

Раздел шестой
**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ДЛЯ
 ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**
6.3. ТЕПЛО- И ЭЛЕКТРОСНАБЖАЮЩИЕ УСТАНОВКИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ
6.3.5. Применение газопоршневых агрегатов для производства тепловой и электрической энергии
Ильин Е.Т. ЗАО «Комплексные энергетические системы»

В настоящее время широкое распространение при комбинированном производстве тепловой и электрической энергии на малых установках находят газопоршневые агрегаты (ГПА), представляющие собой газовый двигатель внутреннего сгорания, работающий на газовом топливе. Ряд зарубежных фирм и отечественных производителей изготавливают ГПА мощностью от нескольких киловатт до 10 МВт с утилизацией тепла для нужд теплоснабжения. Ниже приводится перечень наиболее широко распространенных производителей таких малых газопоршневых электростанций:

Производитель (страна)	Мощность, кВт
Caterpillar (США)	70...5900
Cummins (США)	4,2...2000
Deutz (Германия)	172...3916
FG Wilson (Великобритания)	10...1000
Guascor (Испания)	142...957
Jenbacher (Австрия/США)	312...3041
Rolls-Royce (Великобритания)	2400...8500
Tedom (Чехия)	25...5900
Wartsila (Финляндия)	3888...8730
Waukesha (США)	75...3250

Главным элементом такой станции является газовый двигатель внутреннего сгорания, который является приводом для электрического генератора. Генераторы могут быть синхронными или асинхронными. Причем синхронный генератор может работать в автономном режиме или параллельно с сетью. Двигатель и генератор чаще всего соединяются в один блок, устанавливаемый на фундаментной раме. Генерируемый электрический ток выдает-ся в сеть.

Тепловая энергия образуется при охлаждении двигателя (первичный контур) и утилизации тепла уходящих газов (второй контур). Первичный контур обеспечивает охлаждение двигателя и отвод тепла от двигателя во вторичный контур. Охлаждение двигателя как правило водяное. Циркуляция жидкости первого контура обеспечивается насосами. Далее в зависимости от схем, используемых производителями, охлаждающая вода первичного контура направляется в водо-водяной теплообменник, для подогрева воды идущей во второй контур, и потом направляется на всас насоса первичного контура.

Вторичный контур является главным тепловым контуром, предназначенным для снабжения потребителя теплом. Внутри контура осуществляется передача тепловой

мощности от уходящих газов и от первичного контура для теплоснабжения непосредственно потребителя.

Каждая такая установка представляет собой единый модуль или комбинацию модулей, оснащенных необходимым оборудованием и системами, смазки, автоматического управления, системами зажигания и защиты.

При эксплуатации традиционных (паровых) электростанций, в связи с технологическими особенностями процесса генерации энергии, образуется большое количество выработанного тепла. Утилизация которого не всегда возможна, и приходится значительную часть сбрасывать в атмосферу через конденсаторы пара, градирни и т.п. В табл. 6.14 приводится сопоставление удельных выработок электроэнергии различными типами установок на тепловом потреблении.

Анализ приведенных результатов показывает, что паротурбинные и парогазовые установки эффективны для ТЭЦ большой мощности, а для ТЭЦ малой мощности более эффективными оказываются ГПА. Уже при электрической мощности в 1 МВт, тепловая мощность такого оборудования составляет около 1 МВт и тем самым обеспечивается высокая удельная выработка на тепловом потреблении и достаточно высокий КПД по выработке электрической мощности $\eta = 0,38$, поэтому ТЭЦ малой мощности на базе ГПА имеют следующие преимущества:

- установка компактная, заводской готовности, может работать в автоматическом режиме;
- не требует больших затрат на установку, может быть размещена в помещении легкой конструкции, контейнерного типа;
- хорошая ремонтпригодность;
- умеренные капиталовложения в строительство ТЭЦ (около 1000 дол. США на 1 кВт устанавливаемой мощности).

В табл. 6.15 приводятся реальные характеристики ГПА типа G3520C мощностью 2 МВт, фирмы Caterpillar.

Анализ этих характеристик показывает, что при высоких экономических показателях, эти установки имеют достаточно высокий выбросы вредных веществ, это характерно для всех ГПА. Кроме того, в процессе эксплуатации требуется выполнение определенных регламентных работ. Порядок проведения регламентных работ и их перечень приводятся в табл. 6.16—6.21.

