

# **ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ**

**Преподаватель:**

**Черепанова Екатерина**

**Владимировна,**

**доцент кафедры**

**«Теплоэнергетика и теплотехника»,**

**кандидат технических наук**

# **Рекомендуемая литература**

- 1. Кудинов А.А. Тепловые электрические станции. Схемы и оборудование: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2012. 325 с.**
- 2. Тепловые электрические станции: учебник для вузов / В.Д. Буров, Е.В. Дорохов, Д.П. Елизаров и др. М.: Издательство МЭИ, 2005. 454 с.**
- 3. Строительство тепловых электростанций. Том 1. Проектные решения тепловых электростанций: учебник для вузов /**

# ВВЕДЕНИЕ

## **1. Особенности функционирования энергетики в природно-климатических условиях России**

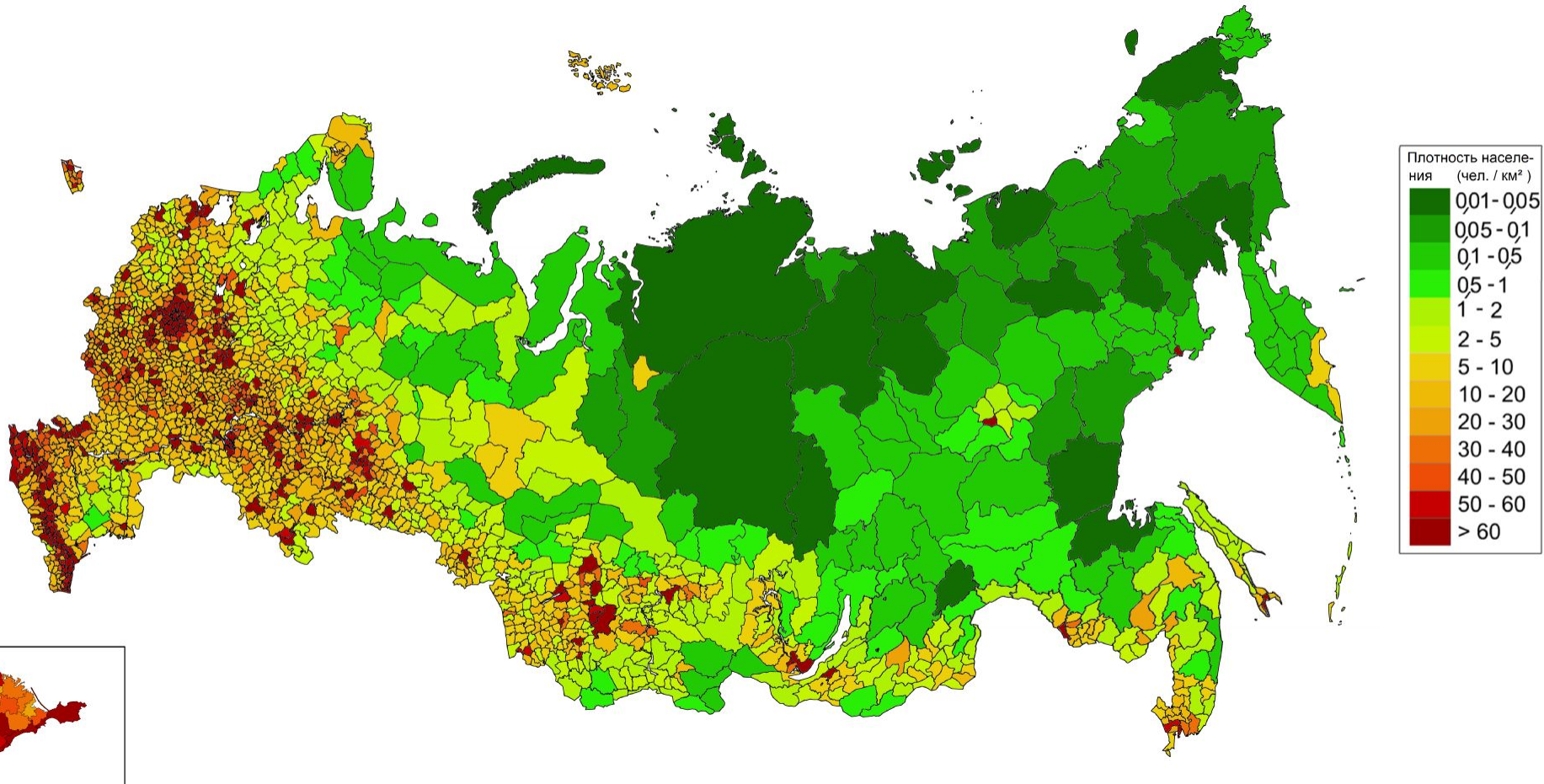
**Основой генерации электрической энергии**

**в России являются тепловые электростанции (ТЭС). В общем объеме установленных мощностей их доля составляет около 68 %.**

## **Основные особенности территории России:**

- 1) северное расположение и большая протяженность границ;**
- 2) Более 90% населения РФ проживает в европейской и южной частях России; там же расположены основные промышленные зоны и размещается 70% мощностей ТЭС;**

# Плотность населения России на 01.01.2013 (данные Республики Крым и г. Севастополь на 2016 г.)



- 3) основные месторождения газа и нефти находятся на севере страны, угля – в Восточной Сибири (неблагоприятные климатические условия определяют повышенные затраты на разведку, обустройство, транспорт и эксплуатацию);**
- 4) удаленность ТЭС от мест добычи топлива и потребителей электроэнергии;**
- 5) В слабо освоенных территориях на севере и востоке страны осуществляется децентрализованное энергоснабжение (маломощные ТЭЦ, дизельные и газотурбинные электростанции).**

## **2. Ресурсная обеспеченность энергетики России**

**На территории России сосредоточено 23% разведанных мировых запасов природного газа, 13% нефти, 19% угля.**

**Доля природного газа в топливном балансе ТЭС составляет 65%, доля угля – 26%.**

**Развитие добычи природного газа в шельфовой зоне Севера России и Сахалина окажет существенное влияние**

**на размещение новых ТЭС в регионах**

# ШЕЛЬФОВАЯ ДОБЫЧА УГЛЕВОДОДОРОВ В РОССИИ

ИСТОЧНИК: RUSENERGY.



