

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

## ЛЕКЦИЯ №1

Тайлашева Татьяна Сергеевна

к.т.н., доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ

Долгих Александр Юрьевич

старший преподаватель НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ

# ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

2

- Количество кредитов **6**
- Общее количество часов **216**
  - **Лекции** 32
  - **Практические занятия** 32
  - **Лабораторные занятия** 16
  - **Самостоятельная работа** 128

**Курсовая работа!!!!!!!!!!!!**
- Вид промежуточной аттестации **экзамен, диф.зачет**

# СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

3

- **ЛК:** «Придешь, узнаешь, поймешь»
- **ПР:** «Придешь, узнаешь, посчитаешь»
  - **ЛБ:** «Прочитаешь, сделаешь»

*ИЛИ*

- **ЛК:** 16 занятий теоретического курса
- **ПР:** 16 занятий - Расчет теплообменного аппарата и компрессора
  - **ЛБ:** 8 занятий = 2 ЛБ + защита

# РЕЙТИНГ дисциплины

4

ВИД	БАЛЛЫ
Лекции (контрольные работы)	20
Лабораторные занятия	20
Практические занятия	40
Допуск к аттестации	Min - 35 / Max - 80
Экзамен	Min - 0 / Max - 20
Итого	Min - 55 / Max - 100

# РЕЙТИНГ курсовой работы

5

ВИД	БАЛЛЫ
Работа в семестре:	40
1 контрольная точка (конференц-неделя с 25.10.21 по 30.10.21)	20
2 контрольная точка (конференц-неделя с 27.12.21 по 30.12.21)	20
Допуск к аттестации	Min - 0 / Max - 40
Защита курсовой работы	Min - 15 / Max - 60
Итого	Min - 55 / Max - 100

# ЛИТЕРАТУРА

6

1. **Кудинов, В. А.** Техническая термодинамика и теплопередача : учебник для вузов / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 454 с.
2. Парогазотурбинные установки: эжекторы конденсационных установок : учебное пособие для вузов / **К. Э. Аронсон** [и др.]; Уральский федеральный университет (УрФУ). — Москва; Екатеринбург: Юрайт Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 129 с.
3. **Лебедев, В. А.** Основы энергетики : учебное пособие / В. А. Лебедев, В. М. Пискунов. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 140 с.
4. **Быстрицкий, Г. Ф.** Теплотехника и энергосиловое оборудование промышленных предприятий : учебник для академического бакалавриата / Г. Ф. Быстрицкий. — 5-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 305 с.
5. Котельные установки и парогенераторы : учебник / **Ю. М. Липов, Ю. М. Третьяков.** — Москва: Регулярная и хаотическая динамика, 2004. — 592 с.



# ТЕМА.0 ВВЕДЕНИЕ

7

# ВИДЫ ЭНЕРГИИ И ЕЁ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ

8

## Основные виды энергии:

- химическая;
- лучистая (энергия света);
- тепловая;
- гравитационная;
- кинетическая (механическая);
- электрическая;
- ядерная.

## Типы энергии:

- **первичная** (непосредственно исходящей от источника, например, солнечный свет, тепло);
- **вторичная** (возникающей в процессе преобразования первичной энергии, например, электрическая).





# ВИДЫ ЭНЕРГИИ И ЕЁ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ

9

## Основные виды источников энергии

### Возобновляемые:

- солнце;
- воздух (ветер);
- вода;
- гравитация;
- геотермальные источники;
- биосфера (биомасса).

### Невозобновляемые:

- дерево;
- уголь;
- нефть;
- газ;
- химические элементы.

# ВИДЫ ЭНЕРГИИ И ЕЁ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ

10



Гравитационная



Кинетическая



Электрическая

ГЭС

Химическая



Тепловая



Механическая



Электрическая

ТЭС



# ТЕМА 1. СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

11

# СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

12

**Электростанция** (электрическая станция) - совокупность энергетических установок, оборудования и аппаратуры, используемых для преобразования природной энергии в электрическую, а также необходимые для этого сооружения и здания, расположенные на определённой территории

