

## Новости российской теплоэнергетики

В. В. Куличихин, НИУ «МЭИ»

К значительным новостям российской энергетики следует отнести разработку широко известным в узких кругах д.т.н., проф., членом экспертного Совета ВАК В.С.Агабабовым оригинальной методики определения электрического КПД детандер-генераторных агрегатов (далее – ДГА или просто детандер) [1, 2].

Данные ДГА предназначены для использования избыточного давления природного газа (ПГ), поступающего в энергетический объект.

Как известно, для оценки эффективности различных агрегатов, установок и устройств в термодинамике и теплотехнике применяются следующие КПД:

- относительный электрический КПД  $\eta_{оэ}$ , который рассчитывается по следующей формуле:

$$\eta_{оэ} = \eta_{oi} \eta_{мех} \eta_{эг},$$

где  $\eta_{oi}$  – относительный внутренний КПД (отношение использованного теплоперепада к располагаемому),  $\eta_{мех}$  – КПД, учитывающий механические потери в подшипниках,  $\eta_{эг}$  – КПД электрического генератора [3].

В ДГА, установленных на ТЭЦ-21 и ТЭЦ-23 Мосэнерго, между турбиной ДГА и электрическим генератором располагается редуктор. В связи с этим расчет относительного электрического КПД должен производиться по следующей формуле:

$$\eta_{оэ} = \eta_{oi} \eta_{ред} \eta_{мех} \eta_{эг},$$

где  $\eta_{ред}$  – КПД редуктора. Остальные обозначения приведены выше.

Г-ном В. С. Агабабовым в разработанной им методике с использованием обозначений точек на рисунке 1 для расчета КПД детандера по выработке электроэнергии была предложена формула:

$$\eta_{эф} = (h_3 - h_1) / (h_3 - h_0) \quad (1)$$

(первый вариант формулы представлен в [1])

Однако в результате последующих шестилетних углубленных исследований (в период с 2011 г. по 2017 г.) «вопроса анализа эффективности использования турбодетандеров в схемах тепловых электростанций» г-н В. С. Агабабов пришел к выводу о том, что КПД детандера следует рассчитывать по другой формуле, а именно:

$$\eta_э = (h_3 - h_0) / (h_3 - h_1) \quad (2)$$

(второй вариант формулы представлен в [2]).

Из сопоставления формулы (2) от 2017 г. и формулы (1) от 2011 г. следует заключить, что г-н В.С. Агабабов поменял в них местами числитель и

знаменатель. Вероятно, на то были значительные научные обоснования, то в доступной литературе автор ничего не сообщил об их существовании.

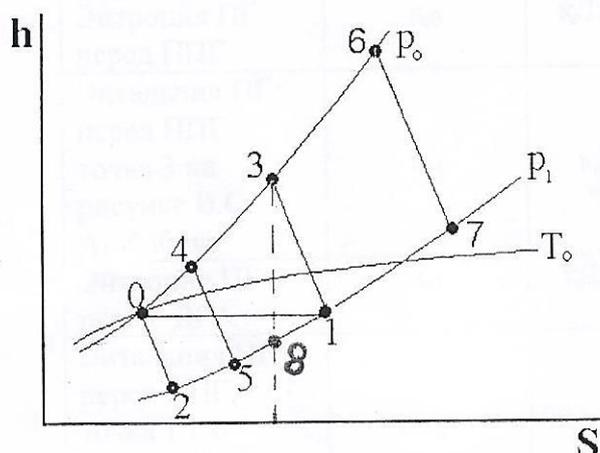


Рисунок 1. Процессы в ДГА в  $hs$ -диаграмме (заимствован из [2]; для расчета относительного внутреннего КПД детандера ( $\eta_{oi}$ ) на рисунке добавлена точка 8.

При этом как в [1], так и в [2], г-н В. С. Агабабов утверждал, что КПД детандера по выработке электроэнергии «будет близок к единице», т.е. к 100%.

Некоторым пробелом в этих научных разработках В. С. Агабабова являлось отсутствие в [1, 2] каких-либо результатов экспериментальных и расчетных исследований, подтверждающих правомерность нового революционного подхода г-на В. С. Агабабова к определению электрических характеристик детандеров.

Данный пробел был устранен представленными ниже результатами расчетов на основе экспериментальных данных основных параметров: расхода, давления, температур природного газа перед и после детандера мощностью 5 МВт, который был установлен на ТЭЦ-21 энергосистемы «Мосэнерго» (см. таблицу).

Указанные экспериментальные данные были приведены в кандидатской диссертации Ю.Л. Гуськова [4]. Заметим попутно, что эти же экспериментальные данные были использованы г-ном В. С. Агабабовым в его докторской диссертации<sup>1</sup> [5].

Из таблицы следует, что при расчетах как по формуле г-на В.С. Агабабова (1), так и по формуле В.С. Агабабова (2) КПД детандера находятся на очень высоком уровне.

<sup>1</sup> Они были использованы В. С. Агабабовым без указания ссылок на диссертацию Ю. Л. Гуськова, что являлось нарушением Положения о порядке присуждения ученых степеней.