СУММАРНО ИЗВЛЕКАЕМЫЕ ЗАПАСЫ (КАТЕГОРИИ АВС+С2)  
 ПО СОСТОЯНИЮ НА 1 ЯНВАРЯ 2009 ГОДА: 1,2 МЛРД Т НЕФТИ, 10,5 ТРЛН КУБ. М ГАЗА.  
 СТЕПЕНЬ РАЗВЕДАННОСТИ ЗАПАСОВ: ПО НЕФТИ — 9,4%, ПО ГАЗУ — 14,4%.  
 НАКОПЛЕННАЯ ДОБЫЧА НА 1 ЯНВАРЯ 2010 ГОДА: НЕФТЬ — 58,6 МЛН Т, ГАЗ — 75,8 ТРЛН КУБ. М.

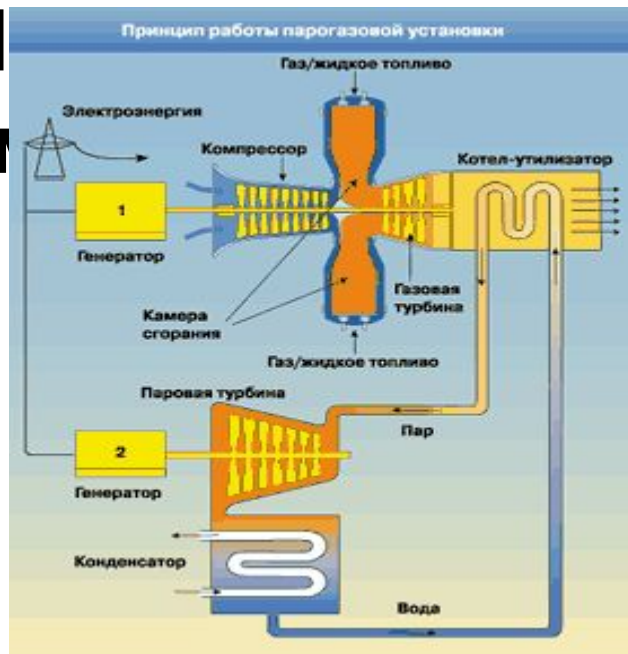
НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА	ГЛУБИНА МОРЯ (М)	НАЧАЛО ЭКСПЛУАТАЦИИ
«САХАЛИН-1»	15	2005



### 3. Перспектива развития энергетики России

Современные направления развития Российской энергетики:

- 1) создание конденсационных парогазовых установок мощностью 500–1000 МВт на природном газе с КПД выше 60%;



**2) разработка и создание экологически чистых угольных конденсационных энергоблоков на суперсверхкритических параметрах пара с КПД 43–46 % и мощностью 660–800 МВт;**

- 3) развитие автономных генерирующих энергоустановок мощностью до 150 МВт и малых ТЭЦ мощностью 15–25 МВт на базе парогазовых установок, не уступающих по экономичности мощным ТЭС при меньших потерях в сетях и большей гибкости в регулировании энергоснабжения;**
- 4) разработка и внедрение парогазовых установок мощностью 200–600 МВт с КПД 50–52%, работающих на угольном**

#### **4. Классификация электрических станций**

**Электрической станцией** называется комплекс оборудования и устройств, предназначенных для преобразования энергии природного источника в электрическую энергию и теплоту.

По виду используемой природной энергии электрические станции бывают:

