

УДК 621.165

Е.В. ЛЕВЧЕНКО*, канд. техн. наук, В.П. СУХИНИН**, д-р техн. наук,
А.Д. КАНТЕМИР*, канд. техн. наук, В.М. КАПИНОС***, д-р техн. наук,
В.В. НАВРОЦКИЙ***, канд. техн. наук, Т.И. МИХАЙЛЕНКО***

* ОАО «Турбоатом»

** Украинская инженерно-педагогическая академия

*** Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

ЭФФЕКТИВНЫЕ ТУРБИНЫ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Розглядається новий підхід до оцінки технічного рівня турбін малої потужності, який дозволяє знайти в певній мірі визначені показники.

The new approach to estimation of the technical level of small power turbines, which can be finding in certain degree with determinated indexes, is considered.

В рассматриваемой работе ОАО «Турбоатом», являющейся по существу продолжением разработки [1], сформулирована целесообразность дальнейшего выпуска серийных турбин малой мощности, конкурирующих на рынке турбин подобного типа по экономичности выработки тепловой, электрической энергии и другим показателям, рассматриваемым ниже.

Объективная оценка технического уровня энергетического оборудования, в частности, турбин, имеет важное значение как при выборе наилучшего варианта изделия, так и при его использовании, определении эффективности эксплуатации, обосновании сертификата и др.

Чтобы оценка технического уровня была достаточно объективной и определенной, она должна быть количественной. Интуитивный подход к оцениваемым вариантам на современном этапе разработки новых турбин не может быть приемлемым. Из большого числа показателей, характеризующих в той или иной мере качество турбины, можно выделить ориентировочно такие основные показатели, которые прямо или косвенно обусловлены ее конструкцией: тепловая экономичность, надежность и долговечность, совершенство и достаточное количество защитных устройств, совершенство технологии изготовления, быстрота пуска, малые расходы на обслуживание и ремонт, малый вес и расход металла, низкая стоимость турбины и сооружения, продолжительность эксплуатации без ремонта и др.

Многие из перечисленных показателей затруднительно определять количественно, числом, что необходимо для объективного определения технического уровня изделия. Поэтому для оценочных коэффициентов вводим их весовые значения. Эти коэффициенты имеют в известной мере условный характер, но вполне приемлемы для сравнительных расчетов.

Технический уровень определяем по показателям экономичности, надежности, стоимости, металлоемкости и габаритам турбины с использованием весовых коэффициентов, приведенных в табл. 1 и в формуле для определения критерия качества турбин K_0 (один из рассмотренных вариантов).

$$K_0 = 30 \frac{h_{стэ}}{h} + 28 \frac{b_э}{b} + 16 \frac{B_э}{B} + 10 \frac{m_э}{m} + 8 \frac{S_э}{S} + 8 \frac{V_э}{V}, \quad (1)$$

(индексом «э» обозначены показатели турбины аналога)

Таблица 1. Технический уровень турбин по критерию K_0 и среднему значению КПД η_{oi}

Тип турбины	$h_{ст}$	b	$B \cdot 10^4$	m	S	V	K_0	η_{oi}
Р-12-3,4/0,3 ОАО «Турбоатом»	9,77	7,70	3,00	3,00	0,8	0,8	105,4	0,842
Р-12-3,5/0,5 КТЗ	12,90	9,56	2,87	2,08	1,0	1,0	100	0,832
Р-4-3,5/0,3 КТЗ	14,00	8,90	3,13	4,10	1,02	1,02	93,49	0,797
Р-4-1,3/0,6 ОАО «Турбоатом»	33,20	36,30	9,58	4,40	2,04	2,04	61,33	0,794
Р-4-1,3/0,6 альтер. вар.	8,30	33,90	2,35	8,6	0,7	0,7	86,44	0,808
Р-2,15-1,4/0,6 ОАО «Турбоатом»	44,87	30,23	1,03	5,58	1,03	1,03	82,19	0,790

где $h_{ст}$ – перепад энтальпии, как показатель надежности, (первоначально в качестве характеристики надежности было принято время пуска, однако этот показатель в большинстве случаев отсутствует), кДж/кг;

b – удельный расход пара, кг/(кВт·ч);

B – параметр, пропорциональный стоимости турбины, определяемой через стоимость ступени и число ступеней [2];

m – удельная масса турбины, кг/кВт;

V – удельный объем здания, м³/кВт;

S – удельная площадь здания, м²/кВт.

