

# «Использование парогазового цикла в энергетике»

**Парогазовый цикл – сочетание паровых и газовых турбин. Это объединение позволяет снизить потери тепловой энергии в газовых турбинах или теплоты уходящих газов паровых котлов. Тем самым обеспечивается повышение электрического КПД (до 58%) по сравнению с отдельно взятыми паротурбинными и газотурбинными установками.**

**Парогазовые электростанции используют два вида рабочего тела – пар и газ – и относятся к классу бинарных установок.**

**Применяется жидкое топливо (мазут) или природный газ.**

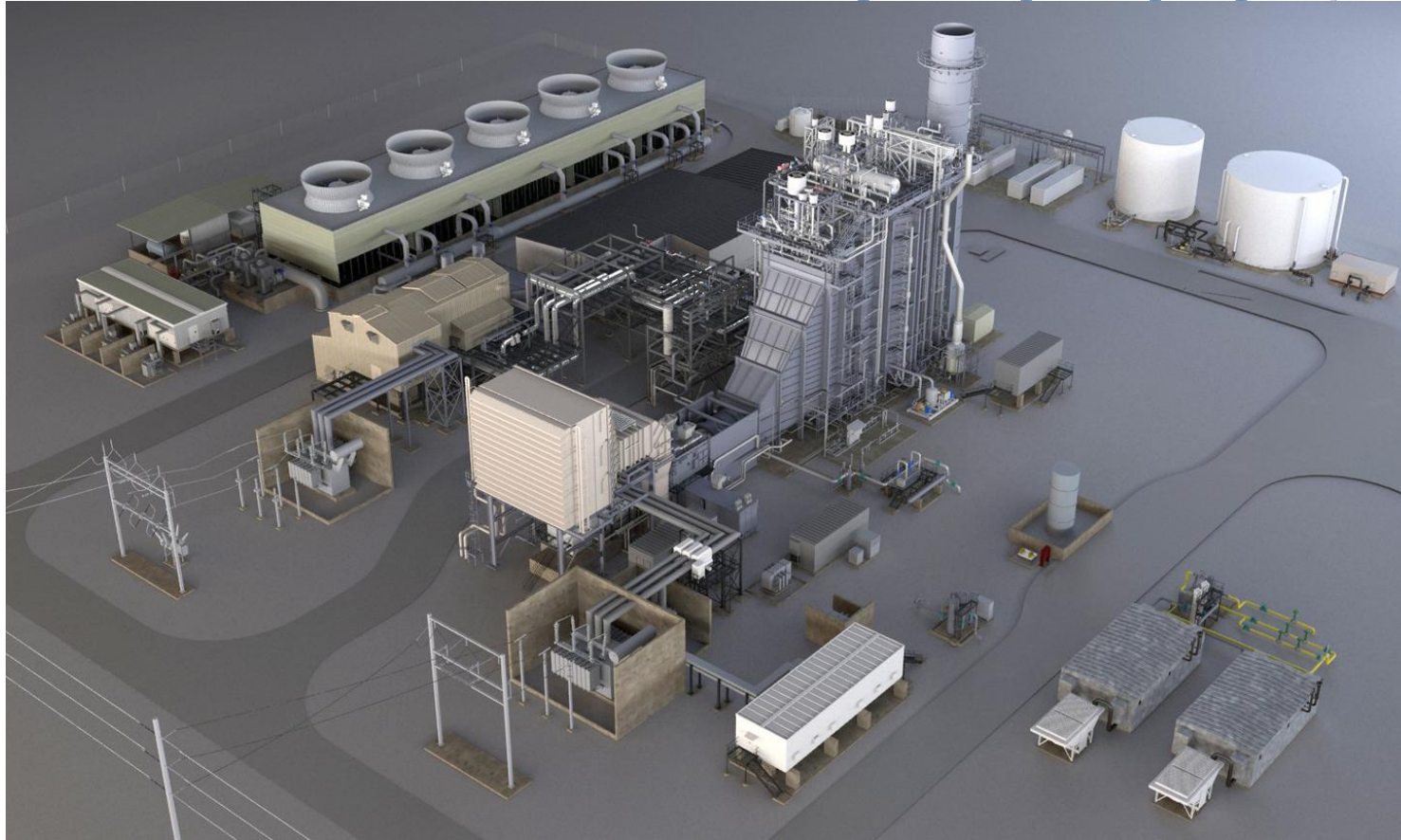
**Схема относительно нова, но уже применяется на практике.**