- а) гидроэлектростанции (ГЭС),**  
вырабатывающие электрическую энергию

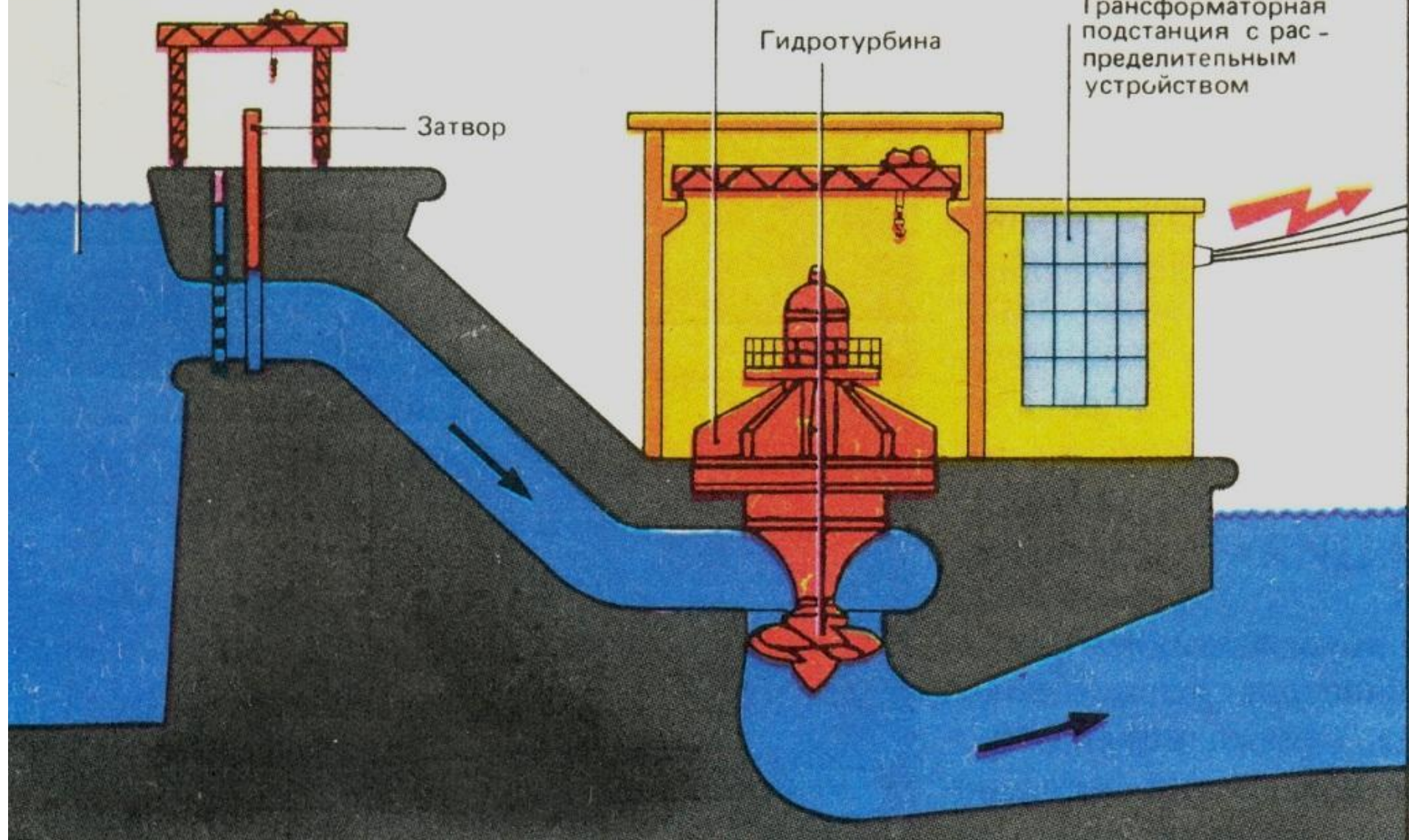
Водохранилище

Электродгенератор

Трансформаторная  
подстанция с рас-  
пределительным  
устройством

Затвор

Гидротурбина





## **б) тепловые электрические станции (ТЭС), использующие органическое**



### **Сургутская ГРЭС-2:**

Электрическая мощность:  
**5600 МВт;**

Тепловая мощность: **980 МВт;**

Годовая выработка  
электричества:

**40 млрд. кВт·ч;**

Год ввода в эксплуатацию: **1985 г.;**

Год начала строительства: **1979 г.;**

Кол-во сотрудников: **1244 человек;**

Основное топливо: **попутный  
нефтяной газ (70%)**

**и природный газ (30%);**

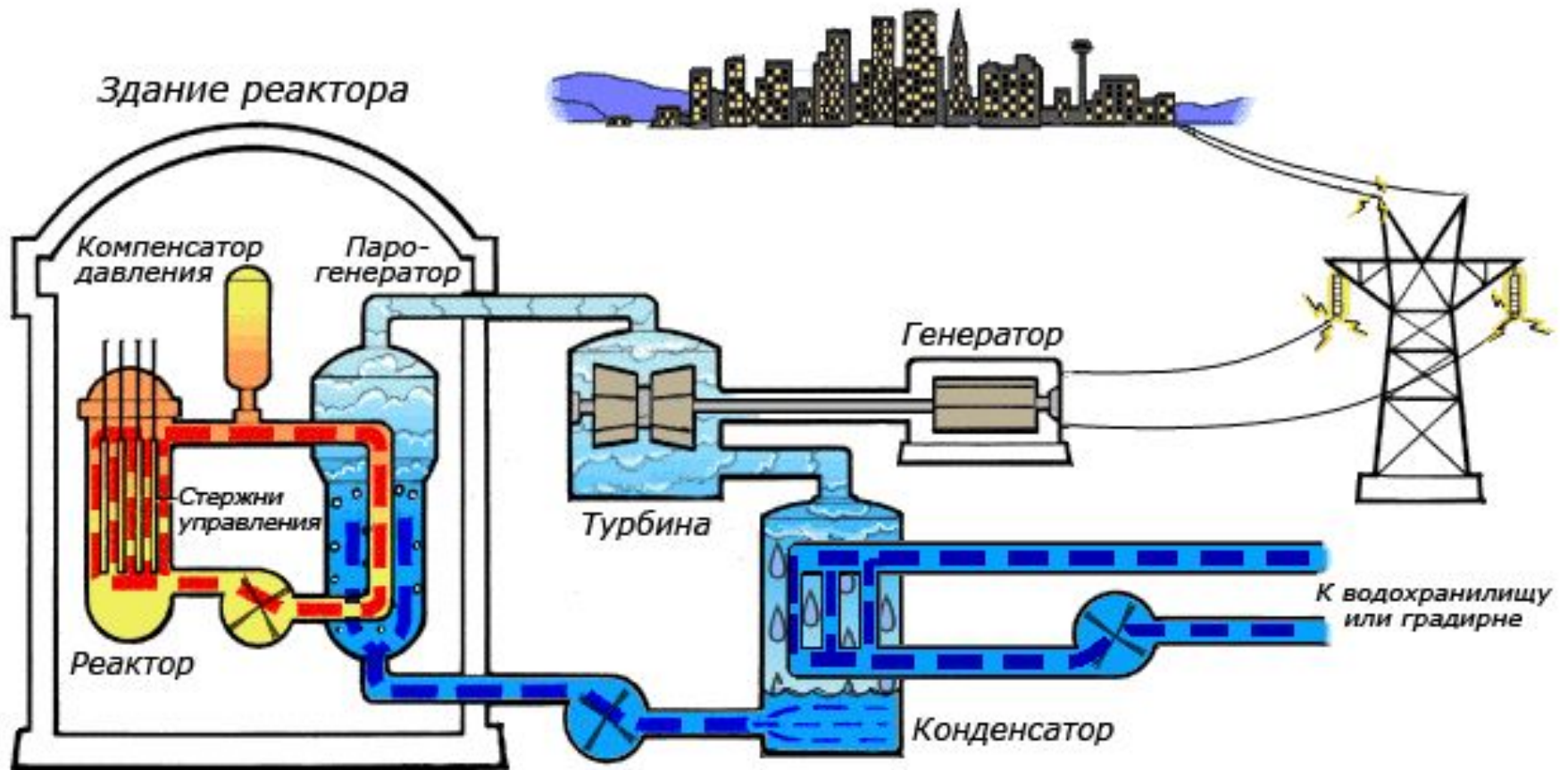
Высота дымовых труб: **273 м.**

Основное оборудование: **паровые  
турбины К-800-240-5 (800 МВт) и**

**паровые котлы Пп-2650-25-545 ГМ**  
(прямоточные, на боковых

стенах установлены в три яруса  
по 36 вихревых газомазутных  
горелок, высота котла 67 м).

