

# Промышленная теплоэнергетика

## Занятие 15

**Классификация и основные показатели тепловых электрических станций. Тепловая схема паротурбинной конденсационной тепловой электрической станции. Атомные электрические станции.**

**Теплоснабжение промышленных предприятий. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.**

# Энергетические установки

Электрическая станция – энергетическая установка, служащая для преобразования природной энергии в электрическую.

## Классификация:

### По виду энергии:

- Топливо (уголь, нефть, газ)
- Радиоактивные элементы
- Энергия ветра
- Энергия воды
- Солнечная радиация
- Внутренняя теплота земли

### По типу станции:

- Тепловые ТЭС
- Атомные АЭС
- Ветровые
- Гидроэлектростанции ГЭС
- Приливные электростанции
- Гелиоустановки
- Геотермические установка

# Тепловые электростанции

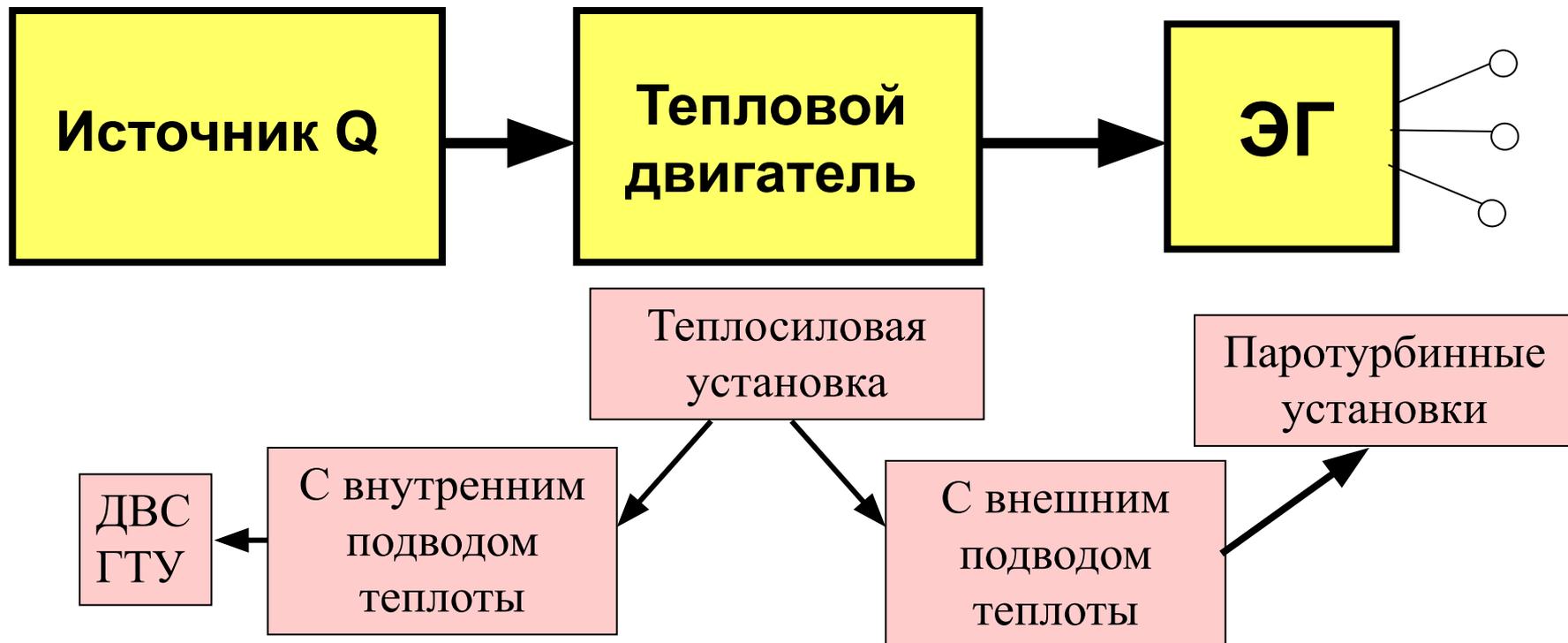
## Классификация:

По виду теплового двигателя:

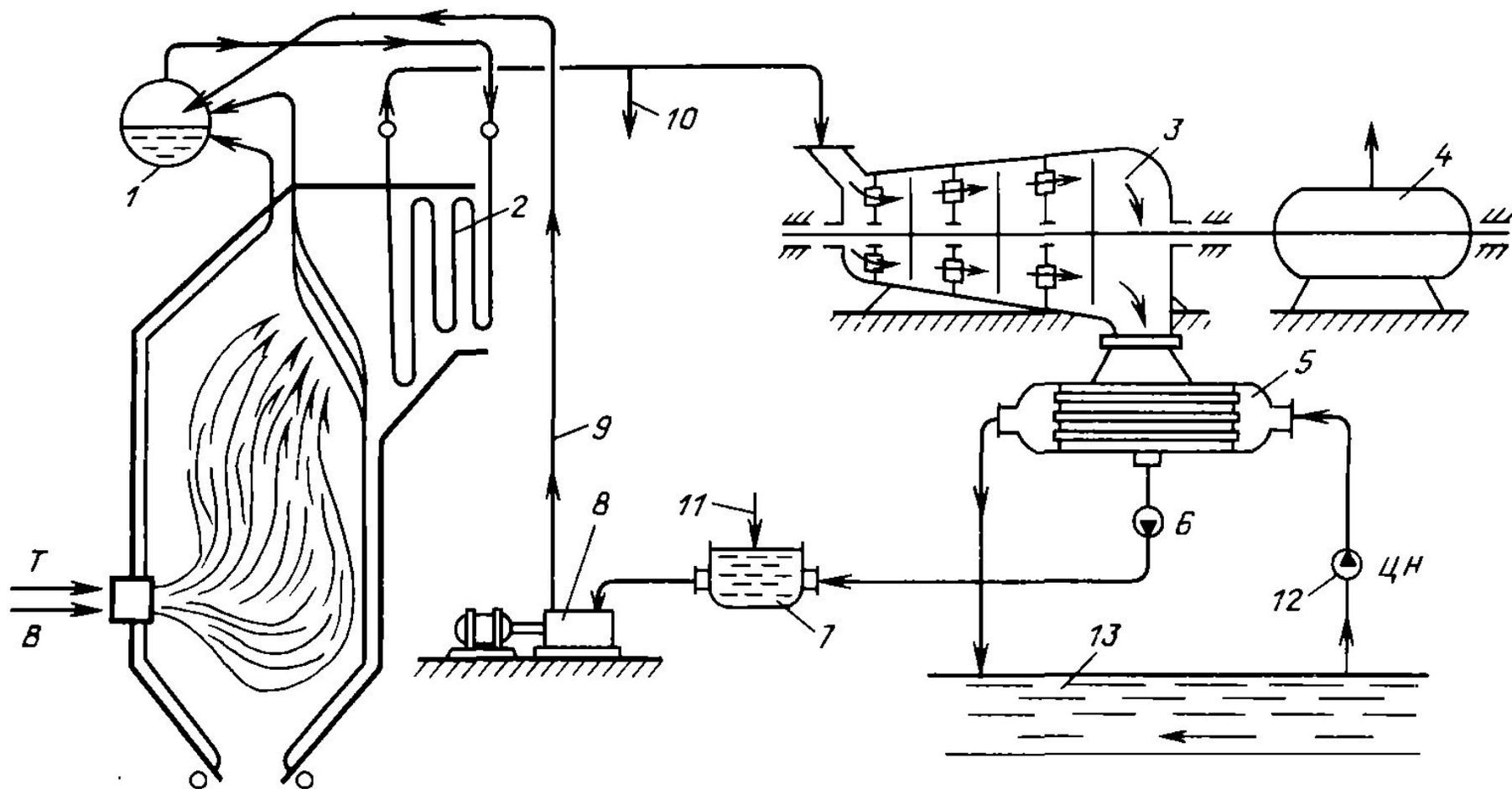
1. Паровая турбина
2. Газовая турбина
3. Дизельная установка

По виду отпускаемой энергии:

1. Конденсационные КЭС
2. Теплоэлектроцентрали ТЭЦ



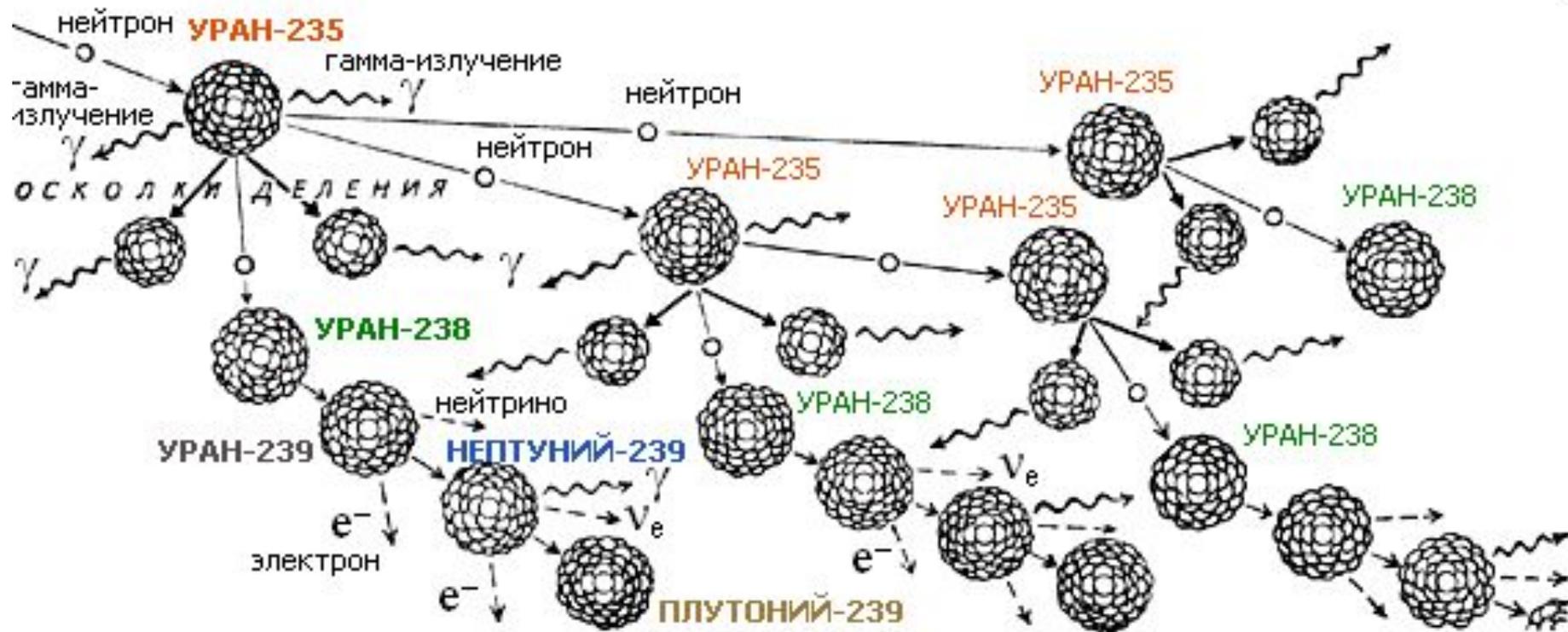
# Тепловая схема паротурбинной конденсационной ТЭС