**ГЭС** - гидроэлектростанция; **ТЭС (ТЭЦ, КЭС)** - теплоэлектростанция; **АЭС** - атомная электростанция и др.



# КОНДЕНСАЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

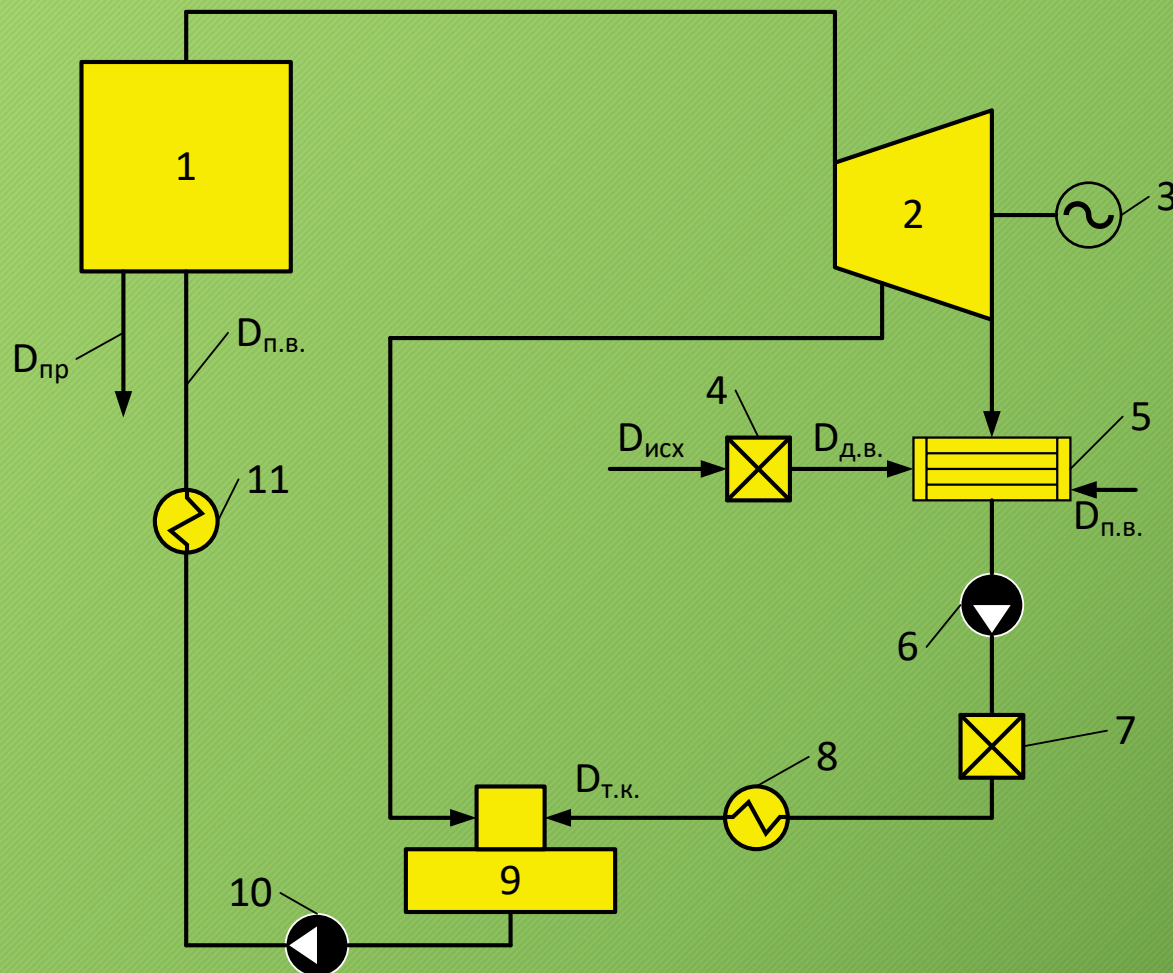
13

Название конденсационные электрические станции (**КЭС**) получили от основного технологического элемента – **паровой турбины конденсационного типа**. Также используют другое название – **ГРЭС (государственная районная электрическая станция)**. Тепловые конденсационные электрические станции являются самыми массовыми в России источниками электрической энергии.

Экономичность работы КЭС оценивают по **удельному расходу топлива на выработку энергии и КПД**. Коэффициент полезного действия КЭС относительно невелик - 25...40 %. Удельный расход топлива на лучших КЭС в настоящее время составляет 310...320 г/(кВт·ч).