# в) атомные электростанции (АЭС), использующие атомную энергию.



**ТЭС классифицируют по следующим признакам.**

**1. По виду отпускаемой энергии:**

- а) конденсационные тепловые электрические станции (КЭС), отпускающие только электрическую энергию;**
- б) теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) – это ТЭС, отпускающие электрическую и тепловую энергию.**



**2. По виду теплового двигателя:**

- а) электростанции с паровыми турбинами  
– *паротурбинные ТЭС* (основной вид ТЭС);**
- б) электростанции с газовыми турбинами  
– *газотурбинные ТЭС*;**
- в) электростанции с парогазовыми  
установками – *парогазовые ТЭС*;**
- г) электростанции с двигателями  
внутреннего сгорания – *дизельные  
электростанции ДЭС*.**

### **3. По назначению:**

- а) районные электростанции общего пользования: конденсационные электростанции – ГРЭС, работающие на единую энергосистему и имеющие общее централизованное управление;**
- б) промышленные электростанции, входящие в состав производственных предприятий и предназначенные для энергоснабжения предприятий и прилегающих к ним районов.**

***Паротурбинные электростанции***  
разделяют по следующим признакам:

**1) по суммарной мощности установленных агрегатов:**

**а) малой мощности – до 100 МВт;**

**б) средней мощности – 100–1000 МВт;**

**в) большой мощности – более 1000 МВт;**

**2) по давлению пара:**

**а) низкого давления – до 3 МПа;**

**б) среднего давления – 3–5 МПа;**

**в) высокого давления – 5–17 МПа;**

**г) критического давления – 17–22,5 МПа;**

**д) сверхкритического давления – 22,5–24,5 МПа.**

**3) по схеме соединений парогенераторов и турбоагрегатов ТЭС:**

**а) *блочные электростанции*, когда каждый турбоагрегат присоединяется к одному или двум определенным парогенераторам (при мощности турбоагрегатов 150 МВт и выше);**

**б) *неблочные электростанции* с поперечными связями, когда все парогенераторы и турбины присоединены к общим**

**4) по типу компоновки оборудования и здания:**

**а) закрытого типа;**

**б) полуоткрытого типа;**

**в) открытого типа.**

**Станции, в которых все основное и вспомогательное оборудование размещено в помещениях, называются *закрытыми*.**

**На *полуоткрытых* станциях, оборудование, не требующее постоянного надзора (дымососы, вентиляторы, баки, деаэраторы), установлено на открытом воздухе.**

## **5. Потребление энергии**

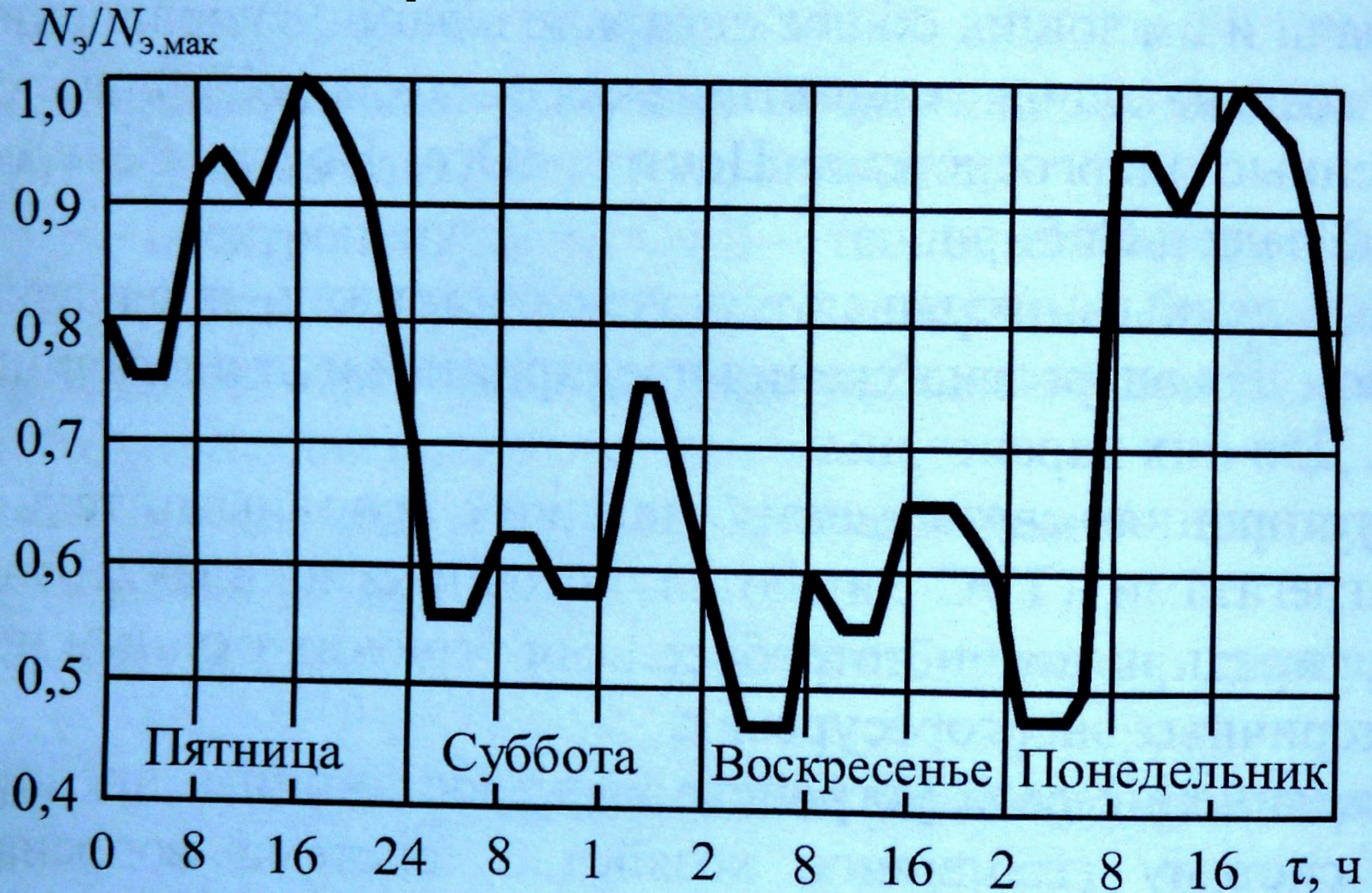
**Потребление электрической и тепловой энергии изменяется во времени: в течение суток, недели, года.**