Таблица экспериментальных и расчетных параметров детандера мощностью 5 МВт на ТЭЦ-21 энергосистемы «Мосэнерго».

Параметры	Обозначение	Размерность	1	2	3	4
Давление ПГ перед ДГА	$P_{r1}$	МПа	0.78	0.78	0.8	0.8
Температура ПГ перед ДГА	$t_{r1}$	$^{\circ}\text{C}$	62	62,2	62,2	62,5
Давление ПГ после ДГА	$P_{r2}$	МПа	0,12	0,12	0,12	0,12
Температура ПГ после ДГА	$t_{r2}$	$^{\circ}\text{C}$	-12	-8,4	-3,7	0,6
Энтальпия ПГ перед ППГ, точка 0 на рисунке В.С.Агабабова	$h_{r0}$	кДж/кг	1553,41	1551,64	1552,73	1552,73
Энтропия ПГ перед ППГ	$s_{r0}$	кДж/кг·К	10,3	10,29	10,28	10,28
Энтальпия ПГ перед ППГ, точка 3 на рисунке В.С.Агабабова	$h_{r1}$	кДж/кг	1706,03	1706,5	1705,08	1705,78
Энтропия ПГ перед ДГА	$s_{r1}$	кДж/кг·К	10,82	10,82	10,8	10,8
Энтальпия ПГ после ДГА, точка 1 на рисунке В.С.Агабабова	$h_{r2}$	кДж/кг	1554,67	1552,45	1562,64	1571,99
Энтропия ПГ после ДГА	$s_{r2}$	кДж/кг·К	11,24	11,27	11,31	11,34
Энтальпия при $s=s_{\text{cons}}$ , точка 8 на рисунке В.С.Агабабова	$h_{r2}^*$	кДж/кг	1446,9	1446,9	1441,6	1441,6
Расчетная мощность турбодетандера	$N_{\text{э}}$	кВт	4428,80	3858,26	3225,29	2822,85
Относительный внутренний КПД	$\eta_{oi}$	%	62,2699	59,34129	54,06103	50,6435
Эксергетический КПД	$\eta_{\text{экс}}$	%	44,791	42,885	39,073	36,214
КПД по формуле В.С.Агабабова (1)	$\eta_{\text{АГА1}}$	%	105,762	94,476	93,440	87,415
КПД по формуле В.С. Агабабова (2)	$\eta_{\text{АГА2}}$	%	94,5835	100,5258	106,9573	114,3957

Условные обозначения: ПГ – природный газ, ППГ – подогреватель природного газа, ДГА – детандер-генераторный агрегат. Формула В.С.Агабабова (1):  $\eta_{\text{эф}} = (h_3 - h_1) / (h_3 - h_0)$ .

Формула В.С. Агабабова (2):  $\eta_s = (h_3 - h_0) / (h_3 - h_1)$ .

При этом в расчетах по формуле (2), рекомендованной В. С. Агабабовым в [2], КПД детандера по выработке электроэнергии оказывается не только

«близок» к единице» (100%), как он обещал в [1, 2], но и в трех режимах из четырех превышает 100%.

На основании представленных расчетов можно прийти к заключению, что разработанная и предлагаемая методика г-на В. С. Агабабова нарушает основные и известные законы термодинамики, согласно которым КПД детандера по выработке электроэнергии не может превышать 100%. Это также свидетельствует об отсутствии у г-на В. С. Агабабова элементарных знаний в области термодинамики и теплоэнергетики.

При этом, как видно из таблицы, КПД по выработке электроэнергии, рассчитанный по формуле В. С. Агабабова (2), даже имеет тенденцию к увеличению при снижении мощности детандера, что также является нарушением законов термодинамики.

Полученные результаты, с одной стороны, ставят под сомнение правомочность присуждения г-ну В. С. Агабабову ученой степени доктора технических наук, присвоения ученого звания профессора и включения в состав экспертного Совета ВАК, а, с другой стороны, являются основаниями для выдвижения его кандидатуры на соискание Шнобелевской премии.

#### Список литературы:

1. Агабабов В.С., Корягин А. В. «Бестопливные детандер-генераторные установки», учебное пособие. Москва. Издательский дом МЭИ, 2011 г.
2. Агабабов В.С. «К вопросу анализа эффективности использования турбодетандеров в схемах тепловых электростанций». Энергосбережение и водоподготовка», 2017 г., №2, с. 71-73.
3. «Тепловые электрические станции»/ Буров В. Д. и др. Издательский дом МЭИ, 2007 – 466 с. с ил., страницы 16-20.
4. Гуськов Ю. Л. «Повышение эффективности работы ТЭЦ на основе внедрения детандер-генераторных агрегатов». Кандидатская диссертация (Москва, МЭИ (ТУ), 1997).
5. Агабабов В. С. «Влияние детандер-генераторных агрегатов на тепловую экономичность тепловых электрических станций». Докторская диссертация (Москва, МЭИ (ТУ), 2003).