# ТЕПЛОВАЯ СХЕМА КЭС

14



- 1 - котел, кипящий реактор; парогенератор;
- 2 - конденсационная турбина;
- 3 - электрогенератор;
- 4 - водоподготовительная установка (ВПУ);
- 5 - конденсатор турбины;
- 6 - конденсатный насос;
- 7 - блочная обессоливающая установка (БОУ);
- 8 - ПНД (подогреватель низкого давления);
- 9 - деаэратор;
- 10 - питательный насос;
- 11 - ПВД (подогреватель высокого давления)

# КОНДЕНСАЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

15

## Основные особенности:

- территориальное размещение свободное, но по возможности ближе к месторождениям топлива;
- на ТЭС можно сжигать практически любое топливо, в том числе самые низкосортные угли;
- удельная стоимость 1 кВт установленной мощности, сроки строительства, площади отчуждения хозяйственных земель ТЭС **значительно меньше, чем для АЭС и ГЭС;**
- **имеют большую установленную мощность** и большую часть выработанной электроэнергии отдают в сети повышенных напряжений;
- они низкоманевренны и для их вывода на рабочий режим необходимо 3...10 ч.

# ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ

16

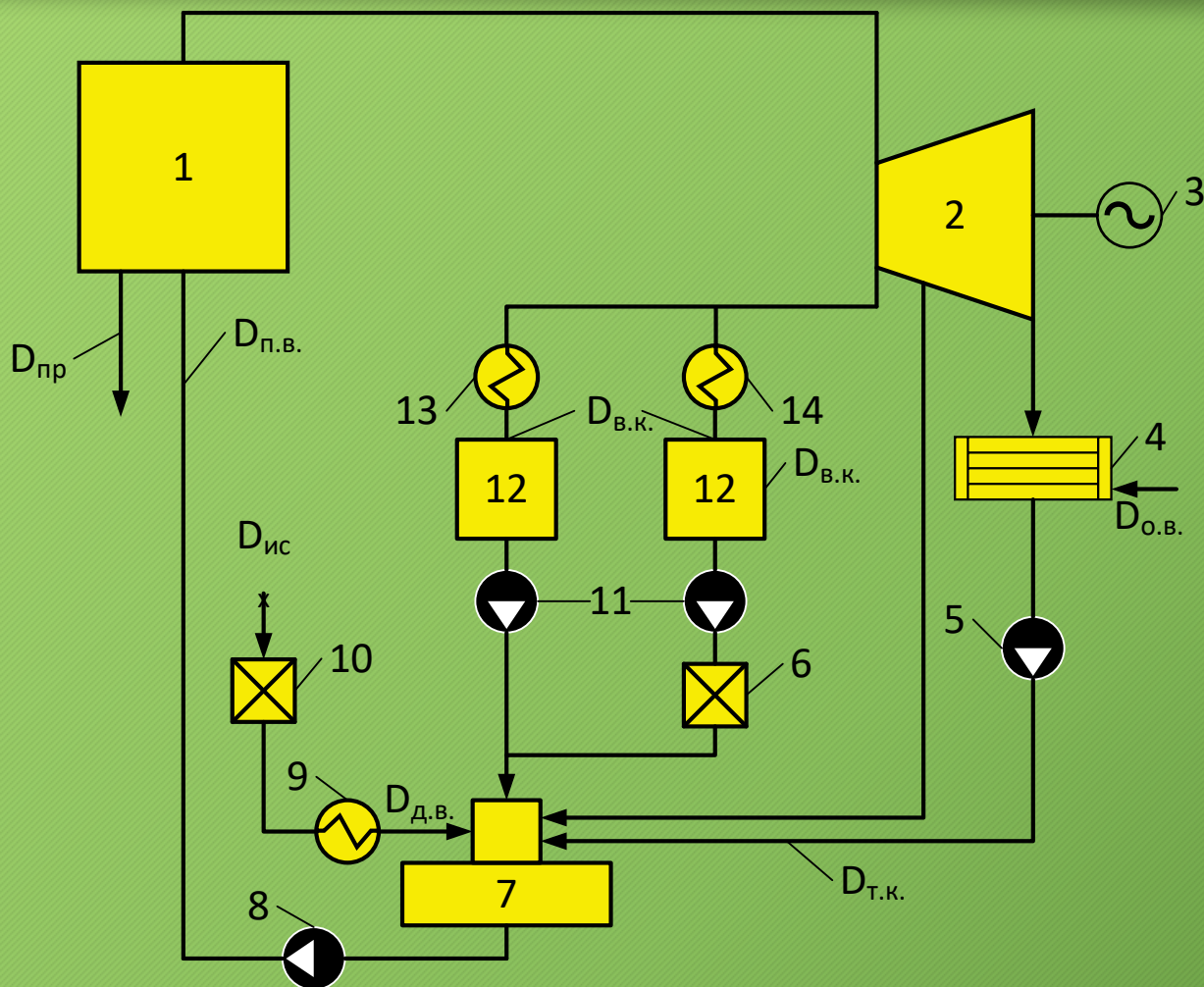
К теплоэлектростанциям (**ТЭС**) относят тепловые электрические станции, на которых производится совместная выработка тепловой и электрической энергии.

