

MÜHƏNDİS QURĞULARI VƏ İNŞAAT KONSTRUKSIYALARI

УДК 620.92.220

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КПД ТУРБОДЕТАНДЕРОВ

В.В. КУЛИЧИХИН, И.Р. ЗАКИРОВА

(НИУ «МЭИ»)

Как известно, для оценки эффективности установок и устройств в термодинамике и теплоэнергетике применяется методика, в которой используются следующие КПД:

-относительный электрический КПД $\eta_{\text{оз}}$, который рассчитывается по формуле

$$\eta_{\text{оз}} = \eta_{\text{oi}} * \eta_{\text{мех}} * \eta_{\text{эг}}$$

где η_{oi} – относительный внутренний КПД (отношение использованного теплоперепада к располагаемому: $\eta_{\text{oi}} = (h_3 - h_1) / (h_3 - h_8)$, в соответствии с обозначениями, приведенными на рисунке), $\eta_{\text{мех}}$ – КПД, учитывающий потери в подшипниках, $\eta_{\text{эг}}$ – КПД электрического генератора (см., например, с. 18 в [1]).

Детандер – генераторные агрегаты (ДГА) предназначены для использования избыточного давления природного газа (ПГ), поступающего на энергетический объект /2/.

В ДГА, установленных на ТЭЦ -21 и ТЭЦ-23 Мосэнерго /2/, между турбиной ДГА и электрическим генератором располагался редуктор. В связи с этим расчет относительного электрического КПД должен производиться по следующей формуле:

$$\eta_{\text{оз}} = \eta_{\text{oi}} * \eta_{\text{ред}} * \eta_{\text{мех}} * \eta_{\text{эг}}$$

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

В противоположность вышеуказанным основным формулам из методики, принятой в термодинамике и теплоэнергетике, в /3, 4/ была представлена новая, революционная методика с использованием иных формул для расчета КПД турбодетандера.

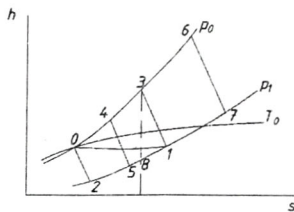


Рисунок. Процессы, происходящие в детандерах в h, S - диаграмме.

(Рисунок заимствован из /3, 4/).

Примечание: в рисунок авторами данной статьи добавлена точка 8. При ее отсутствии в /3, 4/ невозможно с использованием других обозначений на рисунке рассчитать относительный внутренний КПД детандера по формуле ($\eta_{\text{oi}} = (h_3 - h_1) / (h_3 - h_8)$), которая обычно приводится в учебниках по термодинамике и теплоэнергетике.

Так, в /3/ была предложена формула для расчета неизвестного в науке, так называемого эффективного КПД $\eta_{\text{эф}}$, которая с использованием обозначений на рисунке имеет следующий вид:

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

Эта формула не имеет ничего общего с законами термодинамики и теплоэнергетики, так как разность энтальпий $(h_3 - h_1)$ – использованный для выработки электроэнергии теплоперепад в ДГА при расширении ПГ от давления P_0 до давления P_1 (в числителе) сравнивается с теплом, подведенным к ПГ перед ДГА при постоянном давлении P_0 , определяемым разностью энтальпий $(h_3 - h_0)$ (в знаменателе). При этом в /3/ утверждалось, что «КПД детандера будет близок к единице» (т.е. к 100%) (!!).

Однако в результате последующих шестилетних углубленных исследований (в период с 2011 г. по 2017 г.) «вопроса анализа эффективности использования турбодетандеров в схемах тепловых электростанций» автор в /4/ пришел к принципиально новому заключению о том, что так называемый эффективный КПД детандера следует рассчитывать по совершенно другой формуле, а именно:

$$\eta_{эф} = (h_3 - h_0) / (h_3 - h_1) \quad (2)$$

Из сопоставления формулы (2) от 2017 г. и формулы (1) от 2011 г. можно заключить, что автор /4/ поменял в них

местами числитель и знаменатель. Вероятно, на то у него были весомые научные обоснования, но в /4/ он ничего не сообщил об их существовании.

При этом в /4/, как и ранее в /3/, утверждалось, что КПД детандера по выработке электроэнергии будет близок к единице, т.е. к 100%.

Значительным пробелом в /3, 4/ являлось отсутствие каких-либо результатов экспериментальных и/или расчетных исследований, подтверждающих правомерность нового революционного подхода авторов к определению электрических характеристик детандеров с использованием так называемого эффективного КПД.

