

В. АЛБУЛ, С. ДРОЗДОВ, Т. СТЕПАНОВА, В. ТУМАНОВСКИЙ, Н. ВИННИЧЕНКО

## АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

### 1. Введение

Возрастающая с каждым годом выработка и потребление энергии в мире создают необходимые условия для ускорения научно-технического прогресса, который позволяет улучшать благосостояние людей планеты. Но вместе с тем возрастающие объемы потребления энергии требуют все больших и больших объемов углеводородного сырья, запасы которого неограниченны.

Мировой энергетический кризис 1973-1974 гг. заставил многие страны пересмотреть свое отношение к потреблению топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и принять необходимые меры к снижению энергоемкости ВВП и увеличению обеспеченности топливно-энергетическими ресурсами за счет своих внутренних резервов и возобновляемых источников энергии. Актуальны эти вопросы и для РФ.

Подготовка нормативной базы в области энергосбережения строится на принятом в целях реализации Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» плане мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в РФ.

Работа Правительства Российской Федерации в этой сфере: создание правовой базы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и реализация пилотных проектов.

Повышение энергетической эффективности предполагается осуществлять за счет проведения энергетических обследований предприятий различного назначения с указанием технико-экономических показателей и сроков окупаемости.

Энергоаудит - это стартовая площадка. Повод поставить производителя в сопоставимые условия по расходу ТЭР, фундамент для со-

вершенствования энергоресурсоэффективности.

Однако энергоаудит сам по себе не несет мгновенной или быстрой прибыли, на что в основном нацелены современные инвесторы.

В этом случае нельзя забывать о таком инструменте исследований, как глубокий статистический анализ. Он, как правило, наиболее достоверен, независим от конъюнктуры, охватывает большой объем информации, менее затратен.

В своей работе авторы поставили задачу осуществить анализ работы ТЭС, ТЭЦ, ГРЭС по данным Росстата в 2008 году, как наиболее потребляющие ТЭР.

Полная работа продолжалась более трех лет и включает следующее (в данной публикации приведены отдельные фрагменты работы).

В качестве объектов рассмотрена работа 306 станций, практически всех регионов РФ, с общим объемом производства теплоэнергии 476788233 Гкал; электроэнергии 641925181 тыс. кВт.ч; при суммарном потреблении топлива 266046210 т/год, что составляет 26,1% от внут-

реннего потребления первичного топлива в 2008 году (таблица 1).

Приведенный анализ, авторы надеются, будет полезен:

- органам государственной власти, руководителям энергетической отрасли;
- проектным и строительным организациям основного и вспомогательного оборудования станций и котельных;
- СРО (саморегулирующие организации) в энергетике (СРОЭ) и СРО энергетических обследований;
- научным и учебным организациям, таким как «НИУ МЭИ», Институт энергетических исследований РАН, НИ и КИ Энерготехники, СПбГТУ, ЭНИН им. Г.М. Кржижановского, Объединенный институт высоких температур РАН, ФГУП ВЭИ, ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт (ВТИ)» и др.;
- энергетикам, теплоэнергетикам, промплоэнергетикам и др. специалистам, эксплуатирующим котельные и тепловые электрические станции;
- студентам энергетических спе-

**АЛБУЛ Великий Павлович** - кандидат технических наук, главный научный сотрудник ОАО «Газпром промгаз».

Адрес: 117420, г. Москва, ул. Наметкина, 6  
e-mail: V.Albul@promgaz.gazprom.ru

**ДРОЗДОВ Сергей Викторович** - ведущий инженер ОАО «Газпром промгаз».

Адрес: 117420, г. Москва, ул. Наметкина, 6  
e-mail: S.Drozдов@promgaz.gazprom.ru

**СТЕПАНОВА Татьяна Александровна** - кандидат технических наук, профессор, доцент, заведующая кафедрой «Энергетика высокотемпературных технологий» (ЭВТ) ФБГОУ ВПО «НИУ МЭИ».

Адрес: 111250, г. Москва, Е-250, Красноказарменная улица, 14  
e-mail: Stepanovata@mpei.ru

**ТУМАНОВСКИЙ Виктор Александрович** - кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий НИЛ кафедры «Энергетика высокотемпературных технологий» (ЭВТ) ФБГОУ ВПО «НИУ МЭИ».