Комбинированная выработка тепла и электрической энергии (теплофикация) обеспечивает экономию органического топлива. Физическая причина экономии топлива очевидна: теплота конденсации пара, покидающего паровую турбину, отдается не охлаждающей воде конденсатора, а тепловому потребителю.



# ТЕПЛОВАЯ СХЕМА ТЭЦ

17



- 1 - котел;
- 2 - турбина с отборами пара;
- 3 - электрогенератор;
- 4 - конденсатор;
- 5 - конденсатный насос;
- 6 - установка очистки возвратного конденсата;
- 7 - деаэратор;
- 8 - питательный насос;
- 9 - подогреватель добавочной воды;
- 10 - ВПУ (водоподготовительная установка);
- 11 - насосы возвратного конденсата;
- 12 - баки возвратного конденсата;
- 13 - теплофикационный потребитель пара;
- 14 - производственный потребитель пара

## Особенности работы ТЭЦ следующие:

- электростанции должны располагаться **рядом с потребителями тепла**;
- работают по **частично вынужденному графику** выработки электроэнергии, так как график зависит от теплового потребления;
- основную часть выработанной электроэнергии выдают потребителям ближайшего района (на генераторном или повышенном напряжении);
- низкоманевренны (так же, как и КЭС).

# АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

19

Атомные электрические станции (**АЭС**) являются ТЭС, которые в качестве первичного энергоносителя вместо органического топлива используют ядерное горючее. Ядерное горючее представляет собой смесь изотопов урана  $^{238}\text{U}$  и  $^{235}\text{U}$ , которую получают из природного урана после переработки.

Параметры энергоблоков АЭС существенно ниже (меньше температура и давление пара), чем у ТЭС, и их КПД составляет 30...32 %. Тем не менее, себестоимость вырабатываемой электроэнергии на АЭС, как правило, существенно ниже, чем на обычных тепловых станциях.