1 – паровой котел, 2 – пароперегреватель, 3 – турбина, 4 – электрогенератор,  
5 – конденсатор, 6 – насос, 7 – бак, 8 – насос, 9 – питательная вода,  
10 – потери пара, 11 – подвод воды, 12 – насос, 13 – водоем

# Атомные электрические станции

Работа атомных электростанций основана на делении ядер урана  
При делении ядер испускается 2-3 нейтрона и  $\gamma$ -лучи и одновременно выделяется большая энергия



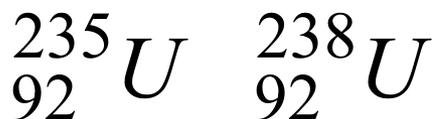
При делении 1 атома  $^{235}_{92}\text{U}$  выделяется 200 МэВ энергии  
1 г урана =  $2,3 \cdot 10^4$  кВт·ч (3 т угля)

# Атомные электрические станции

Делится любыми нейтронами

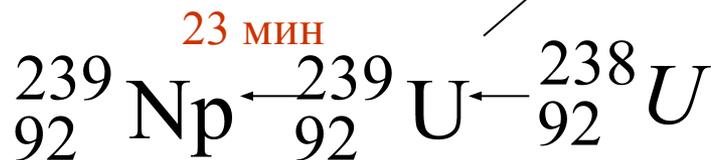
Медл.нейтрон

Делится только от 1 нейтрона из пяти  
(остальные захватываются)



1 : 140

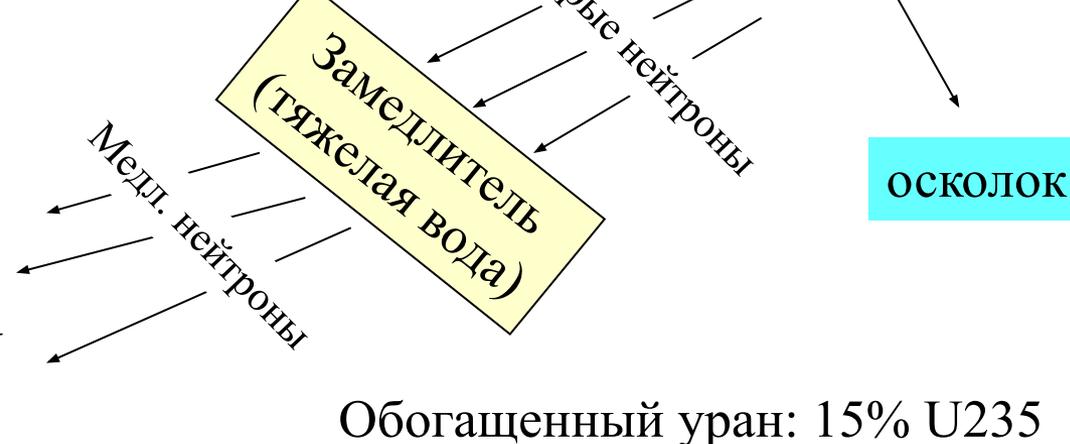
Природное соотношение



23 мин



2 дня ↓



Обогащенный уран: 15% U235

Критическая масса – наименьшая масса при которой может протекать цепная реакция (для урана-235 равна 50 кг – шар  $r=9$  см)