**Такие схемы используются в случае, когда необходимо максимизировать производство электроэнергии.**

**В настоящее время наиболее широкое распространение получили следующие схемы парогазовых установок:**

- 1) с высоконапорным парогенератором (ПГУ с ВПГ);**
- 2) со сбросом газов в топку низконапорного парогенератора (ПГУ с НПГ);**
- 3) с котлом-утилизатором (ПГУ с КУ);**
- 4) с газовойводяным подогревателем (ПГУ с ГВП);**
- 5) со сбросом газов в сетевую установку (ПГУ с ГСП);**
- 6) с впрыском пара в проточную часть газовой турбины (ПГУ с ВП).**

## ПГУ с высоконапорным парогенератором (ПГУ с ВПГ);



В тепловой схеме парогазовых установок с ВПГ паровой котел расположен в газоздушном тракте газотурбинного агрегата между компрессором и газовой турбиной. В такой ПГУ высоконапорный парогенера – тор (ВПГ) играет одновременно роль и энергетического котла ПТУ и камеры сгорания ГТУ. Рабочие процессы в газоздушном тракте этого котла протекают при повышенном избыточном давлении, что приводит к радикальным изменениям в его

конструкции. Поэтому такие котлы называют высоконапорными парогенераторами.

Недостатки:

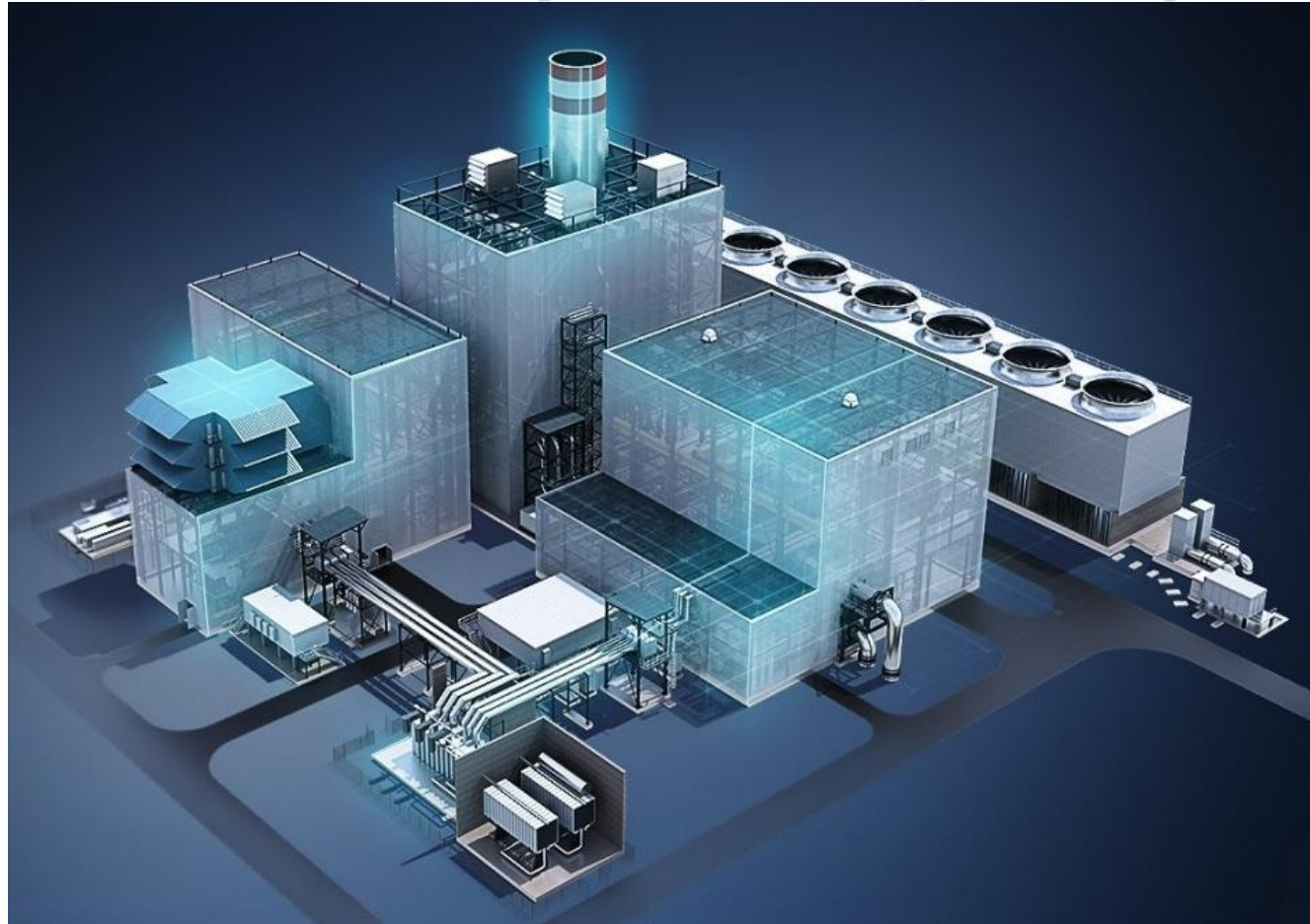
- 1) сложность в создании и эксплуатации газоплотного котла;
- 2) большой расход продуктов сгорания через газовую турбину;
- 3) износ проточной части газовой турбины под действием продуктов коррозии внутренней части парогенератора.

Достоинства:

