

УДК 621.18-182.2

**ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СИЛОВЫХ
УСТАНОВОК. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГТУ И ПГУ
POWER PLANT ELECTRICITY PRODUCTION TECHNOLOGIES.
COMPARATIVE ANALYSIS OF GTP AND CCGT**

Е.И Смыкал, М.В. Шепелев

Научный руководитель – Н.В. Пантелей, старший преподаватель

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

panteley@bntu.by

E. Smykal, M. Shepelev

Supervisor – N. Panteley, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

***Аннотация:** в статье рассмотрены современные альтернативы паротурбинным силовым установкам, используемые на тепловой электрической станции – парогазовые и газотурбинные установки. Целью их сравнения является определение достоинств и недостатков, а также определение наилучшей области их применения.*

***Abstract:** The article discusses modern alternatives to steam turbine power plants used at a thermal power plant - steam and gas and gas turbine plants. The purpose of their comparison is to determine the advantages and disadvantages, as well as to determine the best area of their application.*

***Ключевые слова:** ТЭС, ПТУ, ПГУ, ГТУ, описание, принцип действия, преимущества, недостатки.*

***Key words:** TPP, STP, CCGT, GTP, description, principle of operation, advantages, disadvantages.*

Введение

В настоящее время в энергетике широко используются тепловые электростанции (ТЭС), где тепловая энергия, выделяющаяся при сжигании органических топлив, преобразуется в конечном итоге в электрическую. Особенно строгие требования предъявляются к электростанциям по надежности, эффективности, экологичности, экономичности, уровню шума, габаритам и т. д. Для того, чтобы получить наилучшие показатели, возникает необходимость применения различных типов силовых установок, используемых на ТЭС. Основными представителями установок на станции являются: паротурбинные (ПТУ), парогазовые (ПГУ) и газотурбинные (ГТУ). Рассмотрим альтернативы классической теплосиловой установке – ПТУ, представленные парогазовыми и газотурбинными установками; их преимущества и недостатки, а также области применения.

Основная часть

ГТУ различаются циклами работы и выполняются по закрытому и открытому циклу. Вид цикла зависит исключительно от вида сжигаемого

топлива. Газотурбинная установка работает по схеме непрерывного сгорания топлива.

ГТУ открытого цикла характеризуется использованием исключительно малосернистого жидкого топлива или природного газа. Топливо и воздух (предварительно очищенный в воздушном фильтре (Ф) и сжатый в компрессоре (К)) подаются в камеру сгорания (КС). Возникший процесс горения влечет за собой появление потока горячих газов, который, в свою очередь, приводит лопатки газовой турбины (ГТ) к вращению, проходя через нее с большой скоростью. Вращение лопаток турбины является процессом перехода тепловой энергии газа в механическую энергию вращения вала турбины. Вращаясь, вал турбины приводит в движение генератор (Г), который, в свою очередь, вырабатывает электроэнергию. Выработанная генератором электроэнергия отпускается потребителю. Поступая в водогрейный котел, отработавшие газы отдают оставшееся тепло и следуют в дымовую трубу, через утилизатор.