Для смеси с замедлителем и оболочкой  $m_{кр} = 250\text{г}$

# Атомные электрические станции

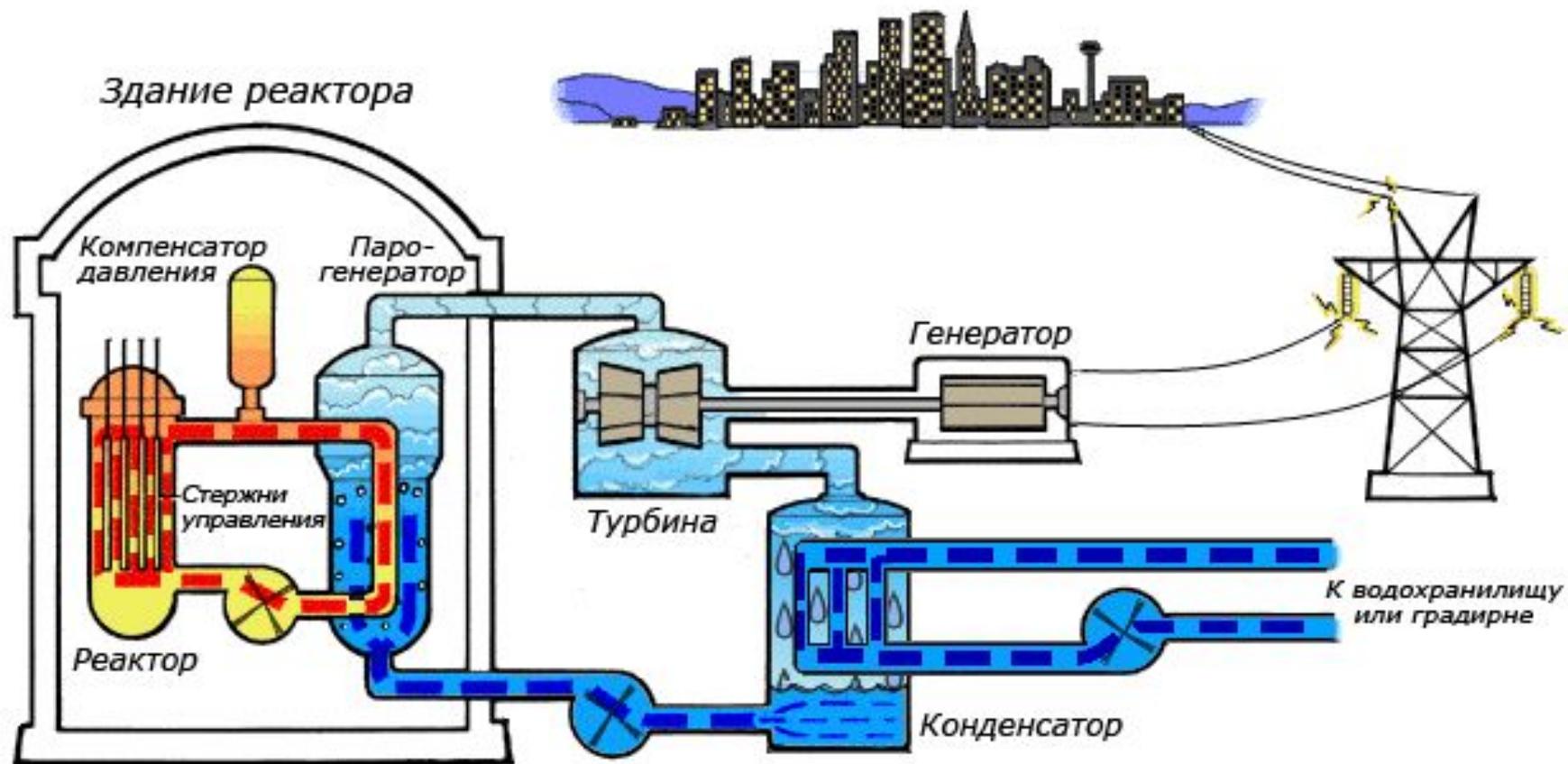
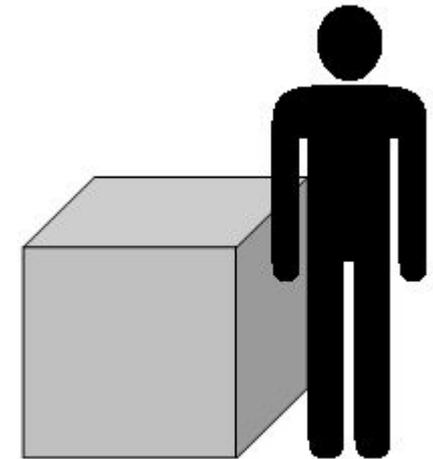


Схема работы атомной электростанции на двухконтурном водяном энергетическом реакторе (ВВЭР)

# Атомные электрические станции

## Достоинства атомных станций:

1. Небольшой объём используемого топлива и возможность его повторного использования после переработки (для сравнения, ежедневно одна только Троицкая ГРЭС мощностью 2000 МВт сжигает за сутки два железнодорожных состава угля);
2. Высокая мощность: 1000—1600 МВт на энергоблок;
3. Низкая себестоимость энергии, особенно тепловой.
4. Возможность размещения в регионах, расположенных вдали от крупных водноэнергетических ресурсов.



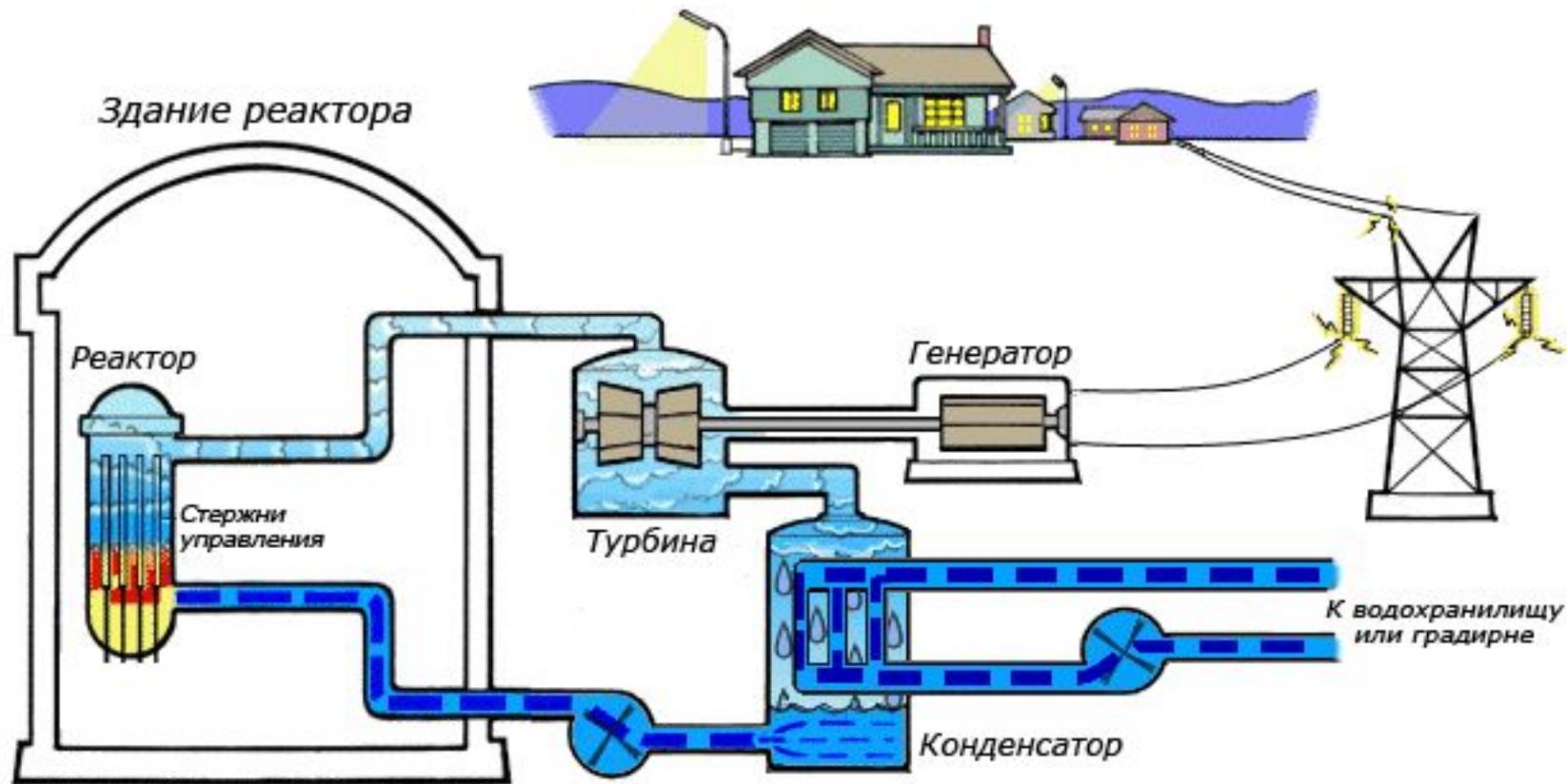
Сравнительный объем топлива, используемого за год одним реактором типа ВВЭР-1000