Адрес: 111250, г. Москва, Е-250, Красноказарменная улица, 14  
e-mail: Tumanovskiyva@mpei.ru

**ВИННИЧЕНКО Николай Васильевич** - кандидат технических наук, начальник отдела департамента по транспортировке, подземному хранению и использованию газа ОАО «Газпром».

Адрес: 117420, г. Москва, ул. Наметкина, 6  
e-mail: Nvin4@ja.ru

**Таблица 1**  
**Внутреннее потребление топлива в 2008 г.**

ПРИРОДНОЕ ТОПЛИВО - всего, тыс. тут	1017576,7
Уголь, всего, тыс. тут	143368
Нефть, включая газовый конденсат, тыс. тут	346118,5
Газ горючий естественный, тыс. тут	523264,9

циальностей, аспирантам, молодым ученым, специалистам энергосервиса, проектантам, разработчикам новых станций, а также экономистам.

В дальнейшем возможен анализ работы станций по годам, периодам и т. д.

Исходными данными для анализа является информация о технико-экономических показателях электростанций общего пользования (без атомных) по формам отчетности Федеральной службы государственной статистики № 6-ТП за 2008 г. (таблицы 2-4).

Формы статистической отчетности включают сведения об организациях, производящих и отпускающих энергию, вплоть до распределения.

**2. Зависимости для расчета параметров показателей ТЭС**

В таблице 2 приведены расчетные параметры работы тепловых электрических станций на основании данных статотчетности по форме 6-ТП за 2008 г.

Предлагаемые параметры предназначены для анализа работы станций, предшествующего балансовым испытаниям, сравнительного анализа и общей оценки эффективности ТЭС.

Величина  $Q_{отп}^* = 1,163 \times Q_{отп}$  (позиция 9 табл. 2) приводит отпущенную тепловую энергию электростанции в «Гкал» в отпущенную тепловую энергию как сумму выработанной энергии ( $\mathcal{E}_{выр.}$ ) и отпущенной тепловой энергии ( $Q_{отп}^*$ ).

В позициях 10 и 11 табл. 2 представлены суммарные (общие) значения выработанной и отпущенной станцией энергии.

Параметр  $k$  (поз. 12 табл. 2) определяет соотношение (долю) между отпущенной электроэнергией ( $\mathcal{E}_{отп.}$ ) и вы-

работанной ( $\mathcal{E}_{выр.}$ ), а разница между выработанной и отпущенной -  $\Delta\mathcal{E}_{сн}$  (поз. 26) - расход электроэнергии на собственные нужды.

Параметр  $b_{\mathcal{E},выр.}$  (поз. 13) показывает удельный расход топлива на выработанную электроэнергию, а параметр  $\eta_{\mathcal{E},выр.}$  (поз. 14) - условный коэффициент полезного действия при выработке электроэнергии при заданном отнесении расходов топлива на выработку электрической и тепловой энергии ( $B_{э}$  и  $B_{т}$ ).

Следующий параметр  $b_{Т,отп.}^*$  - удельный расход топлива на отпущенную тепловую энергию, приведенную к «кВт.ч», определяется зависимостью  $b_{Т,отп.}^* = b_{Т,отп.} / 1,163$  (поз. 15), а условный КПД выработанной (отпущенной) электроэнергии при заданном отнесении расходов топлива на выработку электрической и тепловой энергии ( $B_{э}$  и  $B_{т}$ ) определяется как  $\eta_{Т,отп.} = (123 / b_{Т,отп.}^*) \times 10^2$  (поз. 16).

Удельный расход топлива на выработанную электроэнергию по паротурбинному силовому циклу определяется как отношение всего расхода топлива на станции к выработанной станцией электроэнергией  $B \times 10^3 / \mathcal{E}_{выр.}$  (поз. 17), а соответствующий КПД паротурбинного цикла будет равен:  $\eta_{птц} = (123 / b_{э,пр.}) \times 10^2$  (поз. 18).

