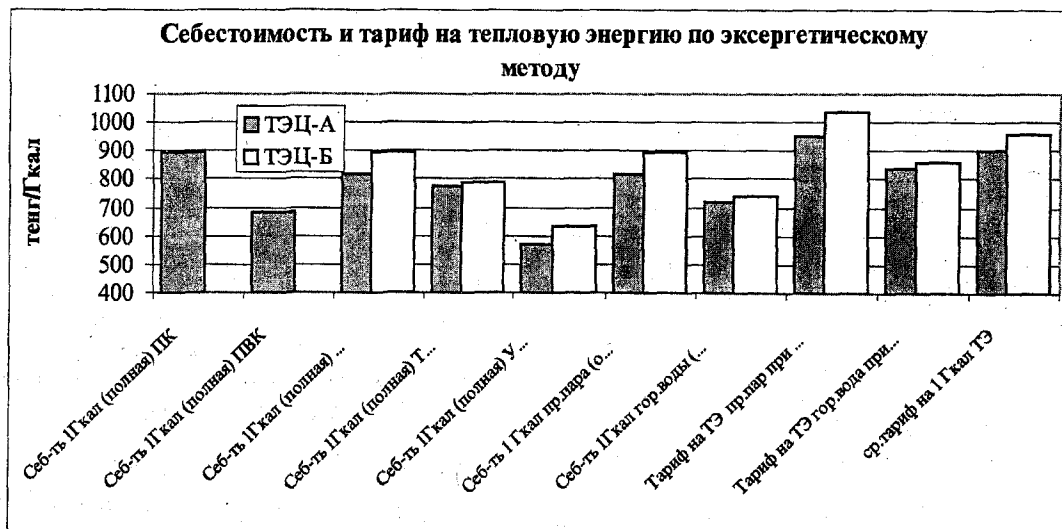


Рис.1

Себестоимость и тариф на любой вид тепловой энергии на ТЭЦ-А дешевле, поскольку здесь отсутствует конденсационная выработка электроэнергии. Несмотря на наличие водогрейных котлов и непосредственный отпуск пара от паровых котлов, на ТЭЦ-А происходит удешевление тепловой энергии за счет более низких параметров свежего пара, производственного и теплофикационного отбора.

редственный отпуск пара от паровых котлов, на ТЭЦ-А происходит удешевление тепловой энергии за счет более низких параметров свежего пара, производственного и теплофикационного отбора.

Сравнение среднего тарифа на тепловую энергию по физическому и эксергетическому методу (рис.2) показывает, что и на ТЭЦ-А и на ТЭЦ-Б по эксергетическому методу тепло дешевле, чем по физическому.

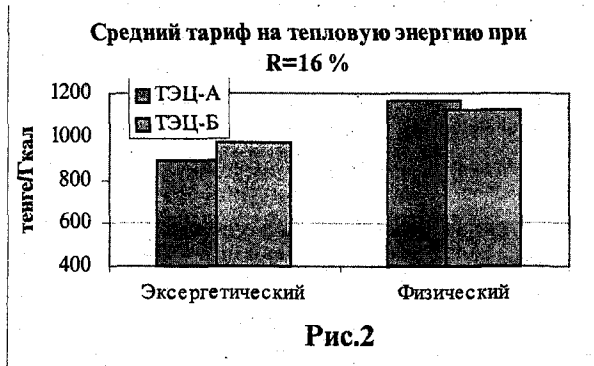


Рис.2

Снижение топливной составляющей в тепловой энергии приведет к её увеличению в электрической энергии при их комбинированном производстве, т.е. к увеличению себестоимости и тарифа последней. Однако увеличение тарифа на электроэнергию менее обременительно для социально незащищенной

части населения, т.к., во-первых, платежи за электроэнергию несоизмеримо меньше, чем за тепло, во-вторых расход электроэнергии поддается регулированию, (уменьшению) в отличие от тепла, в частности, идущего на отопление.

Увеличение среднего тарифа на электроэнергию стимулирует потребителей к использованию энергосберегающих технологий, а энергопроизводителей - к внедрению многотарифного учета.

Эксергетический метод, в отличие от физического отражает действительную картину затрат топлива на электрическую и тепловую энергию при их комбинированном производстве.

#### Список литературы

1. Бродянский В.М., Фратшер В., Михалек К. Эксергетический метод и его приложения/ Под ред. В.М.Бродянского. -М.: Энергоатомиздат, 1988. - 288 с.
2. Даукеев Г.Ж., Огай В.Д. Эксергетический метод распределения расходов топлива на электрическую и тепловую энергию // Проблемы реформирования рынка электрической энергии в Казахстане: Сб. тр. по материалам совместного научно-практического семинара.-Ч.1. -Алматы АИЭС, 1998.-с 49 - 55.

УДК 621.311.22

Д.Ж. Темирбаев  
Алматинский институт энергетики и связи

## ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ТЭУ

На основе анализа и оптимального сочетания термодинамических процессов и тепловых схем предложены высокоэффективные методы перевооружения теплоэнергетических установок (ТЭУ) различных назначений.

В решениях проблем эффективного энергосбережения мировая практика в настоящее время нацелена на перевооружение энергетических оборудования путем широкомасштабного ввода в эксплуатацию наиболее экономичных в современных условиях парогазовых установок (ПГУ). Необходимость перевооружения и рационального развития теплотехники и теплоэнергетики (ТТЭ) Казахстана связана со значительным устарением оборудования и выходом его из строя, различной плотностью размещения источников сырья и энергии, установленных мощностей, производительных сил, суточной и сезонной нагрузки силовых установок и необходимостью использования маневренных типов ГТУ и ПГУ.

Абсолютный КПД традиционных КЭС, обычно не превышает 43 %, несмотря на максимально возможную регенерацию теплоты. Основными причинами такого положения являются:

- а) низкая начальная температура пара ПСУ (500-540 °С);
- б) значительные эксергетические потери ТЭУ;
- в) значительные потери теплоты в конденсаторе.

Абсолютный КПД ГТУ еще меньше. Путем специальных мер (снижение температуры пламени предварительно подготовленной обедненной топливозвоздушной смеси до 1480-1600 °С и повышения температуры продуктов сгорания перед газовой турбиной до 1400+1500 °С, то есть путем сведения потерь "а" и "б" до минимума) в новых технологиях энергетических ГТУ F, G, H их КПД ведущими фирмами: "Сименс", "Вестингауз", "Дженерал электрик", "АББ" увеличен с обычных 29+33 до 37,5+39,5 %.