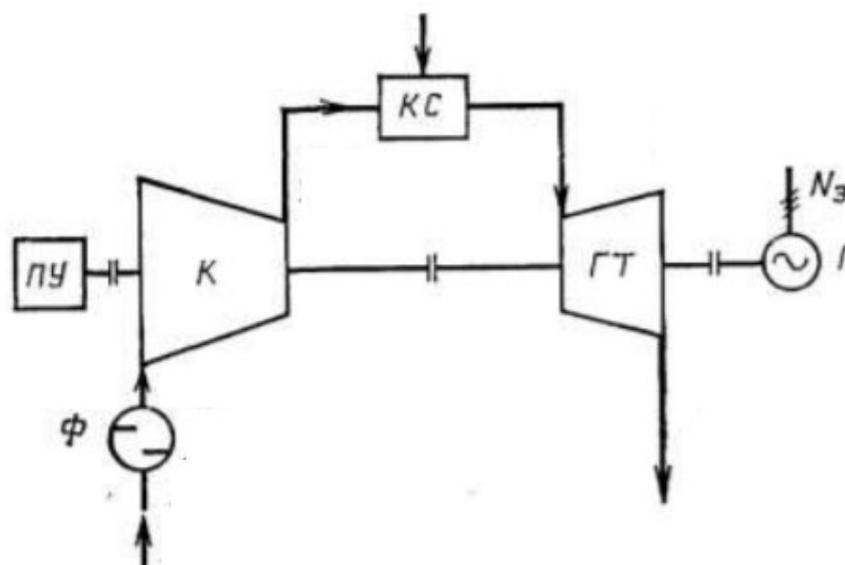


Рисунок 1 – Принципиальная тепловая схема ГТУ открытого цикла

Отличием установки закрытого цикла является тот факт, что отработавший в турбине газ после регенератора (Р) в охлажденном виде направляется на всасывание в компрессор (ВК), а не выбрасывается в атмосферу. Сжатый газ поступает в подогреватель (ВП), где получает теплоту от сжигания топлива и уже в нагретом виде направляется в газовую турбину, где совершает полезную работу. ГТУ закрытого цикла позволяют использовать как твердое, так и жидкое топливо (мазут).

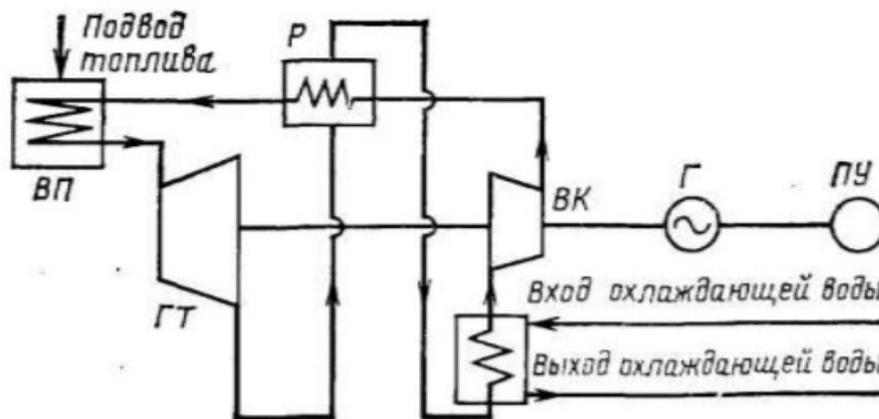


Рисунок 2 – Принципиальная тепловая схема ГТУ закрытого цикла

Достоинства использования газотурбинной установки для энергосистемы:

1. Относительно короткое время запуска. ГТУ необходимо от 3 до 4 минут до выхода на режим холостого хода, от 7 до 8 минут до выхода на полную нагрузку.

2. Относительная простота конструкции и низкая металлоемкость. Обуславливается отсутствием сложной системы паропроводов, различных механизмов и коммуникаций.

3. Отсутствие необходимости большого количества охлаждающей воды. Охлаждающая вода в ГТУ применяется, практически, только для охлаждения масла подшипников.

Недостатками являются:

1. Невысокий КПД производства энергии. ГТУ имеют КПД порядка 28-30%.

2. Относительно высокая температура газов перед ГТ (700°C и выше), требующая использование соответствующих материалов при изготовлении лопаток.

3. Использование дорогостоящих и дефицитных видов топлива. Данный изъян силовой установки обуславливается ее принципом действия. Природный газ и мазут (прошедший предварительную очистку от шлакообразующих примесей) – наиболее подходящие виды топлива для ГТУ.

4. Высокий уровень шума при работе.

5. Высокие потери мощности на привод компрессора. Компрессор ГТУ потребляет порядка 50-70% от фактической мощности.