Параметр  $\beta$  (поз. 19), равный  $\mathcal{E}_{выр.} / (\mathcal{E}_{выр.} + Q_{отп}^*)$  показывает долю выработанной электроэнергии от общей выработки энергии станцией (поз. 10), а параметр  $\beta^*$  (поз. 20) - долю отпущенной электроэнергии от общей выработки станции (поз. 11).

Очевидно, что значение параметра  $\beta = 0$  соответствует «нулевой» выработке станцией электроэнергии, т.е. работе станции в режиме котельной.

Значение параметра  $\beta=1$  соответствует «нулевой» выработке станцией тепловой энергии, т.е. ее работе в режиме конденсационной станции. Связь между параметрами  $k$ ,  $\beta$ ,  $\beta^*$  определе-

на зависимостями позиций 32, 33 и 34 в таблице 2.

Если параметр  $k=1$  (вся отпущенная потребителю энергия равна выработанной электроэнергии), то  $\beta=\beta^*$ , т.е. электростанция не потребляет часть выработанной ею электроэнергии либо потребляет электроэнергию из других источников или потребляет для собственных нужд тепловую энергию.

Суммарный удельный расход топлива на выработанную станцией энергию (поз. 21) будет равен  $b_{выр.}$

Соответствующий коэффициент полезного действия - КПД «брутто» выработанной станцией энергии (поз. 23) будет равен  $\eta_{бр.}$

Суммарный удельный расход топлива на отпущенную станцией энергию  $b_{отп.}^{\Sigma}$  (поз. 24) равен  $b_{отп.}^{\Sigma}$

Соответствующий коэффициент полезного действия - КПД «нетто» отпущенной станцией энергии (поз. 25) будет равен  $\eta_{нет.}$

Параметр  $\gamma$  (поз. 22), входящий в определения КПД и суммарных удельных выработанных и отпущенных расходов, представляет собой отношение расхода топлива электростанцией на выработку электроэнергии к общему объему расхода топлива на станции.

Относительный расход электроэнергии на собственные нужды  $\Delta\mathcal{E}_{сн}^*$  (поз. 27) определяется как отношение расхода электроэнергии на собственные нужды  $\Delta\mathcal{E}_{сн}$  (поз. 26) к суммарной выработанной станцией энергии.

Параметр  $\Delta\mathcal{E}_{сн}^*$  логически совпадает с относительным снижением КПД «брутто» за счет собственных нужд до КПД «нетто» ( $\Delta\eta^*$ ) и относительным увеличением удельного расхода топлива ( $\Delta b^*$ ) за счет затрат энергии на собственные нужды (поз. 27, 29, 31). Это позволяет оценивать затраты энергии на собственные нужды с различных позиций.

Параметры  $\alpha$  и  $\alpha^*$  (поз. 32 и 33) определяют отношение удельных расходов топлива на выработку и отпуск тепловой и электрической энергии в зависимости от параметров  $\beta$  и  $\gamma$ , косвенно характеризуя внутренние относительные КПД турбины и электрогенератора, т.е. эффективность паротурбинного силового цикла. Значения этих параметров имеют смысл в интервалах  $0 < \beta < 1$  и  $0 < \gamma < 1$ , т.е. только для тепловых электрических станций.