**Графическое изображение изменения нагрузки ТЭС**

**во времени называют *графиком нагрузки*.**

**Форма суточного графика электронагрузки зависит от времени года, от числа смен работы предприятий. Для промышленного района в нерабочие дни электрическая**

# Типичный график изменения электрической нагрузки в рабочие и нерабочие дни недели



**Наряду с суточными графиками большое значение имеют годовые графики электрической нагрузки, которые строятся по данным суточных графиков.**



# График годовых электрических нагрузок по продолжительности



**Электростанции, участвующие в покрытии базовой нагрузки, называются *базовыми*; электростанции, работающие только в течение части года и предназначенные для покрытия пиковой нагрузки, называются *пиковыми*. Базовые электростанции работают непрерывно с полной номинальной нагрузкой, а пиковые включаются лишь в часы, когда требуется покрыть верхнюю часть графика**

**Тепловая энергия отпускается ТЭЦ двум основным видам потребителей: промышленным и коммунальным.**

**В промышленности тепловая энергия используется для технологических процессов в виде перегретого пара давлением 0,5–1,5 МПа. Коммунальное потребление включает расход теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение зданий.**

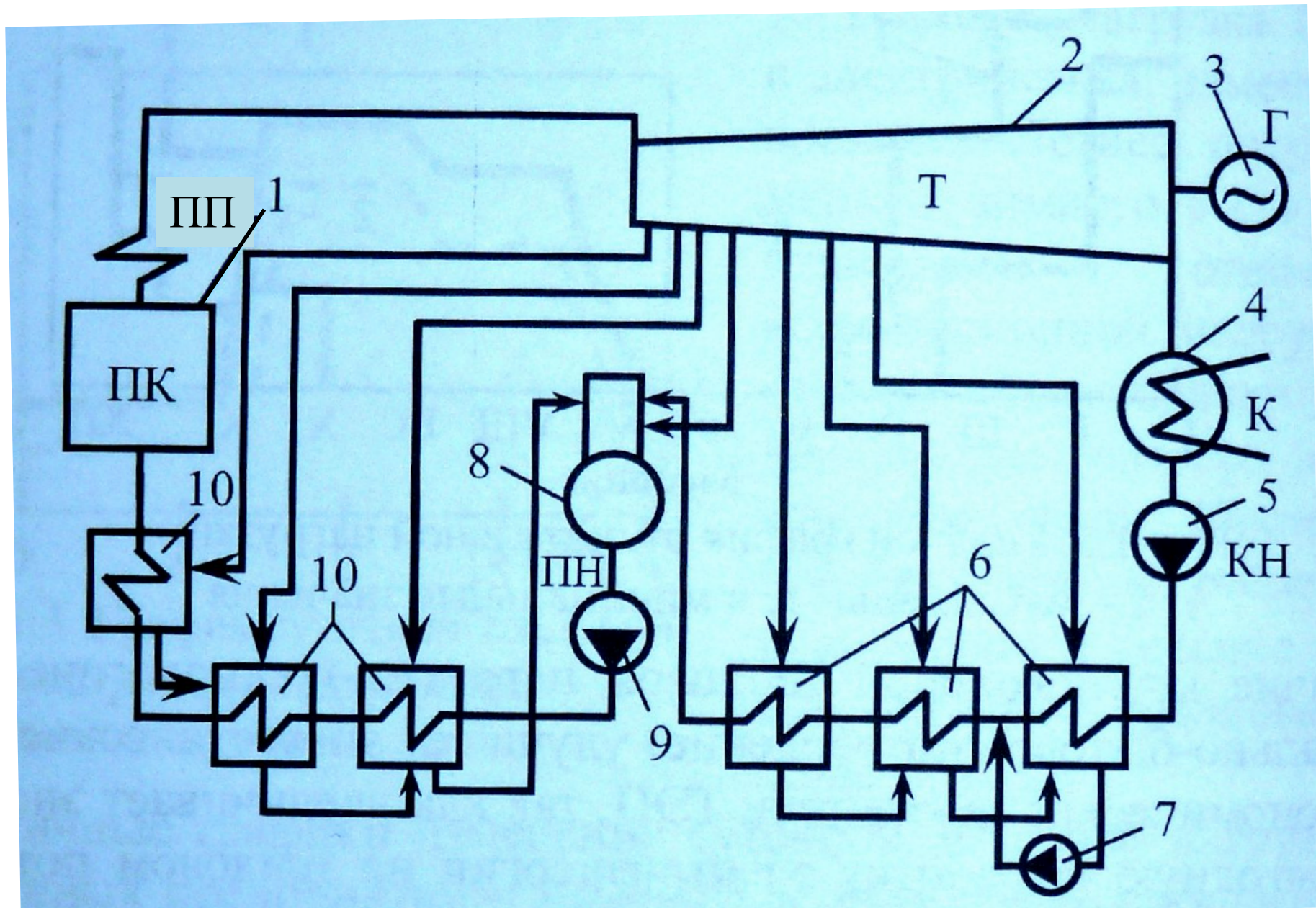
**Тепловая нагрузка ТЭЦ,  
как и электрическая, изменяется  
во времени. Летнее потребление  
меньше зимнего в связи с  
отключением отопительно-  
вентиляционной нагрузки, ремонтом  
оборудования и снижением  
теплопотерь в окружающую среду.  
Промышленное тепловое  
потребление неравномерно в течение  
суток  
и относительно равномерно в  
течение года.**