# Атомные электрические станции

## Недостатки атомных станций:

1. Облучённое топливо опасно, требует сложных и дорогих мер по переработке и хранению;
2. Нежелателен режим работы с переменной мощностью для реакторов, работающих на тепловых нейтронах;
3. С точки зрения статистики и страхования крупные аварии крайне маловероятны, однако последствия такого инцидента крайне тяжёлые;
4. Большие капитальные вложения, как удельные, на 1 МВт установленной мощности для блоков мощностью менее 700—800 МВт, так и общие, необходимые для постройки станции, её инфраструктуры, а также в случае возможной ликвидации.

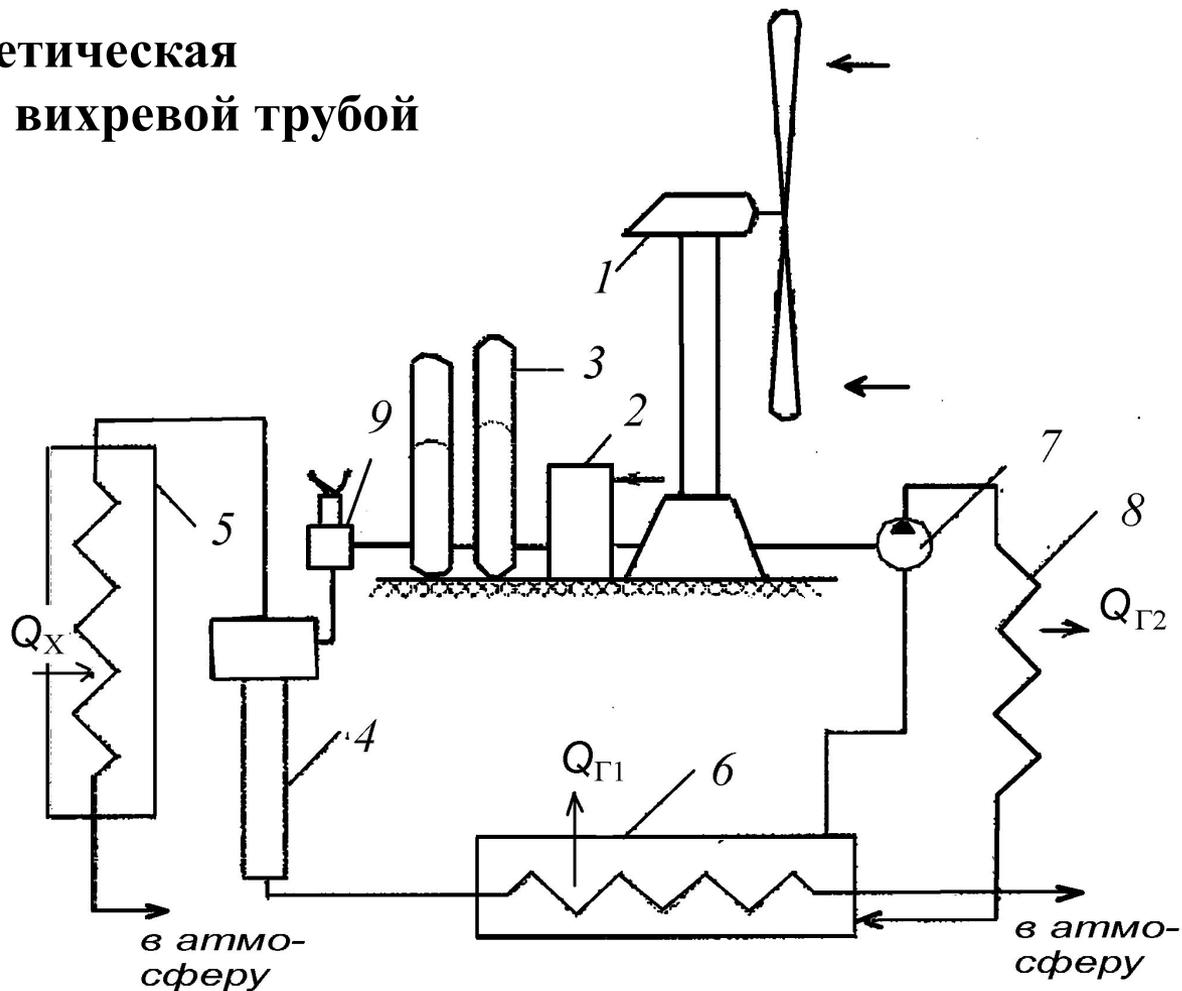
# Схема работы АЭС с кипящим реактором



Крупнейшая АЭС в мире Касивадзаки-Карива по установленной мощности находится в Японском городе Касивадзаки — в эксплуатации находятся пять кипящих ядерных реакторов (BWR) и два продвинутых кипящих ядерных реакторов (ABWR), суммарная мощность которых составляет 8,212 ГВт.