Расчетные зависимости

Таблица 2

	Наименование показателя	Ед. изм.	Усл. обознач.	Расчетные зависимости
1	Выработано электроэнергии	тыс. кВт·ч	$\mathcal{E}_{\text{выр.}}$	Исходные данные ф.6ТП 2008 г. Росстата
2	Отпущено электроэнергии на сторону	тыс. кВт·ч	$\mathcal{E}_{\text{отп.}}$	Исходные данные ф.6ТП 2008 г. Росстата
3	Отпущено теплоты на сторону электростанциями	Гкал	$Q_{\text{отп.}}$	Исходные данные ф.6ТП 2008 г. Росстата
4	Расход условного топлива (всего)	Тонн	$B$	Исходные данные ф.6ТП 2008 г. Росстата
5	Расход условного топлива на выработку электроэнергии	Тонн	$B_{\mathcal{E}}$	Исходные данные ф.6ТП 2008 г. Росстата
6	Расход условного топлива на выработку теплоты	Тонн	$B_T$	Исходные данные ф.6ТП 2008 г. Росстата
7	Удельный расход условного топлива на отпущенную электроэнергию	г/кВт·ч	$b_{\mathcal{E},\text{отп.}}$	Исходные данные ф.6ТП 2008 г. Росстата
8	Удельный расход условного топлива на отпущенную теплоту	кг/Гкал	$b_{T,\text{отп.}}$	Исходные данные ф.6ТП 2008 г. Росстата
9	Отпущено теплоты, приведенной к электроэнергии на сторону	тыс. кВт·ч	$Q^*_{\text{отп.}}$	$1,163 \times Q_{\text{отп.}}$
10	Общая суммарная выработанная энергия	тыс. кВт·ч	$\mathcal{E}^{\Sigma}_{\text{выр.}}$	$\mathcal{E}_{\text{выр.}} + Q^*_{\text{отп.}}$
11	Общая суммарная отпущенная энергия	тыс. кВт·ч	$\mathcal{E}^{\Sigma}_{\text{отп.}}$	$\mathcal{E}_{\text{отп.}} + Q^*_{\text{отп.}}$
12	Доля отпущенной электроэнергии от выработанной	б/р	$K$	$\mathcal{E}_{\text{отп.}} / \mathcal{E}_{\text{выр.}}$
13	Удельный расход на выработанную электроэнергию	кг/тыс. кВт·ч	$b_{\mathcal{E},\text{выр.}}$	$B_{\mathcal{E},\text{отп.}} \times \mathcal{E}_{\text{отп.}} / \mathcal{E}_{\text{выр.}} = b_{\mathcal{E},\text{отп.}} \times k = B_{\mathcal{E}} \times 10^3 / \mathcal{E}_{\text{выр.}}$
14	Условный КПД выработанной электроэнергии	%	$\eta_{\mathcal{E},\text{выр.}}$	$(123 / b_{\mathcal{E},\text{выр.}}) \times 10^2$
15	Удельный расход на отпущенную теплоту, приведенную к электроэнергии	кг/тыс. кВт·ч	$b^*_{T,\text{отп.}}$	$b_{T,\text{отп.}} / 1,163$
16	Условный КПД отпущенной теплоты	%	$\eta_{T,\text{отп.}}$	$(123 / b^*_{T,\text{отп.}}) \times 10^2$
17	Удельный расход на приведенную выработанную электроэнергию (при работе паротурбинного силового цикла)	кг/тыс. кВт·ч	$b_{\mathcal{E},\text{пр.}}$	$B / \mathcal{E}_{\text{выр.}} = b_{\mathcal{E},\text{выр.}} + (1/\beta - 1) \times b^*_{T,\text{отп.}}$
18	КПД паротурбинного силового цикла	%	$\eta_{\text{ПТЦ}}$	$(123 / b_{\mathcal{E},\text{пр.}}) \times 10^2$
19	Доля выработанной электроэнергии от общей выработки энергии	б/р	$\beta$	$\mathcal{E}_{\text{выр.}} / (\mathcal{E}_{\text{выр.}} + Q^*_{\text{отп.}}) = \mathcal{E}_{\text{выр.}} / \mathcal{E}^{\Sigma}_{\text{выр.}}$
20	Доля отпущенной электроэнергии от общей отпущенной энергии	б/р	$\beta^*$	$\mathcal{E}_{\text{отп.}} / (\mathcal{E}_{\text{отп.}} + Q^*_{\text{отп.}}) = \mathcal{E}_{\text{отп.}} / \mathcal{E}^{\Sigma}_{\text{отп.}}$
