

УДК 621.438

**НЕКОТОРЫЕ ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ
УСТАНОВОК ФИРМЫ GENERAL ELECTRIC
SOME DESIGNING PRINCIPLES
OF GENERAL ELECTRIC'S GAS TURBINES**

Т.Ю. Пожарицкий, С.Д. Крутиков, И.А. Лебедевич

Научный руководитель – С.А. Качан, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
kachan@bntu.by

T. Pozharitsky, S. Krutsikau, I. Lebedevich
Supervisor – S. Kachan, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

***Аннотация:** рассмотрены основные принципы проектирования газотурбинных установок фирмы General Electric. Приведены основные характеристики энергетических газотурбинных установок и комбинированных парогазовых установок этой фирмы.*

***Abstract:** the basic principles of designing of General Electric's gas turbine units are considered. The main characteristics of gas turbine units and combined cycle units of this company are given.*

***Ключевые слова:** газотурбинные установки, парогазовые установки, принципы конструирования, показатели.*

***Keywords:** gas turbine units, combined cycle units, designing principles, indicators.*

Введение

Газотурбинные технологии за последние полвека получили интенсивное развитие. Мощность и эффективность газотурбинных (ГТУ) и парогазовых (ПГУ) установок на их основе непрерывно и последовательно возрастают; совершенствуются основные компоненты установок. На примере ГТУ фирмы General Electric (GE) рассмотрим некоторые базовых принципы проектирования этих энергоустановок, позволившие им занять достойное место на энергетическом рынке.

Основная часть

Рассмотрим значение некоторых принятых фирмой GE за основу принципов, соблюдаемых при конструировании газотурбинных установок, и целей, преследуемых при их разработке, применительно ко всему семейству газовых турбин.

К основным принципам относятся:

- постепенное совершенствование конструкции,
- масштабное изменение геометрических размеров и
- тщательная проработка до запуска в производство.

Подход по принципу постепенного совершенствования конструкции оказался весьма плодотворным и еще послужит основой для будущих разработок.

В результате применения эволюционного подхода, составляющего суть первого принципа, создано, в частности, семейство осевых компрессоров, технические данные которых, такие как расход воздуха, степень сжатия и КПД, улучшались для каждого следующего аппарата в семействе, сохраняя надежность на уровне прежнего испытанного устройства.

Еще одним успешным результатом использования эволюционного подхода является усовершенствование турбины MS7001. Ее эксплуатационные характеристики улучшили поэтапно, последовательно создав пять модификаций, А, В, С, Е, ЕА и F.

Второй чрезвычайно плодотворный руководящий принцип разработки изделий фирмы GE заключается в масштабном изменении геометрических размеров как компрессоров, так и самих турбин.

Использование масштабного изменения геометрических размеров основано на возможности уменьшать или увеличивать физические размеры машины, одновременно увеличивая или уменьшая число оборотов с целью получения аэродинамически и механически подобных компрессоров и турбин.

Применение принципа масштабного изменения размеров позволило создать семейство компрессоров и турбин на базе уже испытанных конструкций.

Такие агрегаты, как MS1002, MS5001, MS6001 и MS9001, спроектированы по принципу масштабного изменения геометрических размеров одноименных компонентов конструкции агрегатов MS3002 и MS7001 с сохранением геометрического подобия упомянутым компонентам.

Благодаря этому обеспечена неизменность температур, давлений, углов установки лопаток и напряжений. Кроме того, не изменяют своих значений такие важные параметры циклов, как степень сжатия и КПД.

Если коэффициент масштабного преобразования выразить через отношение диаметров валов, то число их оборотов изменяется обратно пропорционально этому отношению.

Линейные размеры изменяются прямо пропорционально коэффициенту масштабного преобразования; изменение расхода воздуха и мощности пропорционально квадрату коэффициента масштабного преобразования; изменение массы пропорционально кубу коэффициента масштабного преобразования как показано в таблице 1 [1].

Отношения частот вибрации лопаток к частоте оборотов и напряжениям, вызванным действием центробежных сил, имеют постоянное значение для всех компрессоров и турбин с подобными геометрическими размерами. Из вышесказанного следует, что применение принципа масштабного преобразования геометрических размеров допускает максимальное использование ранее накопленного опыта.

Суть третьего руководящего принципа конструирования, соблюдаемого фирмой GE, состоит в тщательной опытно-конструкторской проработке. Такая

проработка включает в себя анализ конструкции, высокое качество изготовления, испытания и учет опыта эксплуатации. Свидетельством неуклонного соблюдения фирмой GE данного принципа являются ее крупные инвестиции в оборудование, необходимое для проведения опытно-конструкторских работ и испытаний.

Большое значение имеют также проблемы компактности, обеспечения гибкости в использовании различных видов топлива и снижения требований к техническому обслуживанию.

Таблица 1 Коэффициенты масштабного преобразования размеров [1]

Коэффициент масштабного преобразования размеров	0,5	1	2
Степень сжатия	1	1	1
КПД	1	1	1
Об/мин	2	1	0,5
Линейные скорости	1	1	1
Расход воздуха	0,25	1	4
Мощность	0,25	1	4
Масса	0,125	1	8
Напряжения	1	1	1
Частота/диапазон изменения скорости вращения	1	1	1
Скорость конца лопатки	1	1	1

Для наглядности в таблице 2 приведены основные показатели линейки ГТУ фирмы GE и ПГУ на их основе.

Таблица 2 – Основные показатели ГТУ фирмы GE и ПГУ на их основе [2]

Тип ГТУ	Вид установки	Мощность, МВт	Частота, Гц	КПД, %
MS9001H	ПГУ	520	50	58,0
MS7001H	ПГУ	400	60	57,4
MS9001FB	ПГУ	412,9	50	54,7
MS7001FB	ПГУ	280,3	60	54,6
MS6001FA	ПГУ	117,7	50	35,0
	ПГУ	118,1	60	34,8
	ГТУ	75,9	50	56,0
	ГТУ	75,9	60	36,5
MS7001FA	ПГУ	262,6	60	56,7
	ГТУ	171,7	60	36,9
MS9001FA	ПГУ	390,8	50	51,9
	ГТУ	255,6	50	33,8
MS9001E	ПГУ	193,2	50	50,2
	ГТУ	126,1	50	32,7
MS7001EA	ПГУ	130,2	60	54,0
	ГТУ	85,1	60	54,0
MS6001B	ПГУ	62,8	50	36,3
	ПГУ	62,8	60	36,3
	ГТУ	42,3	50	49,0

MS6001C	ГТУ	42,3	60	49,0
	ПГУ	64,3	50	32,1
	ПГУ	64,3	60	58,0
	ГТУ	42,1	50/60	57,4

Заключение

Рассмотренные принципы конструирования в значительной степени обеспечили постоянное совершенствование газовых турбин соответственно уровню современной технологии, ими и в настоящее время продолжают руководствоваться при выполнении научно-технических и опытно-конструкторских работ.

Литература

1. Brandt, D. Принципы конструирования газовых турбин фирмы GE / D. Brandt, R. Wesorick // GE Industrial & Power Systems Schenectady, NY.
2. GE Energy Gas turbine and combined cycle products [Электронный ресурс] / GE Energy Gas turbine and combined cycle products. – Режим доступа: <https://generalequipment.info/FRAME%209.pdf> /. – Дата доступа: 01.03.2024.