УДК 621.311.22

**ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПАРОВЫХ ТУРБИН В СОСТАВЕ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК**

Акобиров Дмитрий Идибекович1, Евгеньев Игорь Владимирович2

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

dmitry.akobirov@mail.ru1, evgenev\_i@mail.ru2

**Аннотация:** в данной статье описаны основные и актуальные особенности создания и эксплуатации паротурбинных установок в составе парогазовых установок. Рассматриваются основные проблемы, связанные с внедрением комбинированного цикла парогазовых установок на станции.

**Ключевые слова:** паровые турбины, парогазовые установки, газотурбинные установки, модернизация, проточная часть, котел-утилизатор, система регенерации.

**MAIN FEATURES AND PROBLEMS OF STEAM TURBINE OPERATION IN STEAM AND GAS PLANTS**

Akobirov Dmitry Idibekovich1, Evgenev Igor Vladimirovich2

FGBOU VO «KGEU», Kazan, Republic of Tatarstan

dmitry.akobirov@mail.ru1, evgenev\_i@mail.ru2

**Abstract:** this article describes the main and current features of the creation and operation of steam turbine plants as part of combined cycle plants. The main problems associated with the introduction of a combined cycle of combined cycle gas turbines at the station are considered.

**Key words:** steam turbines, combined cycle plants, gas turbine plants, modernization, flow path, waste heat boiler, regeneration system.

Установка высокоэффективных парогазовых установок в отечественном турбостроении и применение новейших технологических решений в этой области требует решения ряда проблем и соблюдения необходимых требований, позволяющих достичь конкурентных показателей коэффициента полезного действия вплоть до 60 %.

Внедрение парогазовых установок (ПГУ) может осуществляться путем либо нового строительства, либо ввода турбоустановок «старой» очереди в состав ПГУ. Как известно, ПГУ обладают существенными преимуществами как по сравнению с обычными паротурбинными (ПТУ), так и газотурбинными установками (ГТУ) [1, c 57-61]. В первую очередь, они позволяют обеспечить значительно более высокую экономичность, обусловленную высокой температурой газов на входе в ГТУ, и низкой температурой «холодного конца» ПТУ. Кроме того, ПГУ характеризуются значительно более низким уровнем вредных выбросов в атмосферу. Существенным достоинством ПГУ являются меньшие капитальные затраты. Сравнительно малые габариты ГТУ делают реальным преобразование существующих паротурбинных энергоблоков в процессе их реконструкции в ПГУ путем надстройки ГТУ в пределах существующих конструкций. Ко всем перечисленным достоинствам ПГУ необходимо также добавить высокую маневренность, так как режим совместной работы ГТУ и ПТУ может меняться в широких пределах, что позволяет их использовать для несения переменной части графика нагрузок [2, с 618].

Основные проблемы создания и эксплуатации паровых турбин для парогазовых установок связаны с обеспечением [3, с 124-127]:

1) высокой экономичности в пределах всего регулировочного диапазона нагрузок в соответствии с требованиями к маневренности ПГУ;

2) наименьшего времени пусков из различных тепловых состояний;

3) сокращения продолжительности монтажа и запуска в эксплуатацию;

4) участия паровых турбин в регулировании частоты и мощности в составе энергоблока;

5) использования унифицированных конструкций цилиндров и современных проточных частей.

Примерные параметры пара для ПГУ различных типов представлены в таблице.

Таблица

Примерные параметры пара для ПГУ различных типов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ПГУ | Пар высокого давления | Пар среднего давления (промперегрев) | Пар низкого давления |
| P, МПа | T, °С | P, МПа | T, °С | P, МПа | T, °С |
| Одного давления | 5 – 8 | 490 - 540 | - | - | - | - |
| Двух давлений | 5 – 8 | 490 – 540 | - | - | 0,5 – 0,7 | 200 - 230 |
| Трех давлений | 11 - 14 | 500 – 540 | 2 – 3,5 | 500 – 540 | 0,4 – 0,6 | 200 – 230 |

Говоря об особенностях паротурбинных установок, следует отметить практически полное отсутствие системы регенеративного подогрева конденсата и питательной воды [4, с. 421]. Как известно, именно регенеративная система является основным источником экономии топлива в традиционном паротурбинном цикле. Эта экономия возникает вследствие использования теплоты конденсации потоков пара отборов из промежуточных ступеней турбины для нагрева питательной воды до температуры 240 ­– 280 °С перед ее подачей в котел. В утилизационной ПГУ конденсат из конденсатора поступает на вход котла-утилизатора (КУ). Чем ниже температура этого конденсата, тем ниже температура уходящих газов КУ и выше и его экономичность. Отсутствие регенеративного подогрева питательной воды в ПТУ утилизационных ПГУ приводит к тому, что ее экономичность оказывается существенно ниже, чем КПД традиционных ПТУ. Однако следует помнить, что мощность паровой турбины утилизационной ПГУ получают за счет использования «бросовой» теплоты выхлопных газов ГТУ, и поэтому возникает «бесплатная» прибавка мощности, равная примерно половине мощности ГТУ [5, с 12-15].

 Другой особенностью ПТУ утилизационных ПГУ является использование докритических параметров пара. Нет сомнений в том, что переход на сверхкритические параметры приведет к повышению КПД паротурбинного цикла, однако нет уверенности в том, что это повышение не будет в значительной степени «съедено» уменьшением высоты облопачивания первых ступеней паровой турбины. Кроме того, существенный рост начальных капиталовложений и эксплуатационных затрат может полностью снять эффект от чрезмерного повышения начальных параметров паротурбинного цикла.

**Источники**

1. Баринберг Г.Д., Валамин А.Е., Култышев А.Ю. Модернизация энергоблоков с паровыми теплофикационными турбинами с помощью парогазового цикла на примере Т-100/120-130 // Надежность и безопасность энергетики, 2009, №2(5), 57-61 с.

2. Трухний А.Д. Стационарные паровые турбины // Энергоатомиздат, 1990, 641 с.

 3. Домрачев А.Л., Радин Ю.А. Паровые турбины для парогазовых установок, проблемы создания и эксплуатации // Всероссийский теплотехнический институт, 124-127 с.

4. Трухний А.Д. Парогазовые установки электростанций. Учебное пособие для вузов // Издательский дом МЭИ, 2013, 648 с.

5. Баринберг Г.Д., Коган П.В. Эффективность теплофикационной паровой турбины Тп-110/120-12,8-12М в составе ПГУ // Теплоэнергетика. 2003. № 6. С. 12-15 с.