## **6. Принципиальная тепловая схема КЭС**

**КЭС большой мощности строятся в настоящее время в основном с расчетом**

**на высокие начальные параметры пара и низкое конечное давление (глубокий вакуум), что увеличивает КПД станции.**

# Тепловая схема паротурбинной КЭС



## **7. Принципиальные тепловые схемы ТЭЦ**

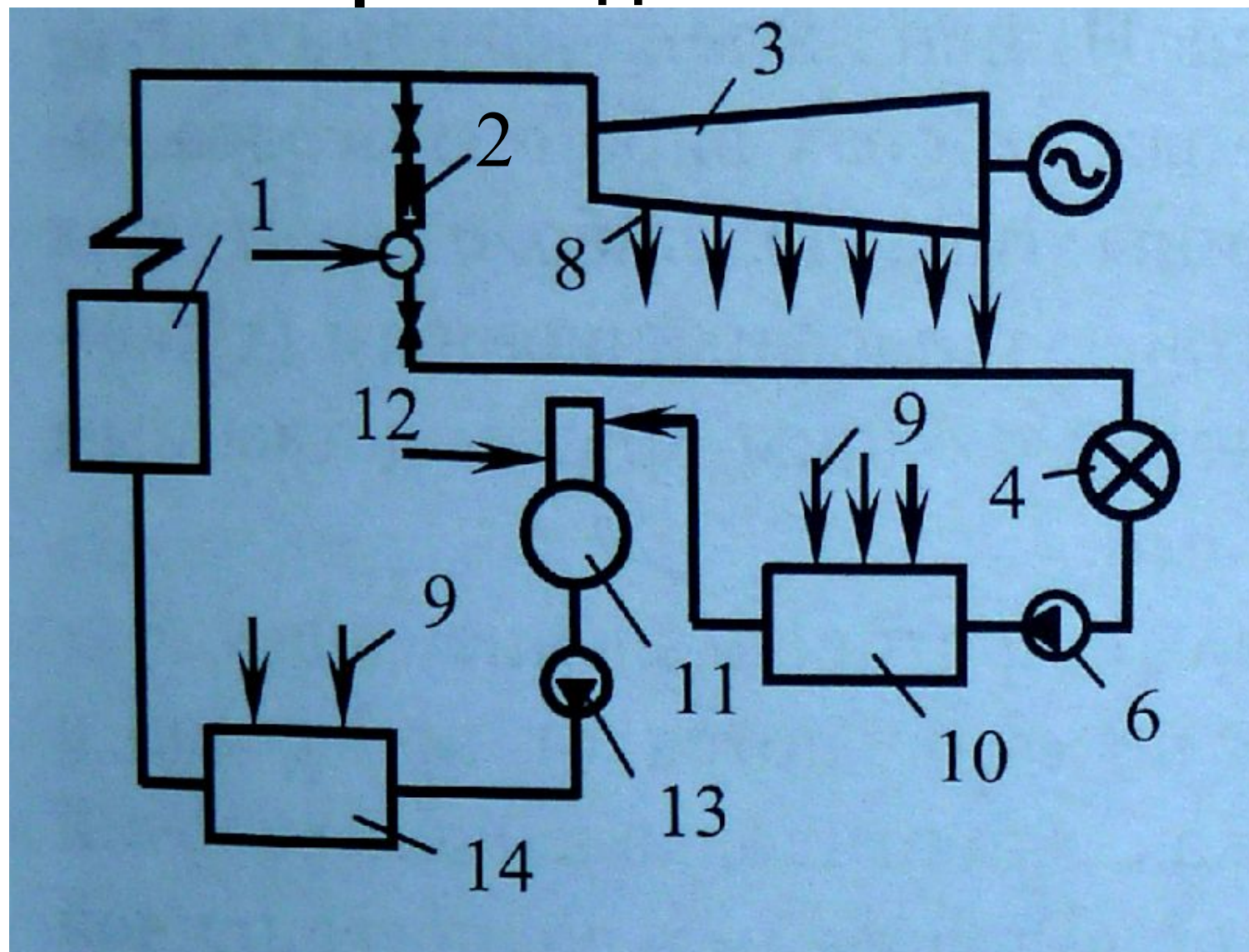
**ТЭЦ имеют более высокий КПД по сравнению с КЭС, т.к. часть теплоты отработавшего в турбине пара используется у внешнего потребителя.**

**ТЭЦ могут иметь турбины с противодавлением типа Р (после них отсутствует конденсатор и весь отработавший пар идет к потребителю на отопление или производственные нужды)**