21	Суммарный удельный расход топлива на выработанную энергию	кг/тыс. кВт·ч	$b^{\Sigma}_{\text{выр.}}$	$B \times 10^3 / (\mathcal{E}_{\text{выр.}} + Q^*_{\text{отп.}}) = \beta \times b_{\mathcal{E},\text{пр.}} = b_{\mathcal{E},\text{выр.}} \times (\beta + b^*_{T,\text{отп.}} / b_{\mathcal{E},\text{выр.}} \times (1 - \beta)) = b_{\mathcal{E},\text{выр.}} \times \beta / \gamma$
22	Доля расхода топлива на выработку электроэнергии от общего расхода топлива	б/р	$\gamma$	$B_{\mathcal{E}} / B = B_{\mathcal{E}} / (B_{\mathcal{E}} + B_T) = 1 / (1 + b^*_{T,\text{отп.}} / b_{\mathcal{E},\text{выр.}} \times (1 - \beta))$
23	Топливный КПД «брутто» выработанной станцией энергии	%	$\eta_{\text{бр.}}$	$(123 / b^{\Sigma}_{\text{выр.}}) \times 10^2 = (123 / b_{\mathcal{E},\text{выр.}} \times \gamma / \beta) \times 10^2$
24	Суммарный удельный расход топлива на отпущенную энергию	кг/тыс. кВт·ч	$b^{\Sigma}_{\text{отп.}}$	$B \times 10^3 / (\mathcal{E}_{\text{отп.}} + Q^*_{\text{отп.}}) = b_{\mathcal{E},\text{отп.}} \times \beta^* / \gamma$
25	Топливный КПД «нетто» отпущенной станцией энергии	%	$\eta_{\text{нет.}}$	$(123 / b^{\Sigma}_{\text{отп.}}) \times 10^2 = (123 / b_{\mathcal{E},\text{отп.}} \times \gamma / \beta^*) \times 10^2$
26	Расход электроэнергии на собственные нужды	тыс. кВт·ч	$\Delta \mathcal{E}_{\text{сн}}$	$\mathcal{E}_{\text{выр.}} - \mathcal{E}_{\text{отп.}}$
27	Относительный расход электроэнергии на собственные нужды	%	$\Delta \mathcal{E}^*_{\text{сн}}$	$(\mathcal{E}_{\text{выр.}} - \mathcal{E}_{\text{отп.}}) \times 10^2 / (\mathcal{E}_{\text{выр.}} + Q^*_{\text{отп.}})$
28	Увеличение удельного расхода топлива за счет собственных нужд	кг/тыс. кВт·ч	$\Delta b$	$b^{\Sigma}_{\text{отп.}} - b^{\Sigma}_{\text{выр.}}$
29	Относительное увеличение удельного расхода топлива за счет собственных нужд	%	$\Delta b^*$	$(b^{\Sigma}_{\text{отп.}} - b^{\Sigma}_{\text{выр.}}) \times 10^2 / b^{\Sigma}_{\text{отп.}}$
30	Снижение топливного КПД за счет собственных нужд	%	$\Delta \eta$	$\eta_{\text{бр.}} - \eta_{\text{нет.}}$
31	Относительное снижение топливного КПД за счет собственных нужд	%	$\Delta \eta^*$	$(\eta_{\text{бр.}} - \eta_{\text{нет.}}) / \eta_{\text{бр.}} \times 10^2$
32	Отношение удельных расходов топлива на выработку тепловой и электрической энергии	б/р	$\alpha$	$b^*_{T,\text{отп.}} / b_{\mathcal{E},\text{выр.}} = \frac{1 - \gamma}{\gamma} \times \frac{\beta}{1 - \beta} = \frac{B_T}{B_{\mathcal{E}}} \times \frac{\mathcal{E}_{\text{выр.}}}{Q^*_{\text{отп.}}}$
33	Отношение удельных расходов топлива на отпущенную тепловую и электрическую энергию	б/р	$\alpha^*$	$b^*_{T,\text{отп.}} / b_{\mathcal{E},\text{отп.}} = \frac{1 - \gamma}{\gamma} \times \frac{\beta^*}{1 - \beta^*} = \frac{B_T}{B_{\mathcal{E}}} \times \frac{\mathcal{E}_{\text{отп.}}}{Q^*_{\text{отп.}}}$
34	Справочно: связь между коэффициентами $\beta^*$ , $\beta$ и $k$	б/р	$\beta^*$	$\beta^* = \frac{k \times \beta}{k \times \beta + 1 - \beta}$