Вышеперечисленные недостатки ГТУ являются существенными, поэтому от них стараются либо избавиться, либо значительно улучшить показатели. В частности, для повышения электрического КПД установки, имеет место применение ПГУ.

Парогазовая установка представляет собой комплекс газотурбинной и паротурбинной силовых установок. Теплота уходящих газов ГТУ используется для выработки электроэнергии в ПГУ. Основные типы ПГУ, применяемые на сегодняшний день в энергетике: ПГУ с паровым котлом-утилизатором (УПК), ПГУ со сбросом газов газовой турбины в топку парового котла.

ПГУ с паровым котлом-утилизатором. Вращение газовой турбины (ГТ) в ГТУ происходит за счёт движения продуктов сгорания топлива. Вращение турбины приводит к выработке электроэнергии в генераторе (Г), поскольку они закреплены на одном валу. Продукты сгорания, совершившие работу в ГТУ, имеют на выходе минимальное давление, но относительно высокую температуру, которую так же необходимо полезно использовать, поскольку отпускать их в атмосферу непозволительно с точки зрения выгоды использования установки. Поэтому, следующим этапом является попадание рабочей среды в котел-утилизатор (КУ). В котле-утилизаторе происходит передача тепловой энергии продуктов сгорания воде, которая, в свою очередь, нагревается до образования пара с температурой 500°С и давлением 70-80 бар. Такого состояния пара вполне достаточно, чтобы использовать в паровой турбине (ПТ) ПТУ. Генератор ПТУ приводится в действие. Благодаря своему принципу работы и конструкции ПГУ делаются для ТЭС максимально эффективными.

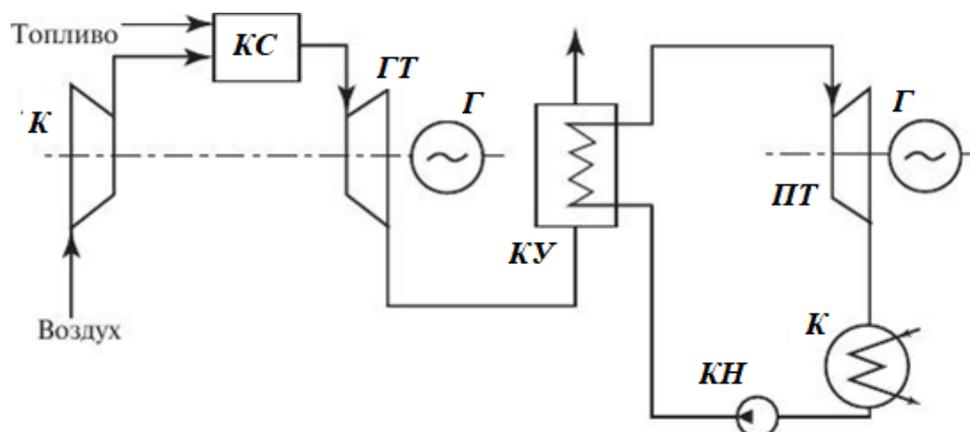


Рисунок 3 – Принципиальная тепловая схема ПГУ с котлом-утилизатором

ПГУ со сбросом газов турбины ГТУ в топку котла ПТУ. Поскольку отработавшие в турбине (ГТ) ГТУ газы имеют высокую температуру, а также содержат порядка 15% кислорода, рационально их использовать в роли окислителя для сжигания топлива в парогенераторе (П) паротурбинной установки, поэтому газы направляются в топку парогенерирующей установки. В роли парогенератора ПТУ может выступать агрегат любой конструкции и на любом виде топлива.

