



ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ



ИНЖЕНЕРНАЯ  
ШКОЛА  
ЭНЕРГЕТИКИ

# ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Лекция № 1

---

Преподаватель: Никитин Дмитрий Сергеевич  
доцент ОЭЭ ИШЭ, к.т.н.

## ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

---

Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	16
	Практические занятия	16
	Лабораторные занятия	16
	ВСЕГО	48
Самостоятельная работа, ч		60
ИТОГО, ч		108

Лекции – 1 раз в 2 недели

Практические занятия – 1 раз в 2 недели

Лабораторные работы – 1 раз в 2 недели



**ЗАЧЕТ**

# ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

---

## Разделы дисциплины

Раздел 1. Технологический процесс производства электроэнергии на электрических станциях

Раздел 2. Гидравлические электрические станции

Раздел 3. Электрохозяйство электрических станций и организация эксплуатации электрооборудования на электростанциях

Раздел 4. Эксплуатация синхронных генераторов электростанций

Раздел 5. Эксплуатация трансформаторов связи и блочных трансформаторов электростанций

Раздел 6. Эксплуатация распределительных устройств и коммутационного оборудования электростанций

Раздел 7. Эксплуатация системы собственных нужд электростанции, разрядников, ограничителей перенапряжения, трансформаторов тока и напряжения

Раздел 8. Эксплуатация устройств релейной защиты и автоматики синхронных генераторов, щитов управления, АСУ ТП электростанций

# РЕЙТИНГ-ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

---

<b>Оценочные мероприятия</b>		<b>Кол-во</b>	<b>Баллы</b>
<b>Текущий контроль</b>			100
<b>1</b>	Посещение занятий	8	8
<b>2</b>	Выполнение и защита индивидуального домашнего задания	2	40
<b>3</b>	Выполнение и защита лабораторных работ	4	40
<b>4</b>	Контрольная работа	1	12
		<b>ИТОГО</b>	100

## ЛИТЕРАТУРА

---

1. Васильева В. Я. Эксплуатация электрооборудования электрических станций и подстанций: учебное пособие / В. Я. Васильева, Г. А. Дробиков, В. А. Лагутин. – Чебоксары: Чувашский гос. ун-т. – 2000. – 864 с.
2. Коломиец Н. В. Режимы работы и эксплуатация электрооборудования электрических станций: учебное пособие / Н. В. Коломиец, Н. Р. Пономарчук, Г. А. Елгина; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2015. – 72 с.
3. Рожкова Л. Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: учебник / Л. Д. Рожкова, Л. К. Карнеева, Т. В. Чиркова // 4-е изд., стер. – М.: Академия, 2007. – 448 с.
4. Сибикин Ю. Д. Эксплуатация электрооборудования электростанций и подстанций. – М.: Директ-Медиа, 2018. – 449 с.
5. Немировский А. Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций: учебное пособие / А. Е. Немировский, И. Ю. Сергиевская, Л. Ю. Крепышева // 4-е изд., доп. – М.: Инфра-Инженерия, 2020. — 171 с.
6. Хренников А. Анализ аварийных событий в электрических сетях: программы просмотра аварийных событий / А. Хренников, Н. Ключкин, Н. Александров. – М.: Директ-Медиа, 2023. – 152 с.
7. Сибикин М., Сибикин Ю. Профилактическое обслуживание электроустановок потребителей. – М.: Директ-Медиа, 2017. – 393 с.

# НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

---

1. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 15.12.2020 г. № 903н «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».
2. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ-6 и П68 ПУЭ-7. – М.: Норматика, 2022. – 462 с.
3. Приказ Министерства энергетики РФ от 12.08.2022 г. № 811 «Об утверждении Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии».
4. Приказ Министерства энергетики РФ от 04.10.2022 г. № 1070 «Об утверждении Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации и о внесении изменений в приказы Минэнерго России от 13 сентября 2018 г. N 757, от 12 июля 2018 г. N 548» (Зарегистрировано в Минюсте России 06.12.2022 N 71384).
5. Пособие для изучения правил технической эксплуатации электрических станций и сетей. Электрической оборудование / под ред. Ф. Л. Когана. – М.: НЦ Энас, 2006. – 351 с.

## ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

---

1. Особенности основного электрического оборудования электрических станций.
2. Причины возникновения тех или иных нештатных ситуаций и пути их разрешения.
3. Основные принципы организации технической эксплуатации электрического оборудования электрических станций.
4. Наиболее важные вопросы, связанные с организацией эксплуатации, проведением измерений, испытаний и ремонта электрооборудования.
5. Требования ПТЭ и других нормативных документов при эксплуатации электрического оборудования электрических станций.
6. Примеры отдельных, наиболее характерных видов работ, технологических операций и оперативных действий.

# **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ**

## НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

---

**Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (ПТЭЭСС)** является действующим нормативным документом в соответствии с Приказом Минэнерго России от 04.10.2022 N 1070 "Об утверждении Правил технической эксплуатации ... от 13 сентября 2018 г. N 757, от 12 июля 2018 г. N 548" (Зарегистрировано в Минюсте России 06.12.2022 N 71384).

ПТЭЭСС устанавливают требования к эксплуатации объектов по производству электрической энергии и объектов электросетевого хозяйства, функционирующих в составе Единой энергетической системы России и технологически изолированных территориальных электроэнергетических систем, в части обеспечения

- надежности функционирования указанных электроэнергетических систем,
- надежности и безопасности объектов электроэнергетики
- возможности их использования по функциональному назначению в составе указанных электроэнергетических систем.

## НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

---

Требования ПТЭЭСС распространяются на:

- **собственников и иных законных владельцев объектов по производству электрической энергии**, в том числе функционирующих в режиме комбинированной выработки электрической и тепловой энергии, и (или) объектов электросетевого хозяйства и принадлежащие им объекты по производству электрической энергии и объекты электросетевого хозяйства (далее - объекты электроэнергетики), за исключением принадлежащих потребителям электрической энергии объектов электросетевого хозяйства классом напряжения 0,4 кВ и ниже, присоединенных к электрическим сетям на уровне напряжения 0,4 кВ;
- **системного оператора и иных субъектов оперативно-диспетчерского управления** в технологически изолированных территориальных электроэнергетических системах – в части учета требований Правил при планировании и изменении технологического режима работы и эксплуатационного состояния объектов электроэнергетики, а также в части требований к взаимодействию субъектов оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике с владельцами объектов электроэнергетики при эксплуатации автоматических систем диспетчерского управления и каналов связи.

## НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

---

**Правила устройства электроустановок (ПУЭ) действуют в виде отдельных разделов и глав седьмого издания и действующих разделов и глав шестого издания.**

Минэнерго России отмечает, что правила устройства электроустановок не были зарегистрированы Минюстом России, в связи с чем не подлежат обязательному применению. В то же время ими можно руководствоваться в добровольном порядке в части, не противоречащей действующему законодательству РФ (*Письмо Минэнерго России от 23.03.2023 N 05-1798 "О рассмотрении обращения"*).

Статья 9.11 КоАП РФ предусматривает административную ответственность за нарушение правил пользования топливом, электрической и тепловой энергией, правил устройства электроустановок, эксплуатации электроустановок, топливо- и энергопотребляющих установок, тепловых сетей, объектов хранения, содержания, реализации и транспортировки энергоносителей, топлива и продуктов его переработки.

## НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

---

**Правила устройства электроустановок (ПУЭ)** распространяются на вновь сооружаемые и реконструируемые электроустановки постоянного и переменного тока напряжением до 750 кВ.

Требования настоящих Правил рекомендуется применять для действующих электроустановок, если это повышает надежность электроустановки или если ее модернизация направлена на обеспечение требований безопасности.

По отношению к реконструируемым электроустановкам требования настоящих Правил распространяются лишь на реконструируемую часть электроустановок.