Переводные коэффициенты: 123 кгут/тыс. кВт·ч; 143 кгут/Гкал; 1,163 тыс. кВт·ч/Гкал.

Таблица 3

Основные и определяемые параметры

Параметры	Обозначение	Определяемые параметры
Среднегодовая температура	$t_{с.г.}$	$b_{\text{Э.выр.}}, b_{\text{Т.отп.}}, b_{\text{выр.}}^{\Sigma}, \eta_{\text{бр.}}, \eta_{\text{нет.}}, \beta, \gamma, \alpha, \alpha^*$
Температура 3-х холодных месяцев	$t_{х.м.}$	$b_{\text{Э.выр.}}, b_{\text{Т.отп.}}, b_{\text{выр.}}^{\Sigma}, \eta_{\text{бр.}}, \eta_{\text{нет.}}, \beta, \gamma, \alpha, \alpha^*$
Доля выработанной электроэнергии от общей выработки энергии	$\beta$	$b_{\text{Э.выр.}}, b_{\text{Т.отп.}}, b_{\text{выр.}}^{\Sigma}, \eta_{\text{бр.}}, \eta_{\text{нет.}}, \gamma, \alpha, \alpha^*, \Delta b^*$
Доля расхода топлива на выработку электроэнергии от общего расхода топлива	$\gamma$	$b_{\text{Э.выр.}}, b_{\text{Т.отп.}}, b_{\text{выр.}}^{\Sigma}, \eta_{\text{бр.}}, \eta_{\text{нет.}}, \beta, \alpha, \alpha^*, \Delta b^*$
Отношение удельных расходов топлива на выработанную тепловую и электрическую энергии	$\alpha$	$b_{\text{Э.выр.}}, b_{\text{Т.отп.}}, b_{\text{выр.}}^{\Sigma}, \eta_{\text{бр.}}, \eta_{\text{нет.}}, \beta, \gamma, \alpha^*, \Delta b^*$
Отношение удельных расходов топлива на отпущенную тепловую и электрическую энергии	$\alpha^*$	$b_{\text{Э.выр.}}, b_{\text{Т.отп.}}, b_{\text{выр.}}^{\Sigma}, \eta_{\text{бр.}}, \eta_{\text{нет.}}, \beta, \gamma, \alpha, \Delta b^*$