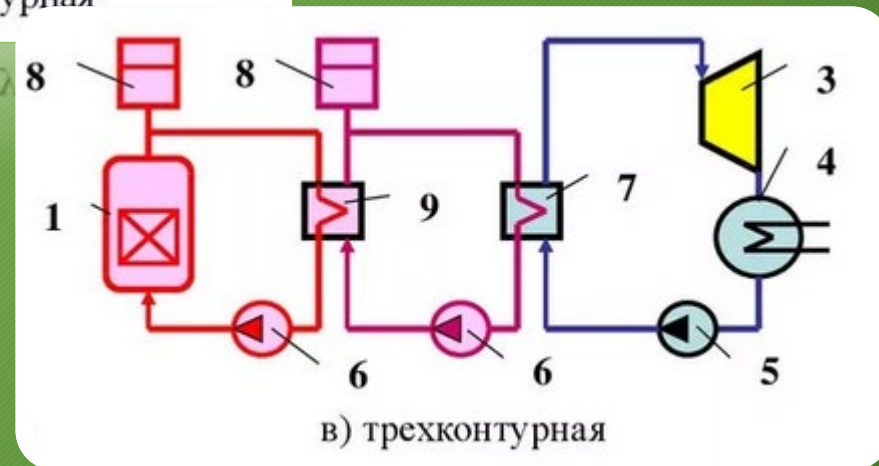
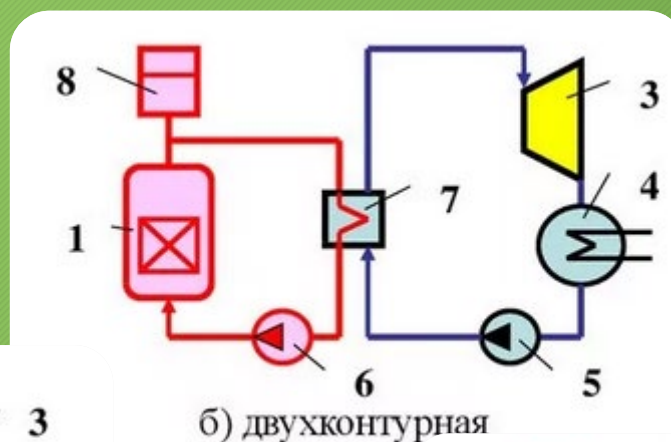
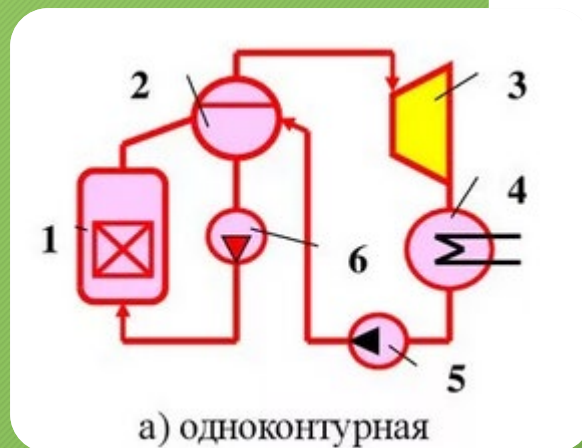
Объясняется это тем, что энергия заключенная в ядерном горючем, в миллионы раз больше, чем энергетический ресурс органического топлива, а соответственно, расходы на его доставку во много раз меньше, в сравнении с затратами на перевозку угля.

# ТЕПЛОВАЯ СХЕМА АЭС

20

## Принципиальные схемы АЭС

- 1 – реактор;
- 2 – барабан (сепаратор);
- 3 – паровая турбина;
- 4 – конденсатор;
- 5 – питательный насос;
- 6 – ГЦН;
- 7 – парогенератор;
- 8 – компенсатор давления;
- 8 – теплообменник



а) одноконтурная

в) трехконтурная

## Особенности АЭС следующие:

- независимость месторасположения от источников топлива;
- **экологическая чистота** при работе в штатных режимах в сравнении с ТЭС;
- необходимость ликвидации станций после выработки ресурса, что требует **дополнительных капиталовложений**;
- низкоманевренны (так же, как и ТЭС).

# ГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ

22

Простейшая тепловая схема ГТУ включает в себя **газовую турбину, компрессор и камеру сгорания**. Необходимый для эффективной работы ГТУ уровень параметров рабочего тела обеспечивают компрессор, повышающий давление рабочего тела, и камера сгорания, в которой температура его растет за счет химической энергии топлива при его сжигании.