Результативный показатель уровня качества, вычисленный по формуле (1) и определяемый согласно табл. 1 и 2, оказался самым высоким у турбины Р-12-3,4/0,3 ОАО «Турбоатом» из рассматриваемых шести типов турбин:

1. Р-12-3,4/0,3 ОАО «Турбоатом»,
2. Р-12-3,5/0,5 КТЗ,
3. Р-4-3,5/0,3 КТЗ,
4. Р-4-1,3/0,6 ОАО «Турбоатом»,
5. Р-4-1,3/0,6 альтернативный вариант, (по числу ступеней)
6. Р-2,15-1,4/0,6 ОАО «Турбоатом»

Это свидетельствует о высоком техническом уровне разработки противодавленческой турбины малой мощности, выполненной ОАО «Турбоатом».

Анализ показывает, что технический уровень турбины Р-12-3,4/0,3 оказался выше, чем у других пяти турбин благодаря, главным образом, следующим показателям: удельному расходу пара (этот показатель ниже, чем у аналогичной по типу турбины КТЗ [3]) и значению перепада энтальпии на ступень, принятого в качестве критерия надежности турбин (первоначально, как отмечалось выше, в качестве критерия надежности было принято время пуска). Показательным является также третий

критерий, характеризующий экономичность турбины – это сводимое к среднему значению КПД η_{0i} , вычисленному как результат осреднения расчетов восьмью методами, разработанными в разное время в разных странах (табл. 2).

Таблица 2. Приближенная оценка КПД турбины

Тип турбины	Методы оценки КПД							
	Мелана	МЭИ	Эквивалентного сопла	Парсонса	Траупеля	Фирмы Альстом-Атлантик	Фирмы Прагг и Уитни	Метод Бейли Коттона
Турбина ОАО «Турбоатом» Р-12-3,4/0,3	0,84	0,836	0,84	0,85	0,86	0,809	0,85	0,848
Турбина КТЗ Р-12-3,5/0,5	0,837	0,807	0,835	0,82	0,861	0,807	0,86	0,825
Турбина КТЗ Р-4-3,5/0,3	0,791	0,785	0,79	0,8	0,85	0,723	0,85	0,787
Турбина ОАО «Турбоатом» Р-4-1,3/0,6	0,836	0,787	0,856	–	0,86	0,632	0,8	0,791
Турбина Р-4-1,3/0,6 Альтер. вар.	0,836	0,781	0,854	0,83	0,86	0,628	0,87	0,808
Турбина ОАО «Турбоатом» Р-2,15-1,4/0,6	0,83	0,772	0,845	–	0,862	0,637	0,8	0,786

Таким образом, турбины малой мощности ОАО «Турбоатом» по своему техническому уровню вполне убедительно могут конкурировать с аналогичными турбинами других турбинных заводов.

Литература

1. Левченко Е.В., Аркадьев Б.А., Кантемир А.Д., Рохленко В.Ю. Турбины малой мощности с противодавлением НПО «Турбоатом» // Теплоэнергетика. – 1997. – №1. – с. 31-35.
2. Зальф Г.А., Звягинцев В.В. Тепловой расчет паровых турбин – Л.: Машгиз, 1961. – 291 с.
3. Шляхин П.Н., Бершадский М.Л. Краткий справочник по паротурбинным установкам – М.Л.: Энергия, 1970. – 215 с.

© Левченко Е.В., Сухинин В.П., Кантемир А.Д., Капинос В.М., Навроцкий В.В., Михайленко Т.И., 2006