- 1) тепловая экономичность;
- 2) наибольшая эффективность при модернизации уже действующих тепловых электростанций;
- 3) меньшие по сравнению с паровыми котлами масса и габарит высоконапорного генератора.



## ПГУ со сбросом газов в топку низконапорного парогенератора (ПГУ с НПП)



К ПГУ, получившим достаточно широкое распространение, относятся ПГУ со сбросом газов в котел. Иногда их называют ПГУ с низконапорным парогенератором или ПГУ с котлами полного горения. Выходные газы газовой турбины в такой ПГУ под давлением 3–6 кПа направляются в горелки обычного энергетического парового котла, где они используются в качестве окислителя.

Недостатки:

1) схема сбросной ПГУ оказывается очень сложной, так как необходимо обеспечить автономную работу паротурбинной части (при выходе из строя ГТУ);

2) необходимы высокоэкономичные высокотемпературные газовые турбины с высокой температурой уходящих газов для генерирования пара высоких параметров для паротурбинной установки (ПТУ).

Достоинства:

- 1) использование серийных паровых турбин большой мощности;
- 2) использование серийных газовых турбин;
- 3) возможность автономной работы газотурбинной и паротурбинной части;
- 4) возможность сооружения газотурбинной надстройки при реконструкции старых ТЭС;
- 5) возможность использования ГТУ на угольных ТЭС, что снизит относительный расход качественного топлива (газа) на выработку электроэнергии.