**или конденсационные турбины с регулируемыи отборами пара (типа П, Т или ПТ).**

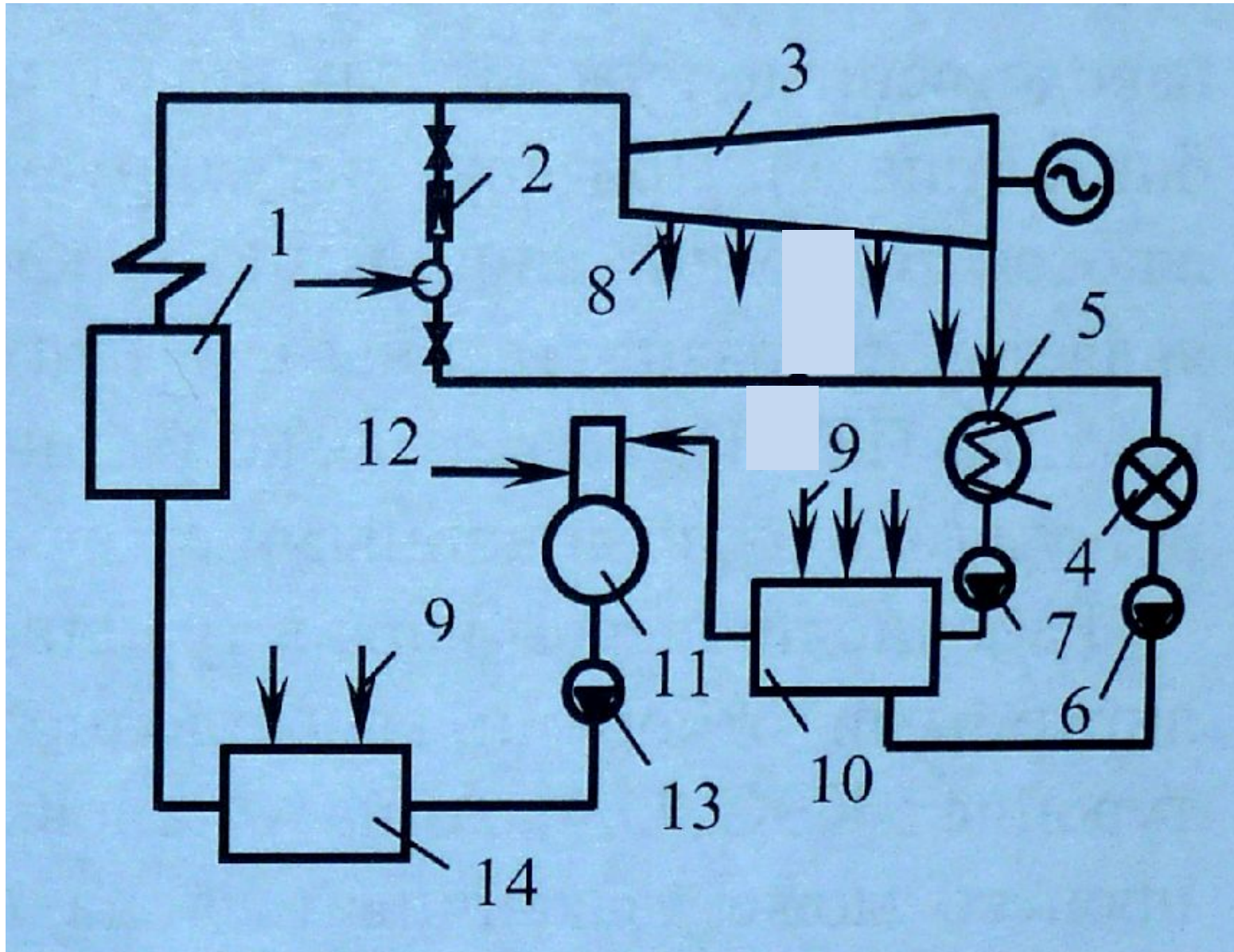


# Схема ТЭЦ с турбиной с противодавлением





# Схема ТЭЦ с турбиной с регулируемым отбором пара

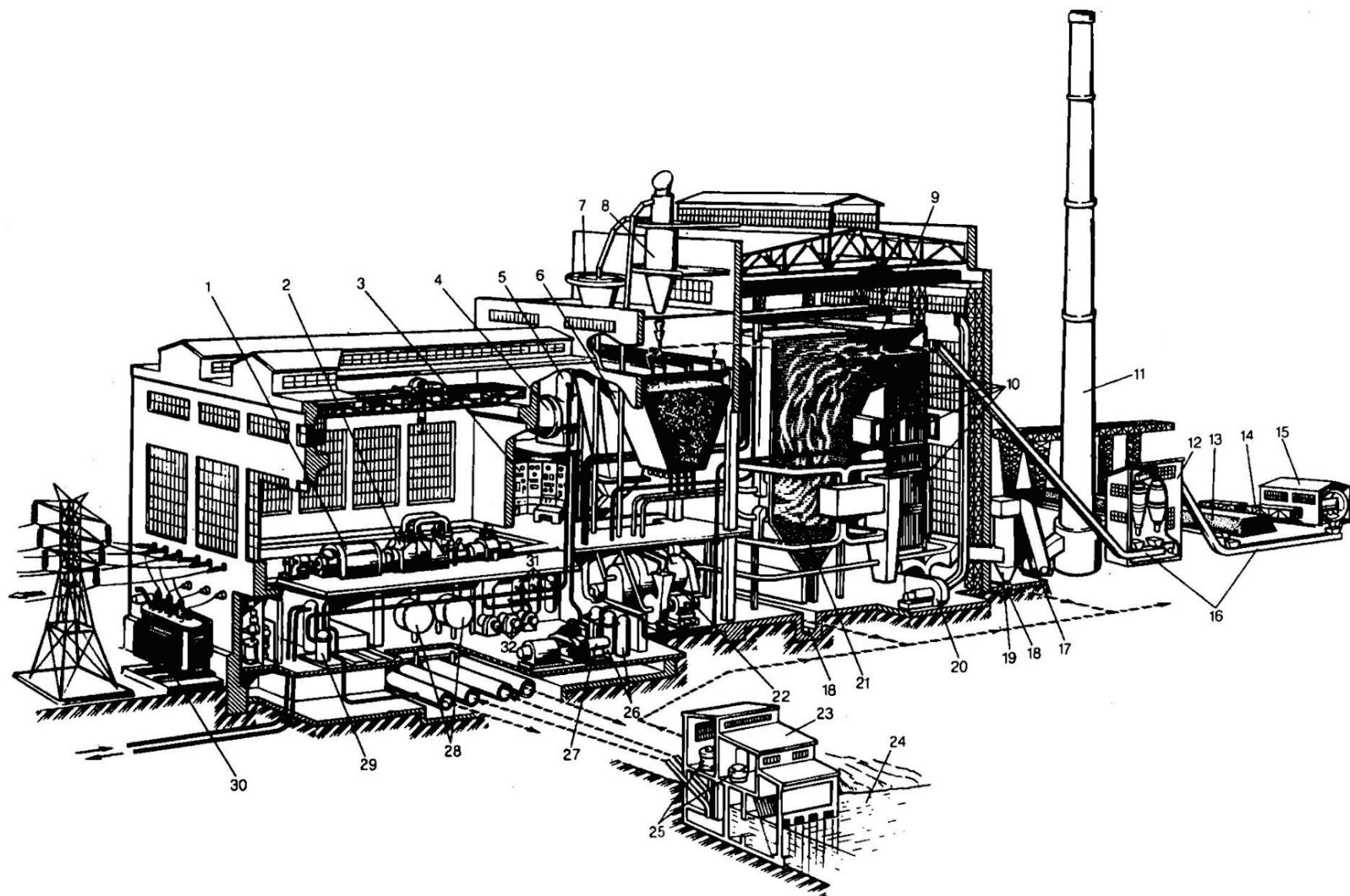


**1 – паровой котел; 2 – РОУ; 3 – турбоагрегат;  
4 – тепловой потребитель; 5 – конденсатор;  
6 – насос обратного конденсата;  
7 – конденсатный насос; 8 – пар от отборов;  
9 – пар на регенеративные подогреватели;  
10 – РПНД; 11 – деаэратор;  
12 – пар на деаэратор; 13 – питательный насос; 14 – РПВД.**

**В схемах с турбинами типа Р весь отработавший пар подается тепловому потребителю. Давление пара за турбиной выбирается по требованию потребителя. Установка используется достаточно эффективно только в случае, когда она рассчитана на ту часть тепловой нагрузки, которая сохраняется в течение большей части года.**

**На установках с турбинами с регулируемыми отборами полная номинальная электрическая мощность достигается в отсутствие тепловой нагрузки. Турбины такого типа имеют обычно один, два или три регулируемых отбора.**

# 8. Технологическая схема пылеугольной паротурбинной ТЭС



## **9. Надежность работы оборудования ТЭС**

**При производстве электрической и тепловой энергии возможны *аварии и отказы***

**в работе энергетического оборудования.**

**При возникновении аварии требуется *останов* оборудования и проведение восстановительного ремонта.**

**Согласно статистике порядка 90 % крупных аварий вызваны отказами в работе оборудования и сопровождаются пожаром, 10 % являются следствием повреждений строительных конструкций. На долю аварий, произошедших в машинных**

# Статистика наиболее крупных аварий в главных корпусах ТЭС

Год аварии	Электростанция	Кол-во блоков, вышедших из строя	Мощность, Выбывшая из генерации, МВт
2008	Сургутская ГРЭС-2	3	2400
2006	Рефтинская ГРЭС	4	2000
2002	Каширская ГРЭС-4	3	900
1992	Приуфимская ТЭЦ	3	200
1990	Гусиноозерская ГРЭС	4	800
1982	Новочеркасская ГРЭС	2	600
1980	Новочеркасская ГРЭС	3	900