ПУЭ разработаны с учетом обязательности проведения в условиях эксплуатации планово-предупредительных и профилактических испытаний, ремонтов электроустановок и их электрооборудования.

## НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

---

**Правила работы с персоналом в организациях электроэнергетики Российской Федерации (ПРПОЭ)** является действующим нормативным документом в соответствии с Приказом Минэнерго России от 22.09.2020 N 796 (ред. от 30.11.2022) "Об утверждении Правил работы с персоналом ..." (Зарегистрировано в Минюсте России 18.01.2021 N 62115).

ПРПОЭ устанавливают требования к подготовке работников организаций, осуществляющих деятельность в сфере электроэнергетики, к выполнению трудовых функций в сфере электроэнергетики, связанных с эксплуатацией объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок или с оперативно-диспетчерским управлением в электроэнергетике, и подтверждению готовности персонала к выполнению таких трудовых функций, в том числе определяют категории персонала, обязательные формы работы с персоналом, порядок проведения и оформления результатов подготовки и подтверждения готовности указанного персонала, поддержания и повышения его квалификации.

Требования ПРПОЭ распространяются на организации, осуществляющие деятельность в сфере электроэнергетики.

## НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

---

**Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТЭЭ)** является действующим нормативным документом в соответствии с Приказом Минтруда России от 15.12.2020 N 903н (ред. от 29.04.2022) "Об утверждении Правил по охране труда ..." (Зарегистрировано в Минюсте России 30.12.2020 N 61957). Срок действия документа ограничен 31 декабря 2025 года.

ПОТЭЭ устанавливают государственные нормативные требования охраны труда при эксплуатации электроустановок.

Требования ПОТЭЭ распространяются на работодателей – юридических и физических лиц независимо от их организационно-правовых форм и работников из числа электротехнического, электротехнологического и неэлектротехнического персонала организаций, занятых техническим обслуживанием электроустановок, проводящих в них оперативные переключения, организующих и выполняющих строительные, монтажные, наладочные, ремонтные работы, испытания и измерения, в том числе работы с приборами учета электроэнергии, измерительными приборами и средствами автоматики, а также осуществляющих управление технологическими режимами работы объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок потребителей.

## НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

**Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии (ПТЭЭП)** является действующим нормативным документом в соответствии с Приказом Минэнерго России от 12.08.2022 N 811 "Об утверждении Правил технической эксплуатации ..." (Зарегистрировано в Минюсте России 07.10.2022 N 70433).

ПТЭЭП устанавливают требования к организации и осуществлению технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии и распространяются на потребителей электрической энергии – юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и физических лиц, владеющих на праве собственности или ином законном основании электроустановками.

Правила не распространяются на потребителей – физических лиц, владеющих на праве собственности или ином законном основании электроустановками напряжением ниже 1000 В и использующих данные электроустановки для удовлетворения личных или бытовых нужд.