## ПГУ с котлом-утилизатором (ПГУ с КУ)

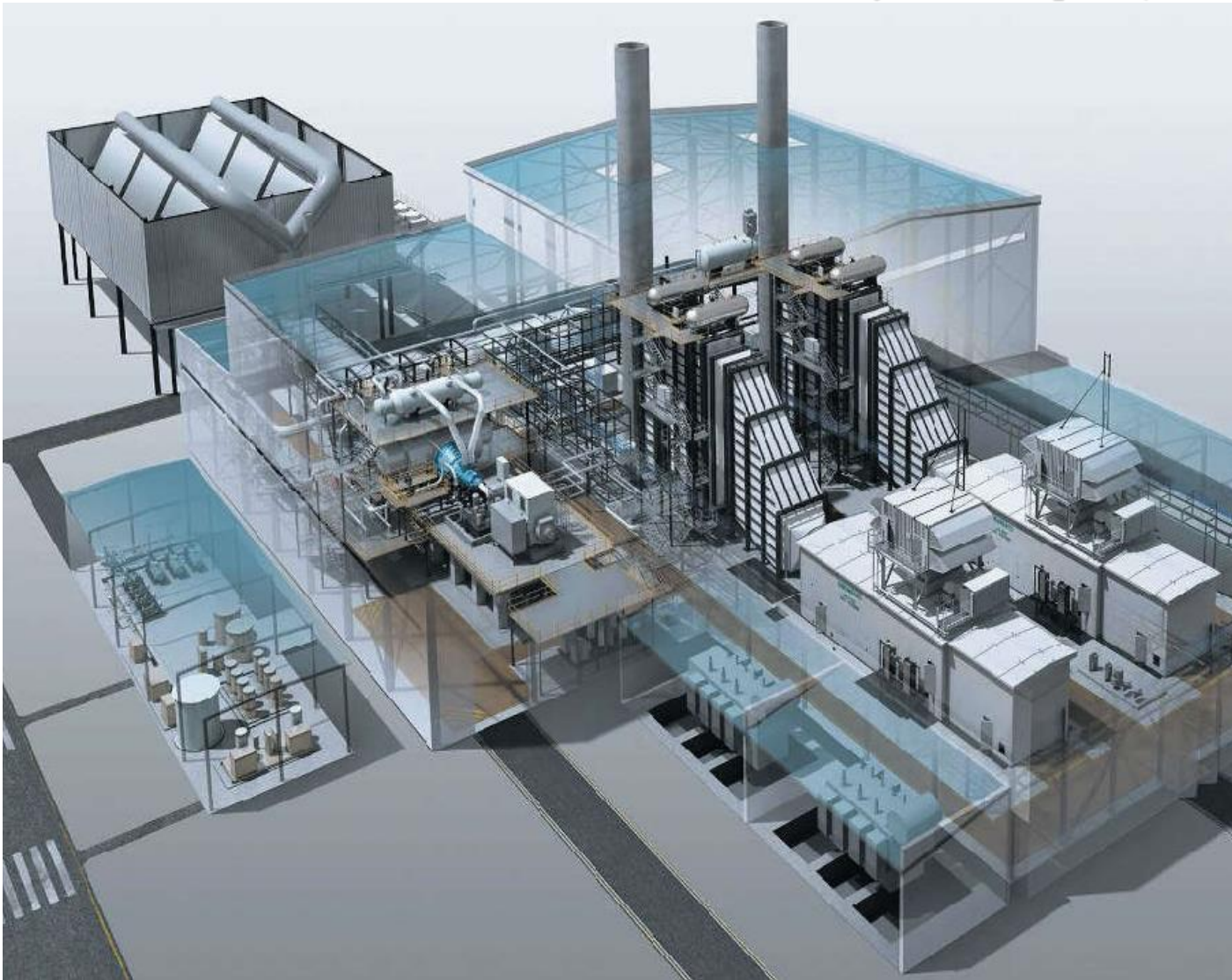
ПГУ с КУ в настоящее время получили наибольшее распространение. В них выходные газы ГТУ направляются в котел-утилизатор, где значительная часть теплоты передается пароводяному рабочему телу и генерируется перегретый пар, который поступает в паровую турбину.