Таблица

Экспериментальные и расчетные показатели турбодетандера

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}	С°	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}	С°	-12	-8,4	-3,7	0,6
Энтальпия ПГ перед ППГ, точка 0 на рисунке	h_{r0}	кДж/кг	1553,41	1551,64	1552,73	1552,73
Энтальпия ПГ перед ППГ, точка 3 на рисунке	h_{r1}	кДж/кг	1706,03	1706,5	1705,08	1705,78
Энтальпия ПГ перед ДГА	h_{r1}	кДж/кг*К	10,82	10,82	10,8	10,8
Энтальпия ПГ после ДГА, точка 1 на рисунке	h_{r2}	кДж/кг	1554,67	1552,45	1562,64	1571,99
Энтальпия ПГ после ДГА	h_{r2}	кДж/кг*К	11,24	11,27	11,31	11,34
Энтальпия при $s=const$, точка 8 на рисунке	h_{r2*}	кДж/кг	1446,9	1446,9	1441,6	1441,6
Расчетная мощность турбодетандера	$N_{э}$	кВт	4428,80	3858,26	3225,29	2822,85
Относительный внутренний КПД	η_{oi}	%	59,34	58,41	54,06103	50,6435
Эксергетический КПД	$\eta_{экс}$	%	44,791	42,885	39,073	36,214
КПД по формуле (1)	η_1	%	99,17	99,47	93,490	87,415
КПД по формуле (2)	η_2	%	100,836	100,5258	106,9573	114,3957

Этот пробел был устранен представленными ниже результатами выполненных авторами данной статьи расчетов с использованием экспериментальных данных по основным параметрам: расхода, давления, температур ПГ перед и после ДГА мощностью 5 МВт, который был ус-

тановлен на ТЭЦ-21 энергосистемы «Мосэнерго» (см. таблицу). По экспериментальным значениям давления и температуры ПГ перед и после ДГА были определены значения энтальпий ПГ в различных точках.

Указанные экспериментальные дан-

ные были приведены в кандидатской диссертации /5/. Заметим попутно, что эти же экспериментальные данные были заимствованы автором /4/ в его докторской диссертации /6/.

Как видно из таблицы, при расчетах с использованием «более современной» формулы от 2017 г., рекомендуемой автором /4/, КПД детандера при различных режимах эксплуатации не только близок к единице (т.е. 100%), но и превышает ее, достигая 114%, что противоречит известным законам термодинамики. Кроме того, из этой же таблицы усматривается тенденция к увеличению КПД турбодетандера при уменьшении его мощности, что также не соответствует законам термодинамики.

В то же время относительный внутренний КПД турбодетандера, рассчитанный по вышеприведенной формуле из /1/, для тех же режимов эксплуатации составлял от 59,34% до 50,64%, и в соответствии с законами термодинамики уменьшался с уменьшением мощности турбодетандера.

Условные обозначения: ПГ – природный газ, ППГ – подогреватель природного газа, ДГА – детандер-генераторный агрегат. Формула (1): $\eta_{эф} = (h_3 - h_1) / (h_3 - h_0)$. Формула (2): $\eta_2 = (h_3 - h_0) / (h_3 - h_1)$.

ВЫВОДЫ

Предложенная в /3, 4/ методика с использованием формул для расчета так называемого эффективного КПД детандера, доселе неизвестного в науке, противоречит основным законам термодинамики и теплоэнергетики и свидетельствует об отсутствии у ее авторов элементарных познаний в этих областях, несмотря на наличие у них ученых степеней и званий. Они были заимствованы автором диссертации /6/ без указания ссылки на диссертацию /5/, что являлось нарушением Положения о порядке присуждения ученых степеней.

В письме первому автору данной статьи Председателя Комиссии Россий-

ской академии наук (РАН) по лженауке, академика Е.Б. Александрова указывалось, что диссертация /6/ является плагиатом.

Список использованных источников

1. Тепловые электрические станции. Учебник для вузов./Буров В.Д. и др. Издательский дом МЭИ 2007; 466.
2. Степанец А.А., Горюнов И.Т., Гуськов Ю.Л. Энергосберегающие комплексы, основанные на использовании перепада давления на газопроводах. Теплоэнергетика 1995, (6): 33-35.
3. Агабабов В.С., Корягин А.В., Бестопливные детандер-генераторные установки. Учебное пособие. Издательство МЭИ. Москва 2011.
4. Агабабов В.С. К вопросу анализа эффективности использования турбодетандеров в схемах тепловых электростанций. Энергосбережение и водоподготовка. 2017, (2):71-73.
5. Гуськов Ю.Л. Повышение эффективности работы ТЭЦ на основе внедрения детандер-генераторных агрегатов. Диссертация на соискание уч. степени кандидата техн. наук. Москва, МЭИ (ТУ) 1997.
6. Агабабов В.С. Влияние детандер-генераторных агрегатов на тепловую экономичность тепловых электрических станций. Диссертация на соискание уч. степени доктора техн. наук. Москва МЭИ (ТУ) 2003.

РЕЗЮМЕ

В статье анализируется методика определения КПД турбодетандеров. Предлагается простая и удобная для практических расчетов методика. Данную методику успешно можно использовать в практических расчетах.

Отзыв дал на статью заведующий кафедрой «Строительство инженерных систем и сооружений» АЗАСУ, к.т.н. Н.Я.Мамедов.