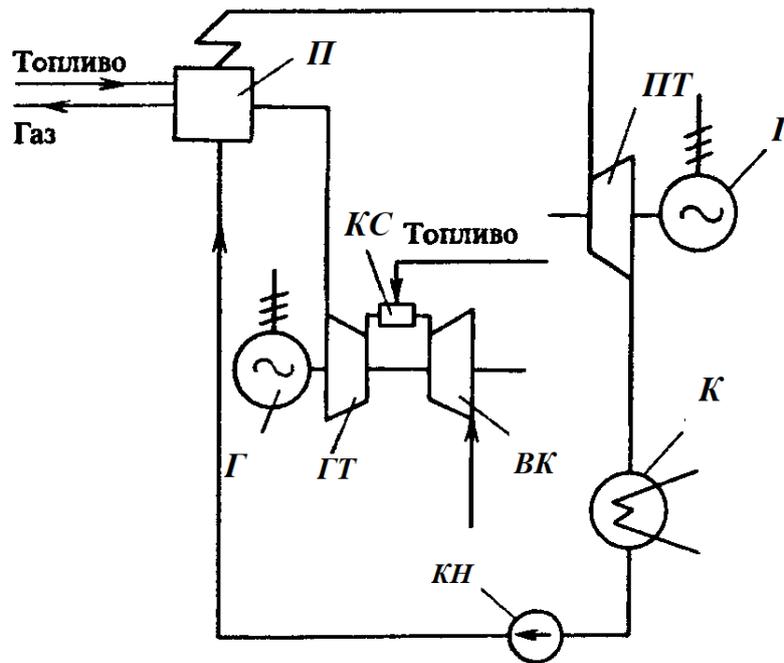


Рисунок 4 – Принципиальная схема ПГУ со сбросом газов турбины ГТУ в топку парового котла

Преимущества использования ПГУ в энергетике:

1. Относительно высокий электрический КПД. Электрический КПД в парогазовых силовых установках может достигать порядка 60%. В то время как КПД ПТУ не превосходит 33-45%, а у ГТУ – 28-42%.
2. Значительно меньшая, в сравнении с ПТУ, необходимость в использовании воды на единицу вырабатываемой генератором электроэнергии.
3. За счет своего устройства, ПГУ являются более экологически чистыми установками, в сравнении с паротурбинными.

К изъянам установки относятся:

1. Ограничения в использовании различных видов топлива. Принцип действия установки позволяет работать исключительно на природном газе, предварительно очищенном мазуте.
2. Необходимость установки специальных воздухоочищающих фильтров.

Заключение

Таким образом, ПГУ является приемлемым вариантом силовой установки для стационарных ТЭС, поскольку она обеспечивает повышение электрического КПД цикла до 60%, а следовательно, экономичности производства электроэнергии. За счет коротких сроков возведения установки – 9-12 месяцев, а также небольших размеров и невысокой стоимости единицы мощности, парогазовые установки рационально использовать на небольших тепловых электростанциях, в том числе, расположенных в черте города.

В свою очередь, ГТУ подойдёт для мобильных тепловых электростанций. Это обуславливается меньшим количеством необходимых коммуникаций, а также относительно быстрым запуском силовой установки: время до выхода на режим холостого хода составляет от 3 до 3,5 минут; до принятия полной нагрузки от 7 до 8 минут.

Литература

1. Выбор тепловой схемы и профиля отечественной мощной энергетической ГПУ нового поколения и ПГУ на её основе / Фаворский О.Н., Полищук В.Л. // Теплоэнергетика. – 2010. – №2. – С. 2-6.
2. Исследование газотурбинной установки на установившихся режимах работы [Электронный ресурс] / исследование газотурбинной установки на установившихся режимах работы. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-gazoturbinnoy-ustanovki-na-ustanovivshih-sya-rezhimah-raboty/viewer/>. – Дата доступа: 15.03.2021.
3. Лавыгин В.М., Седлов А.С., Цанев С.В. «Тепловые электрические станции»: Учебник для вузов. М.: Издательство МЭИ, 2005. – 454 с.
4. Принципиальные особенности ПГУ [Электронный ресурс] / принципиальные особенности ПГУ. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/printspialnye-osobennosti-pgu/viewer/>. – Дата доступа: 15.03.2021.