**Пожары в машинных отделениях обычно связаны с нарушениями целостности маслосистемы. При эксплуатации турбин используется значительное количество масла. Для энергоблоков мощностью 300 МВт объем маслосистемы составляет 47 м<sup>3</sup>. В основном в них используется нефтяное турбинное масло, температура воспламенения которого составляет 180 °С. Маслосистемы располагаются в непосредственной близости к горячим поверхностям турбин и источникам искрообразования и любое их повреждение может привести к пожару.**



**В 2002 г. причиной крупной аварии на Каширской ГРЭС-4 явилось усталостное разрушение ротора генератора турбоагрегата №3, которое привело к разлету осколков частей лопастного аппарата в разные стороны. В итоге были повреждены несущие строительные конструкции, а также пробиты трубопроводы масляной системы и системы охлаждения. Произошел разлив и возгорание масла. Развитие аварии сопровождалось пожаром, вследствие чего обрушилась кровля в машинном отделении главного корпуса. В результате было отключено три энергоблока, а блок № 3 мощностью 300 МВт не подлежал восстановлению. Сумма,**

# Авария на Каширской ГРЭС-4



**В 2008 г. на Сургутской ГРЭС-2 произошло обрушение кровли машинного отделения над энергоблоком № 6 из-за скопившегося снега. Температура наружного воздуха в тот момент составляла  $-35^{\circ}\text{C}$ .**

**В результате было остановлено 3 энергоблока общей мощностью 2400 МВт. Простой в таких случаях обычно определяется продолжительностью разбора завалов, а также временем, затраченным на нормализацию внутрицеховых климатических параметров, за счет устройства, например, брезентового шатра, включая время на его изготовление**

# Авария на Сургутской ГРЭС-2 (2008 г.)





# Авария на Сургутской ГРЭС-2 (2015 г.)



**Вторым по значимости типом являются аварии в котельных отделениях. Эти аварии обычно связаны с системой топливоподачи: взрывы отложений угольной пыли на элементах строительных конструкций или в бункерах угля, механические повреждения мазутопроводов, взрывы топлива в топке котла и т.д. Аварии такого типа могут приводить к повреждению оборудования соседних энергоблоков и разрушению наружных ограждающих конструкций. Так, на Гусиноозерской ГРЭС в 1990 г. из-за взрыва в системе пылеприготовления обрушилось около 1512 м<sup>2</sup> покрытия и 3500 м<sup>2</sup> стенового ограждения, было выведено из строя 4 агрегата. Простой основного**