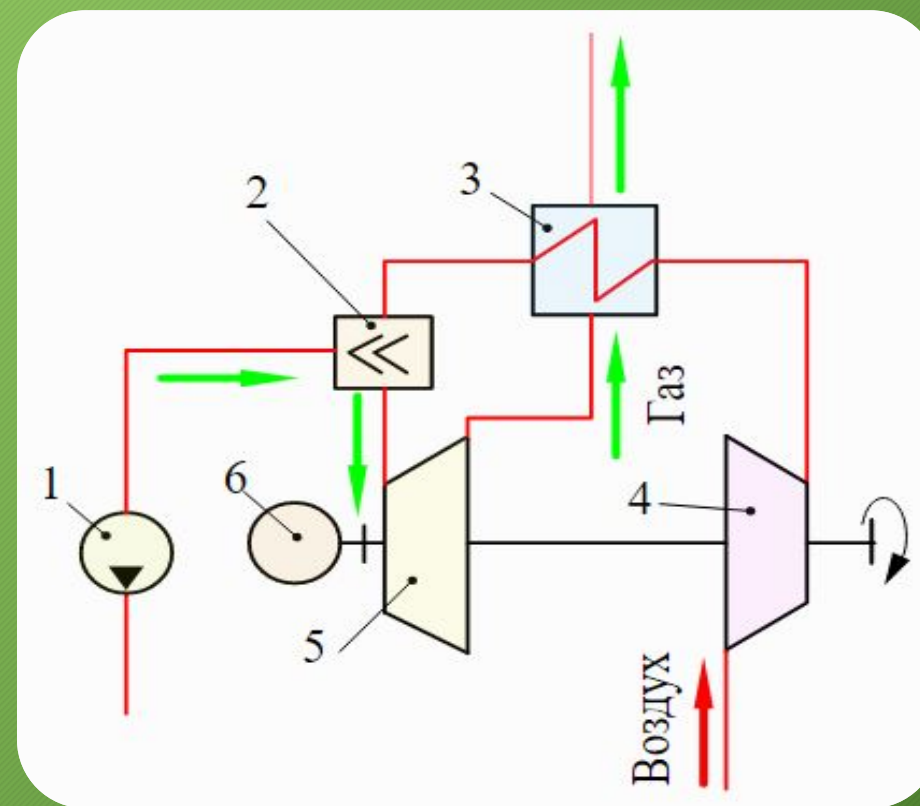
**Современные ГТУ выполняются разомкнутого и замкнутого цикла.**

# ГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ

23

Принципиальная тепловая схема газотурбинной установки с регенерацией

1 - топливный насос или газовый компрессор; 2 - камера сгорания; 3 - регенератор; 4 - компрессор; 5 - газовая турбина; 6 - пусковой двигатель



## Отметим основные особенности ГТУ:

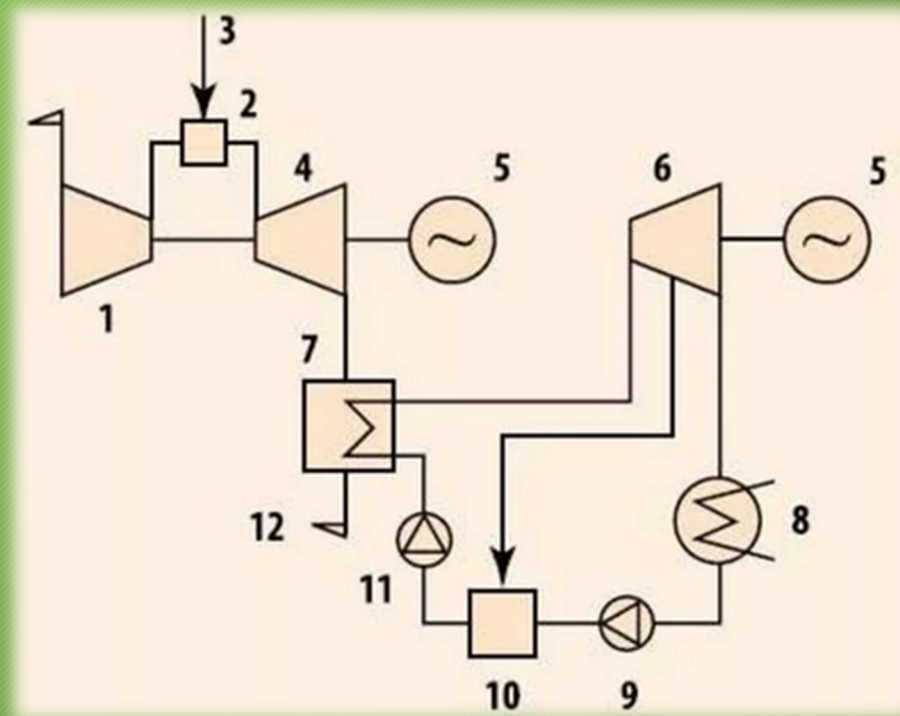
- относительно небольшие номинальные мощности установок (до 200 МВт) и относительно **низкие капиталовложения** в 1 кВт установленной мощности;
- **хорошие массогабаритные показатели** и компактность (полнокомплектные ГТУ можно перевозить железнодорожным и автомобильным транспортом);
- **не требуют охлаждающей воды** и соответствующего оборудования;
- требуют качественного топлива.



# ПАРОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ

25

- 1 - компрессор;
- 2 - камера сгорания;
- 3 - топливо;
- 4 - газовая турбина;
- 5 - электрогенератор;
- 6 - паровая турбина;
- 7 - котел-утилизатор;
- 8 - конденсатор;
- 9 - конденсаторный насос;
- 10 - подогреватель;
- 11 - питательный насос;
- 12 - дымовая труба



Принципиальная схема ПГУ

## Основные особенности ПГУ:

- вредные выбросы в атмосферу намного меньше, чем у паросиловых ТЭС;
- потребление охлаждающей воды примерно втрое меньше чем у паросиловых ТЭС;
- умеренные капитальные вложения в установленную мощность (немного меньше, чем у паротурбинных ТЭС);
- высокая маневренность;
- требуют качественного топлива.

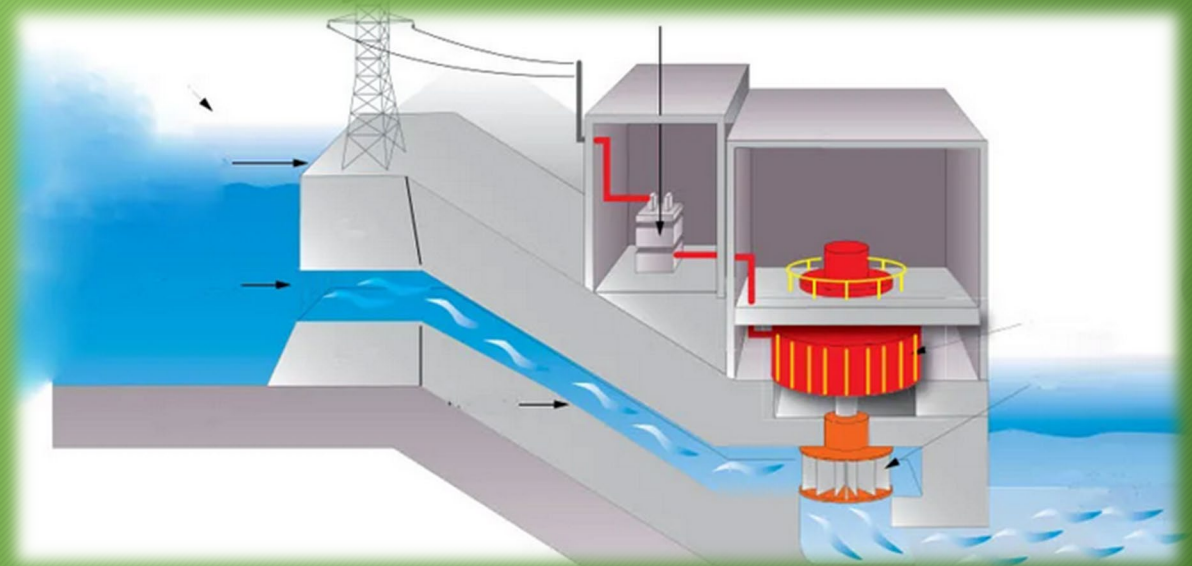
# ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

27

Гидроэлектростанции (ГЭС) преобразуют механическую энергию водного потока в электроэнергию.

## Основные элементы ГЭС:

- водохранилище;
- платина (гидрозатвор);
- гидротурбина;
- электрогенератор;
- и др.



# ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

28

## Основные особенности ГЭС:

- территориальное размещение определяется географическими и топологическими условиями;
- использование в качестве первичного энергоносителя **возобновляемой природной энергии потоков воды** и экологическая чистота производства электроэнергии;
- высокие капитальные вложения и низкие эксплуатационные расходы в сравнении с другими типами электростанций;
- **большой срок службы, простота и надежность** основного оборудования;
- **большая маневренность**, позволяющая использовать ГЭС для покрытия пиков электрических нагрузок и в качестве резервного источника питания в энергосистеме.

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

29

Паровой котёл, **Реактор**, *Парогенератор*,  
**Конденсационная турбина**, *Водоподготовительная*  
*установка*, *Конденсатор*, **Подогреватель**, *Деаэратор*, **Питательный**  
**насос**, *Газовая турбина*, **Теплообменник**, *Компрессор*,  
**Камера сгорания**, *Регенератор*, *Воздухоохладитель*, **Котел-**  
**утилизатор**, *Гидротурбина*