

УДК 621.181

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ В ПГУ СПОСОБОВ ВПРЫСКА В ГАЗОВЫЙ ТРАКТ

Воронцов А.А.

Научные руководители – старший преподаватель Романко В.А., ассистент Павловская А.А.

### Контактные парогазовые установки со встроенным в газовую турбину паросиловым циклом

Цикл комбинированной парогазовой установки с утилизацией теплоты сбросных газов без использования паровой турбины и дополнительного электрогенератора появился еще в конце 80-х годов прошлого века. В этом случае пар, генерируемый в котле-утилизаторе (КУ), подается в проточную часть ГТД.

Принципиальная схема установки, работающая по такому циклу, названному STIG или ISTIG (при наличии промежуточного охлаждения воздуха в компрессоре), приведена на рисунке 1.

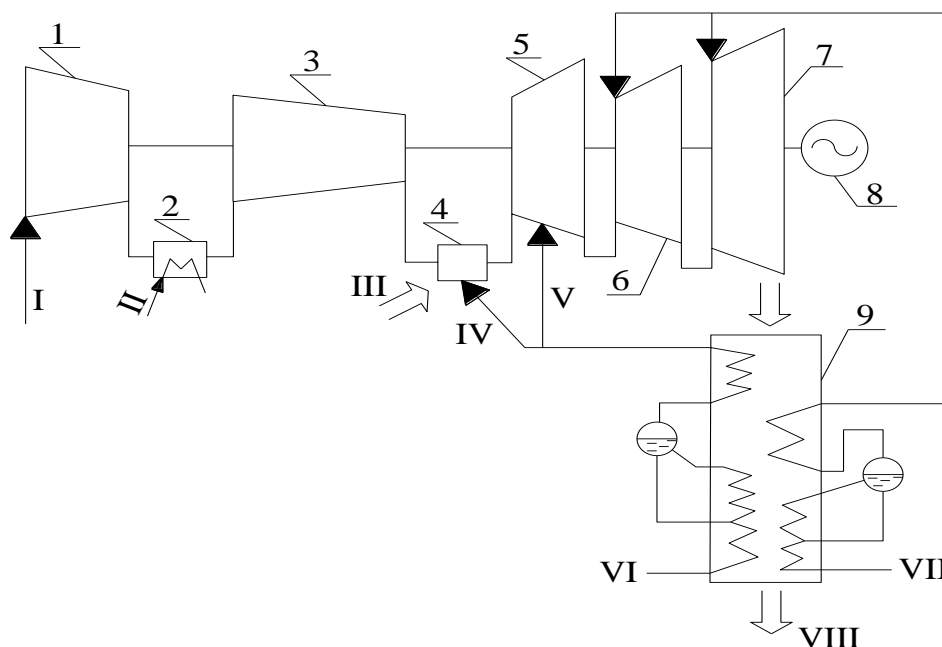


Рисунок 1 – Принципиальная схема высокотемпературной ПГУ с впрыском пара, работающей по циклу STIG (ISTIG):

1 – компрессор низкого давления; 2 – промежуточный охладитель; 3 – компрессор высокого давления; 4 – камера сгорания; 5 – турбина высокого давления; 6 – турбина низкого давления; 7 – силовая турбина; 8 – генератор; 9 – котел-утилизатор; I – воздух; II – вода; III – топливо; IV – пар на впрыск; V – охлаждающий пар; VI – питательная вода высокого давления; VII – питательная вода низкого давления; VIII – выхлоп в атмосферу;

В цикле STIG, в зависимости от величины модернизации проточной части, мощность может быть увеличена в 1,5–2,0 раза по сравнению с базовым двигателем.

Большее увеличение мощности в цикле STIG по сравнению с обычным циклом STU (комбинированный цикл, основанный на использовании паровой турбины) вызвано способностью цикла STIG утилизировать не только генерируемый пар, но также сжигать дополнительное топливо. Впрыск перегретого пара в камеру сгорания вызывает снижение температуры в камере сгорания, а так как двигатель изначально рассчитан на более высокую температуру, поэтому возможно сжигать дополнительное топливо, как дополнительный источник увеличения мощности.

Это справедливо для случая использования в цикле STIG газотурбинного двигателя с достаточно высокими параметрами – температурой газа за камерой сгорания 1100–1300 °С и соответствующей такой температуре оптимальной степени сжатия в компрессоре ГТД 17-25, которая обеспечивает температуру воздуха на входе в камеру сгорания 450–550 °С.

Впрыск из котла-утилизатора всего перегретого пара с температурой 350–390 °С в камеру сгорания ГТД приводит к увеличению количества рабочего тела примерно на 12 %. Поэтому поддержание, за счет увеличения расхода топлива в камере сгорания, прежней начальной температуры теперь уже парогазовой смеси приводит к существенному увеличению мощности турбины. Увеличению мощности турбины способствует более высокая теплоемкость и газовая постоянная перегретого пара по сравнению с продуктами сгорания ГТД простого цикла.

Чтобы модернизировать двигатель простого цикла в цикл STIG необходимо увеличить эквивалентную проходную площадь проточной части турбин (или турбины) с целью сохранения точки согласованной работы на характеристике компрессоров (или компрессора) в том же месте, что и при работе двигателя по простому циклу. Поэтому ГТД конвертированный в цикл STIG имеет худший КПД простого цикла (без впрыска пара), чем не конвертированный ГТД в цикле STU. Эта конвертация сказывается ухудшением параметров установки в случае необходимости останова КУ. Однако эта особенность не является определяющей, так как работу с остановленным утилизационным котлом (без впрыска пара) необходимо рассматривать как аварийный режим, при котором все-таки обеспечивается частичная выработка электроэнергии, хотя и с худшим КПД. Скорее это свидетельствует о высокой живучести такой схемы, при которой электростанция способна работать с отключенным котлом-утилизатором.

Оба цикла STU и STIG имеют меньшее падение мощности от увеличения температуры окружающего воздуха, чем установка простого цикла. В случае наличия дополнительного источника пара цикл STIG может работать с постоянной мощностью вне зависимости от изменения окружающей температуры.

Для получения дополнительного пара наиболее рационально воспользоваться дополнительной камерой сгорания после ГТД (перед котлом-утилизатором).

Возможность дожигания топлива в выхлопном тракте ГТД связано с наличием достаточного количества воздуха в газах после газотурбинного двигателя, коэффициент избытка воздуха в которых составляет 2,5–4,5.

Недостатком цикла STIG является необходимость иметь большой источник пресной воды для генерации пара. Потери воды в цикле STIG равняются производительности КУ и могут составлять 0,9–1,5 тонн пресной воды на МВт×час выработанной электроэнергии.

### Литература

1. Романов, В.И. Новый газотурбинный двигатель мощностью 110 МВт для стационарных энергетических установок / В.И. Романов, С.В. Рудометов, О.Г. Жирицкий, В.В. Романов // Теплоэнергетика. – 1992. – №9. – С. 15–21.
2. Тепловые и атомные электрические станции: Справочник / Под редакцией В.А. Григорьева, В.М. Зорина. – М.: Энергоиздат, 1982. – 624 с., ил.