# Утилизация энергии ветра

## Ветроэнергетическая установка с вихревой трубой



- 1 – ветроэнергетическая установка; 2 – компрессор; 3 – воздухохранилище;  
4 – вихревая труба; 5 – холодильник; 6 – нагреватель; 7 – насос;  
8 – теплообменный аппарат; 9 – регулятор

# Энергоагрегат с низкотемпературным двигателем Стирлинга

# Холодильные машины

**Холодильная машина** - устройство, служащее для отвода теплоты от охлаждаемого тела при температуре более низкой, чем температура окружающей среды.

Холодильные машины работают по принципу теплового насоса – отнимают теплоту от охлаждаемого тела и с затратой энергии (механической, тепловой и т. д.) передают её охлаждающей среде (обычно воде или окружающему воздуху), имеющей более высокую температуру, чем охлаждаемое тело.

# Холодильные машины

Классификация холодильных машин:

1. Парокомпрессионные,
2. Абсорбционные
3. Пароэжекторные
4. Воздушно-расширительные

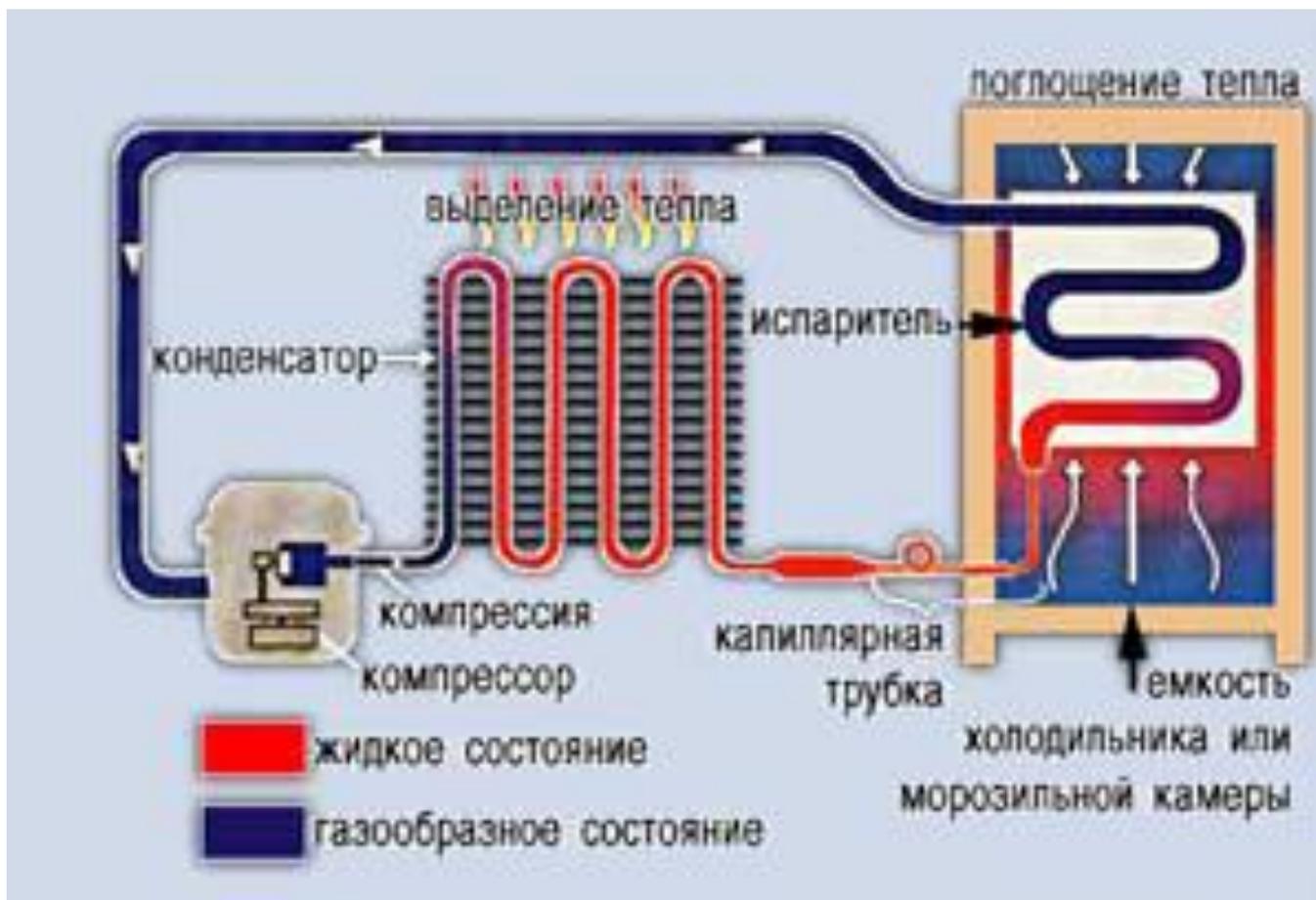
Работа машин основана на том, что рабочее тело (холодильный агент) за счёт затраты внешней работы совершает обратный круговой термодинамический процесс)

В парокомпрессионных, абсорбционных и пароэжекторных машинах для получения эффекта охлаждения используют **кипение низкокипящих жидкостей**.