Таблица 4

Расчетные показатели работы электростанций

Условное обозначение	Ф-л ОАО "ОГК-6" ГРЭС-24 Рязанская	Ф-л Рязанский ОО "Ново-Рязанская ТЭЦ"	Смоленская ТЭЦ-2	Дорогобужская ТЭЦ, пос. Верхнеднепровский	Смоленская ГРЭС, пос. Озерный	Тамбовская ТЭЦ филиала ТГК-4 Восточная региональная генерация	ФЛ Конаковская ГРЭС ОАО ОГК-5 в г. Конаково	ФЛ Вышневолоцкая ТЭЦ ГУ ОАО ТГК-2
$\text{Э}_{\text{выр.}}$	1762855	2134234	1724260	158209	2211907	974860	8120027	19911
$\text{Э}_{\text{отп.}}$	1690047	1879507	1564123	129713	2046233	842957	7833050	14732
$Q_{\text{отп.}}$	0	4279562	1824514	326107	67071	1370277	245612	161455
$B$	553865	1173060	713042	99348	773955	486565	2605199	33661
$B_{\gamma}$	553865	553534	464915	48747	761228	287001	2561385	7684
$B_{\text{Т}}$	0	619526	248127	50601	12727	199564	43814	25977
$b_{\text{Э.отп.}}$	327,7	294,5	297,2	375,8	372,0	340,5	327,0	521,6
$b_{\text{Т.отп.}}$	0,0	144,8	136,0	149,5	189,8	145,6	178,4	159,7
$Q_{\text{отп.}}^*$	0,0	4977130,6	2121909,8	379262,4	78003,6	1593632,2	285646,8	187772,2
$\text{Э}_{\text{выр.}}^{\Sigma}$	1762855,0	7111364,6	3846169,8	537471,4	2289910,6	2568492,2	8405673,8	207683,2
$\text{Э}_{\text{отп.}}^{\Sigma}$	1690047,0	6856637,6	3686032,8	508975,4	2124236,6	2436589,2	8118696,8	202504,2
$k$	0,959	0,881	0,907	0,820	0,925	0,865	0,965	0,740
$b_{\text{Э.выр.}}$	314,17	259,35	269,60	308,11	344,14	294,43	315,44	385,93
$\eta_{\text{Э.выр.}}$	39,15	47,43	45,62	39,92	35,74	41,78	38,99	31,87
$b_{\text{Т.отп.}}^*$	0,00	124,51	116,94	128,55	163,20	125,19	153,40	137,32
$\eta_{\text{Т.отп.}}$	0,00	84,94	90,44	82,27	64,81	84,48	68,95	77,02
$b_{\text{Э.пр.}}$	314,19	549,64	413,54	627,95	349,90	499,11	320,84	1690,57
$\eta_{\text{ПТЦ}}$	39,15	22,38	29,74	19,59	35,15	24,64	38,34	7,28
$\beta$	1,000	0,300	0,448	0,294	0,966	0,380	0,966	0,096
$\beta^*$	1,000	0,274	0,424	0,255	0,963	0,346	0,965	0,073
$b_{\text{выр.}}^{\Sigma}$	314,2	165,0	185,4	184,8	338,0	189,4	309,9	162,1
$\gamma$	1,000	0,472	0,652	0,491	0,984	0,590	0,983	0,228
$\eta_{\text{бр.}}$	39,151	74,568	66,355	66,544	36,394	64,924	39,686	75,887
$b_{\text{отп.}}^{\Sigma}$	327,722	171,084	193,444	195,192	364,345	199,691	320,889	166,224
$\eta_{\text{нет.}}$	37,532	71,895	63,584	63,015	33,759	61,595	38,331	73,997
$\Delta \text{Э}_{\text{сн}}$	72808	254727	160137	28496	165674	131903	286977	5179
$\Delta \text{Э}_{\text{сн}}^*$	4,130	3,582	4,164	5,302	7,235	5,135	3,414	2,494
$\Delta \beta$	13,54	6,13	8,05	10,35	26,36	10,25	10,96	4,15
$\Delta \beta^*$	4,13	3,58	4,16	5,30	7,23	5,14	3,41	2,49
$\Delta \eta$	1,62	2,67	2,77	3,53	2,63	3,33	1,35	1,89
$\Delta \eta^*$	4,14	3,59	4,18	5,30	7,24	5,13	3,41	2,49
$\alpha$	0,000	0,480	0,434	0,417	0,474	0,425	0,486	0,356
$\alpha^*$	0,000	0,423	0,393	0,342	0,439	0,368	0,469	0,263
<i>топл.</i>	газ	газ	газ	газ	газ	газ	газ	газ

В таблице 4 приведены примеры расчета параметров тепловых станций РФ. Эта таблица включает данные на все 306 станций. Нумерация колонок таблицы соответствует нумерации в исходной форме статотчетности 6-ТП.

По расчетным данным построен график (рис. 1)