Таблица 6.14. Показатели различных типов станций

Тип станции	Используемое топливо	Единичная мощность установки, МВт	Удельная выработка*	Электрический КПД	КПД использования топлива, %
Паротурбинная ТЭЦ	Все виды	0,1...250	0,2... 0,73	0,1...0,38	До 90
Газотурбинная ТЭЦ	Газ, газотурбинное топливо	0,25... 300	0,2... 1	0,2...0,46	До 85
Парогазовая ТЭЦ	Газ, газотурбинное топливо	3...800	0,2... 1,2	0,3...0,58	До 85
ГПА	Газ, дизельное топливо	0,05... 13	0,3... 1	0,3... 0,4	До 90

* Первая цифра относится к агрегатам меньшей единичной мощности.

Таблица 6.15. Характеристики газопоршневой установки типа G3520C

Номинальная электрическая мощность при $\cos\phi = 0,8$, кВт	2000
Напряжение, В	10 500
Расход природного газа при 100 % нагрузке, м ³ /ч	501
Содержание CO, приведенное к 5 % O ₂ , мг/м ³	957
Содержание NO _x , приведенное к 5 % O ₂ , мг/м ³	500
Габаритные размеры, м:	
длина	7,2
ширина	1,9
высота	2,3
Масса сухого агрегата, кг	24 000
Максимальная тепловая мощность, кВт	2144
Температура воды на входе/выходе из блока, °С	70/90
Температура выхлопных газов на входе/выходе из блока, °С	460/120
Расход воды через теплообменный блок, м ³ /ч	25,6
Максимальное давление воды в системе, МПа	0,6
Габаритные размеры, м:	
длина	6,2
ширина	2,4
высота	3,6

Таблица 6.16. Запасные части для ТО250 для генераторной установки типа G3516

Номер детали	Наименование	Количество на установку
CAT NGE0 SAE40	Масло для газовых двигателей	80 л
3P2044	Присадка к охлаждающей жидкости	2
185-4637	Смазка	1
26525	Очиститель поверхности	1
169-8373	Емкость для отбора проб масла	1

Таблица 6.17. Запасные части для ТО1000 для генераторной установки типа G3516

Номер детали	Наименование	Количество на установку
CAT NGE0 SAE40	Масло для газовых двигателей	416 л
1R-0726	Фильтр масляный	3
9Y-6792	Прокладка свечи	16
185-4002	Смазка дизлектрическая	3
4W-9725	Прокладка	1
4W9765	Прокладка	2
125-1372	Уплотнение	1
135-2651	Уплотнение	1
033-6031	Резиновое кольцо (сапун)	2
185-5346	Смазка	1
24333	Герметик для резьбовых соединений	1
18938	Жидкая прокладка	1
—	Технический полиэтилен, мешки для мусора	1
26525	Очиститель поверхности	1

Таблица 6.18. Запасные части для ТО2000 для генераторной установки типа G3516

Номер детали	Наименование	Количество на установку
8N-6309	Фильтр воздушный	2
185-5346	Смазка	1
154-9385	Фильтр газовый	1

Таблица 6.19. Запасные части для ТО4000 для генераторной установки типа G3516

Номер детали	Наименование	Количество на установку
7C-9710	Прокладка (байпас)	1
194-8518	Свеча зажигания	16
1U-5353	Салфетки технические	1
26525	Очиститель поверхности	1
23039	Моющий состав	20 л
4C-5598	Антизадирная смазка	1

Таблица 6.20. Запасные части для ТО8000 для генераторной установки типа G3516

Номер детали	Наименование	Количество на установку
1345958	Уплотнение	16
26525	Очиститель поверхности	1
125-0517	Ремонтный набор трансформатора	16

Таблица 6.21. Общий график технического обслуживания

Моточасы	Техническое обслуживание			
	1000	2000	4000	8000
1000	X	—	—	—
2000	—	X	—	—
3000	X	—	—	—
4000	—	—	X	—
5000	X	—	—	—
6000	—	X	—	—
7000	X	—	—	—
8000	—	—	—	X

Таким образом применение ГПА агрегатов не смотря на высокую степень автоматизации и компактность требует существенных затрат в процессе эксплуатации.

Вместе с тем приведенные выше характеристики показывают, что применение малых ТЭЦ на базе ГПА наиболее оптимально при малых тепловых нагрузках.

Сопоставление различных типов установок показывает, что наиболее оптимальное применение паротурбинных и газотурбинных установок для малых ТЭЦ с базовой тепловой нагрузкой (здесь и далее под базовой тепловой нагрузкой понимается нагрузка, которая сохраняется в течение всего года) начинается от $Q_T = 10$ Гкал/ч.

Для более низких нагрузок оправданным является использование малых ТЭЦ на базе ГПА при наличии соответствующего потребления электрической энергии