В воздушно-расширительных машинах охлаждение достигается за счёт **расширения сжатого** воздуха в детандере.

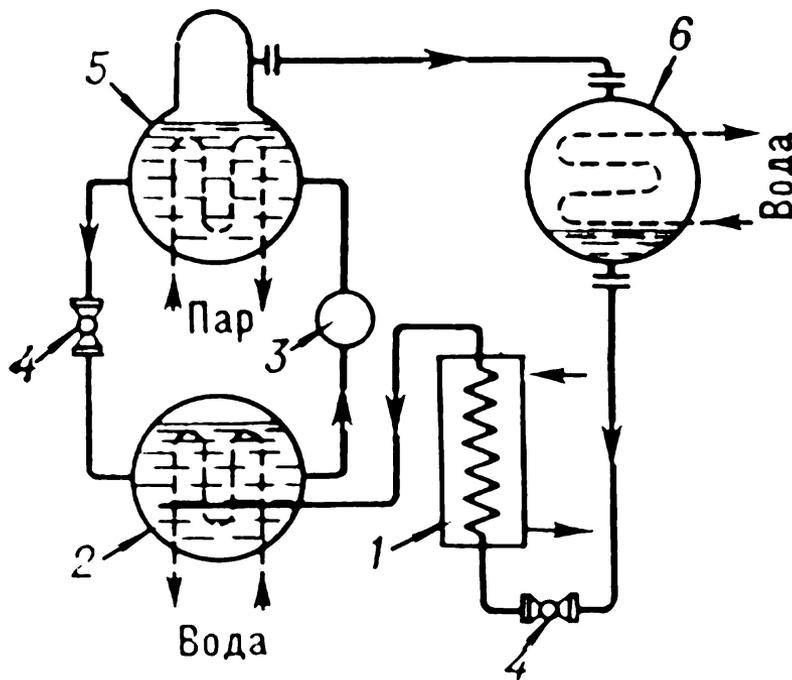
# Холодильные машины

Схема работы парокомпрессионной холодильной машины:



# Холодильные машины

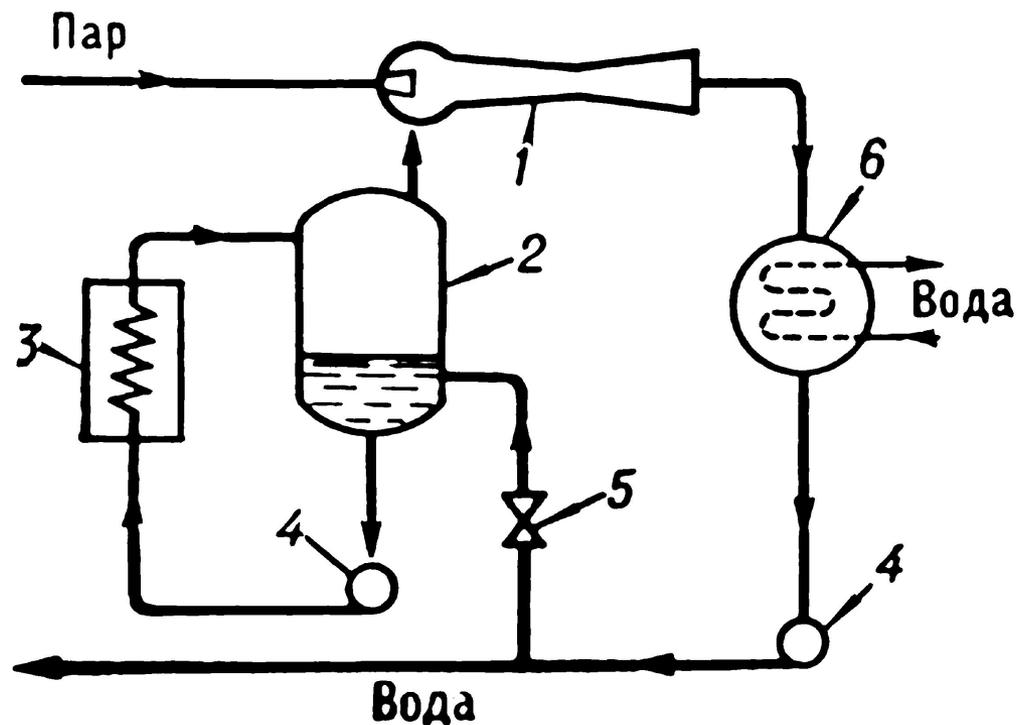
Схема работы абсорбционной холодильной машины:



*1* – испаритель; *2* – абсорбер; *3* – насос; *4* – ТРВ; *5* –  
кипятильник; *6* - конденсатор

# Холодильные машины

Схема работы парожеткторной холодильной машины:



1 – испаритель; 2 – абсорбер; 3 – насос; 4 – ТРВ;  
5 – кипяtilьник; 6 - конденсатор

# Холодильные агенты

**Холодильный агент** - хладагент, рабочее вещество холодильной машины, которое при кипении или в процессе расширения отнимает теплоту от охлаждаемого объекта и затем после сжатия передаёт её охлаждающей среде (воде, воздуху и т. п.).

В зависимости от температуры кипения при атмосферном давлении хладагенты подразделяют на 3 группы:

- **высокотемпературные** (выше  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),
- **умеренные** (ниже  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
- **низкотемпературные** (ниже  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Основными хладагентами являются **аммиак, фреоны (хладоны) и некоторые углеводороды.**

# Холодильные агенты

**Фреоны** - бесцветные без запаха газы или жидкости, хорошо растворимые в органических растворителях, в воде - очень плохо.