Недостатки:

- 1) невозможность использования отдельно паротурбиной установки без газотурбинной установки;
- 2) нецелесообразность регенерации как в газовом, так и в паровом контурах;
- 3) для их бесперебойной работы необходимо круглогодичное снабжение природным газом высокого давления.

Достоинства:

- 1) снижает расход топлива за счет использования теплоты уходящих после газовой турбины газов в котле – утилизаторе;
- 2) тепловая схема такой установки проста в эксплуатации и характеризуется низкими удельными капиталовложениями;
- 3) при работе с номинальной нагрузкой имеют КПД 55-60 %.





## ПГУ с газоводяным подогревателем (ПГУ с ГВП)

В ПГУ такого типа теплота выходных газов ГТУ используется в газоводяных теплообменниках для полного или частичного подогрева основного конденсата и питательной воды ПТУ, то есть происходит «вытеснение пара регенеративных отборов» ПВД и ПНД. ПГУ с вытеснением регенерации позволяют использовать имеющиеся газовые и паровые турбины, а также пылеугольные котельные агрегаты без всяких изменений. Кроме того, возможна автономная работа газовой и паровой частей ПГУ, а также применение различных видов топлив.

### Недостатки:

- 1) экономичность такой ПГУ оказывается более низкой, чем установок с ВПГ, НПГ;
- 2) схема ПГУ оказывается очень сложной, так как необходимо обеспечить автономную работу паротурбинной части.

### Достоинства:

- 1) возможность пристраивать ГТУ и ГВП к действующим паротурбинным энергоблокам;
- 2) возможна автономная работа газовой и паровой частей ПГУ независимо друг от друга;
- 3) возможность применение различных видов топлив;
- 4) газоводяные подогреватели могут быть включены в схему ПГУ.

## ПГУ со сбросом газов в сетевую установку (ПГУ с ГСП)



Парогазовые установки со сбросом газов в сетевую установку отличаются от ПГУ с ГВП тем, что в теплофикационной ПТУ сохраняется полная система регенерации, а газы после ГТУ сбрасываются в сетевой подогреватель, вытесняя регулируемый Т-отбор и обеспечивая нагрузку горячего водоснабжения (при минимальной отопительной нагрузке). Такая схема позволяет использовать Т-отбор только для качественного регулирования и уменьшить расход острого пара на теплофикационную турбину. Недостатки:

- 1) схема ПГУ оказывается очень сложной, так как необходимо обеспечить автономную работу паротурбинной части;
- 2) большой расход продуктов сгорания через газовую турбину.

Достоинства:

- 1) возможна автономная работа газовой и паровой частей ПГУ независимо друг от друга;
- 2) возможность применения различных видов топлив;
- 3) возможность использования ГТУ на угольных ТЭС, что снизит относительный расход качественного топлива (газа) на выработку электроэнергии.



## ПГУ с впрыском пара в проточную часть газовой турбины (ПГУ с ВП).



ПГУ с впрыском пара в камеру сгорания ГТУ, также называемая ПГУ смешения или контактная, является альтернативой бинарной ПГУ. Пар в такой ПГУ подается либо от КУ, в котором используется часть теплоты отработавших в ГТ газов, либо от противодавленной паровой турбины, позволяющей использовать для получения электроэнергии больший перепад энтальпий выработанного в КУ пара.

По своей технологической схеме ПГУ смешения является наиболее простой из всех установок комбинированного цикла.

Недостатки:

- 1) увеличение выброса  $\text{CO}$ ;
- 2) результирующий КПД ПГУ смешения оказывается на 1,5–2,5 % ниже, чем у ПГУ других циклов;
- 3) большие затраты на водоподготовку.

Достоинства:

- 1) простота технологического процесса;
- 2) состав оборудования ПГУ смешения проще, а удельные капитальные вложения меньше.