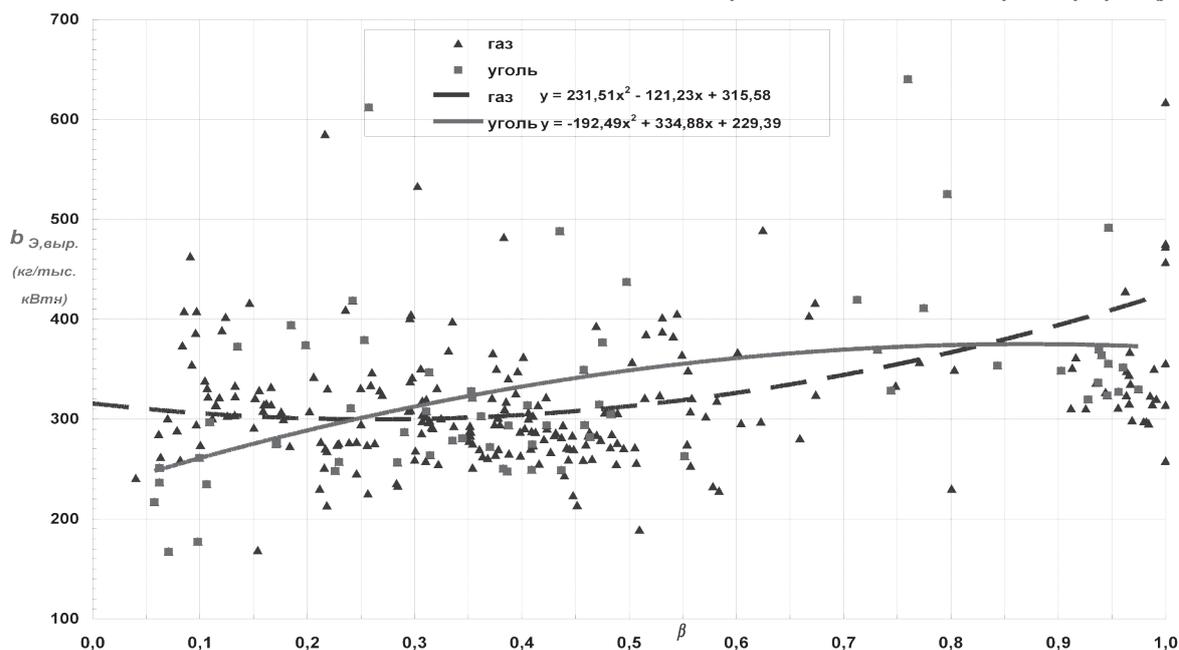


Рис. 1.

### 3. Расчет показателей ТЭС

В таблице 3 приведены основные и определяемые параметры станций, по которым выполнены графические иллюстрации, для чего произведены соответствующие ранжирования показателей параметров в зависимости от различных факторов:

- по среднегодовой температуре географического места расположения станций;
- по температуре наиболее холодных 3-х месяцев географического расположения станций;
- по параметру  $\beta$ , который определяет долю выработанной электроэнергии от общей выработки энергии;
- по параметру  $\gamma$ , который определяет долю расхода топлива на выработку электроэнергии от общего расхода топлива;
- по параметрам  $\alpha$  и  $\alpha^*$ , которые определяют, соответственно, отношения удельных расходов топлива на выработку и отпуск тепловой и электрической энергии.

Основными определяемыми (результатирующими) показателями станций, ранжированных по вышеуказанным определяемым параметрам, являются:

- удельный расход топлива на выработанную электрическую энергию ( $b_{Э,выр.}$ );
- удельный расход топлива на выработанную (отпущенную) тепловую энергию ( $b_{Т,отп.}$ );

- суммарный удельный расход топлива на выработанную энергию ( $b_{выр.}^{\Sigma}$ );

- топливный КПД «брутто» ( $\eta_{бр.}$ );
- топливный КПД «нетто» ( $\eta_{нет.}$ );
- относительное увеличение удельного расхода топлива за счет собственных нужд ( $\Delta b^*$ ).

### 4. Заключение

Анализ показателей работы ТЭС выполнен по основным электростанциям РФ. Работа позволяет определить степень эффективности использования установленного оборудования электрических станций.

«Анализ...» позволяет провести углубленные индивидуальные расчеты эффективности работы энергооборудования на каждой электростанции и станциях в целом.

Предлагаемый «Анализ...» позволяет определить основные направления энергосбережения, оценить технические показатели объектов на фоне показателей работы аналогичных предприятий.

«Анализ...» является базовой частью оценки эффективности энергетического оборудования ТЭС, т.к. в работе исключены временные переменные, которые могли бы изменить результат работы в целом.

Данная работа будет необходимым и достаточным материалом для формирования долговременных стратегических направлений по снижению

необратимых потерь теплового цикла ТЭС, определению основных направлений повышения эффективности работы основного оборудования ТЭС.

База технологических и экономических показателей работы ТЭС может быть использована для принятия решений при реконструкции электрических станций. При необходимости «Анализ...» может использоваться для улучшения показателей надежности основного оборудования ТЭС.

Баз данных «Анализа...» позволяет оценить зависимость энергопоказателей ТЭС от режима работы электрической станции в течение года, что может быть использовано в снижении энергопотерь объекта при проведении плановых ремонтов основного оборудования.

Метод расчета показателей, предложенный в «Анализе...», может применяться как для определения эффективности работы локальных ТЭС, так и их групп. Группировка оборудования может варьироваться по мощности установленного оборудования, по видам сжигаемого топлива, по возрастному цензу, территориальности, по ведомственной принадлежности и т.д.

Работа может быть углублена и индивидуализирована в части материальной оценки потерь энергии и повышения эффективности использования оборудования для любой из перечисленных ТЭС РФ.