Наиболее распространены:

дифтордихлорметан $\text{CF}_2\text{Cl}_2$	$t_{\text{кип}}$ - 29,8 °С,
фтортрихлорметан $\text{CFCl}_3$	$t_{\text{кип}}$ - 23,8 °С
дифторхлорметан $\text{CHF}_2\text{Cl}$	$t_{\text{кип}}$ - 40,8 °С

Обозначение фреонов:

буквы Ф и трёхзначного числа, последняя цифра которого равна числу атомов F, средняя - числу атомов H плюс 1, первая - числу атомов C минус 1

Например,  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$  обозначают как Ф-012 или Ф-12  
 $\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$  - Ф-113.

# Теплоснабжение

**Промышленное теплоснабжение** – обеспечение теплотой промышленных предприятий

**Коммунальное теплоснабжение** – подача теплоты в жилые и общественные здания

## Теплоносители:

1. Дымовые газы
2. Вода и водяной пар
3. Перегретый пар
4. Горячая вода.

## Источники теплоты:

ТЭЦ и котельные установки

# Вентиляция

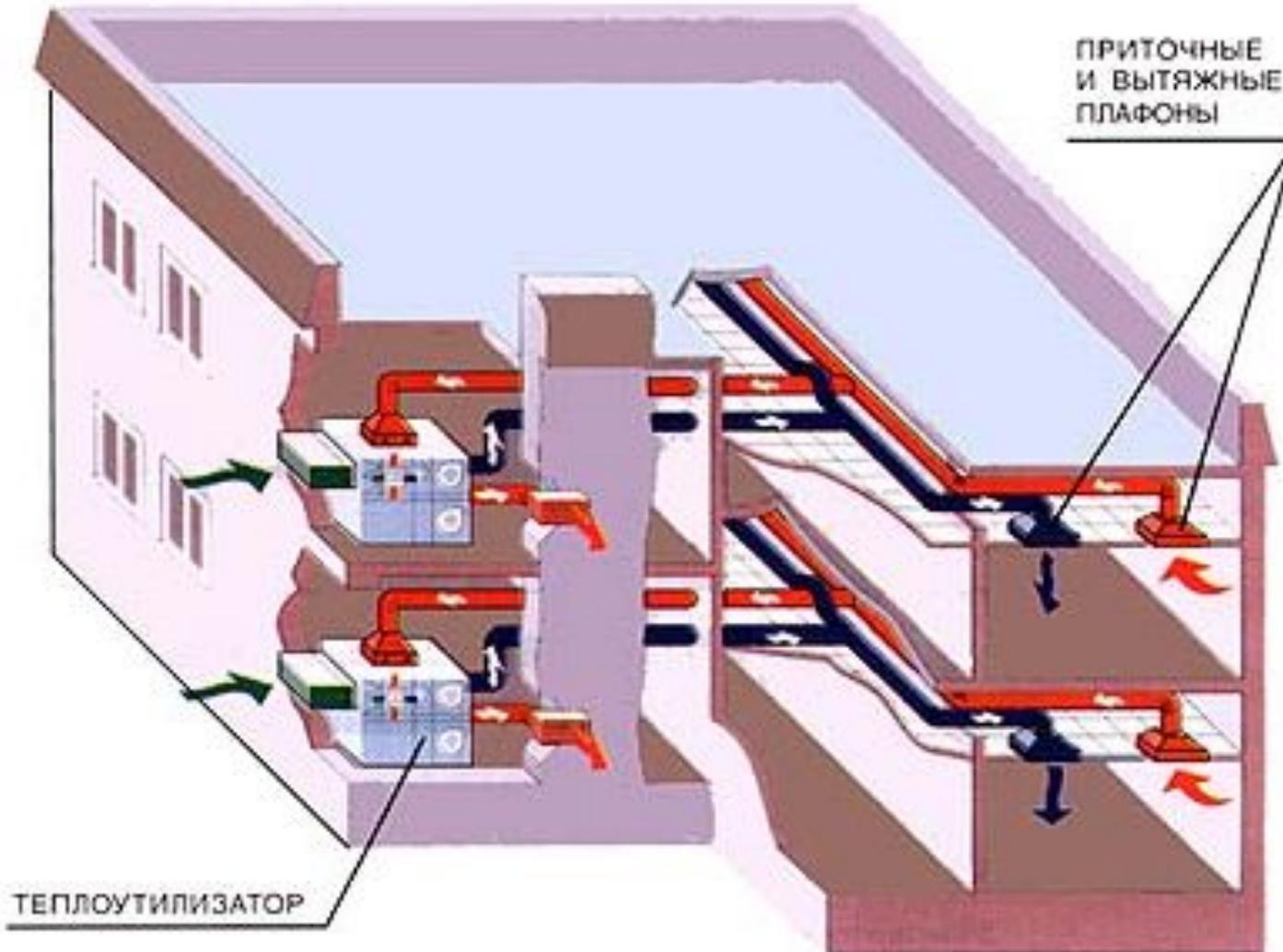
**Назначение:** поддержать химический состав и физическое состояние воздуха, удовлетворяющее гигиеническим требованиям (чистота, температура, влажность, скорость движения).

**Вентиляция:** естественная – до 3-х кратного обмена в час, принудительная – при помощи вентиляторов.

По схеме подачи воздуха принудительная вентиляция классифицируется:

- 1 – приточная вентиляция
- 2 - вытяжная вентиляция
- 3 – комбинированная вентиляция

## Схема принудительной вентиляции:



Основные элементы: воздуховоды, вентиляторы, регулирующие устройства, калорифер, фильтр для очистки воздуха, регенератор – теплообменник для регенерации теплоты отводимого воздуха

# Схема вентиляции и кондиционирования гостиницы