***XII. Объекты по производству электрической энергии потребителей***

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

---

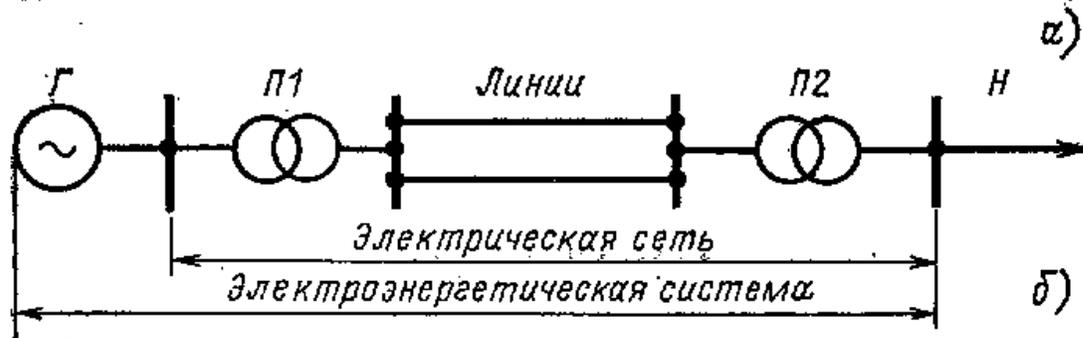
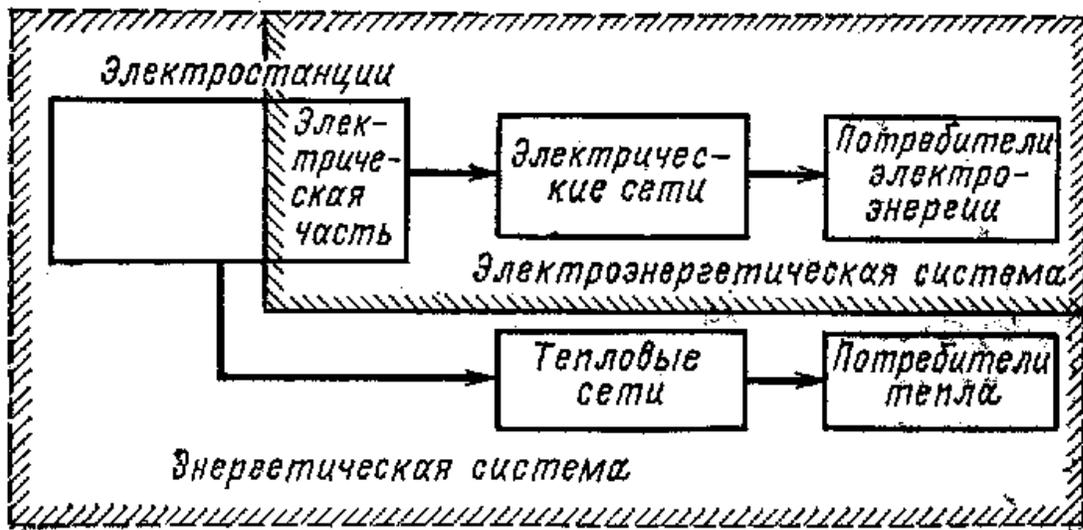
**Электроустановка** – совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другие виды энергии.

**Энергетическая система (энергосистема)** – совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, соединенных между собой и связанных общностью режимов в непрерывном процессе производства, преобразования, передачи и распределения электрической и тепловой энергии при общем управлении этим режимом.

**Электрическая часть энергосистемы** – совокупность электроустановок электрических станций и электрических сетей энергосистемы.

**Электроэнергетическая система** – электрическая часть энергосистемы и питающиеся от нее приемники электрической энергии, объединенные общностью процесса производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии.

# ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ



Схемы производства, распределения и потребления электрической и тепловой энергии

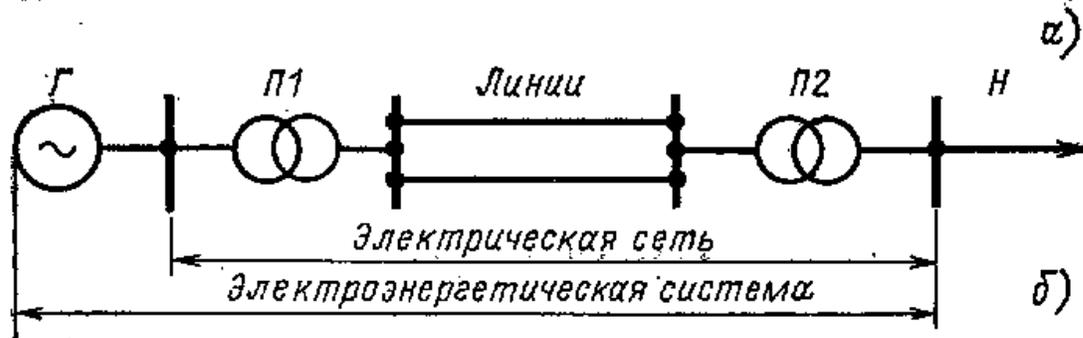
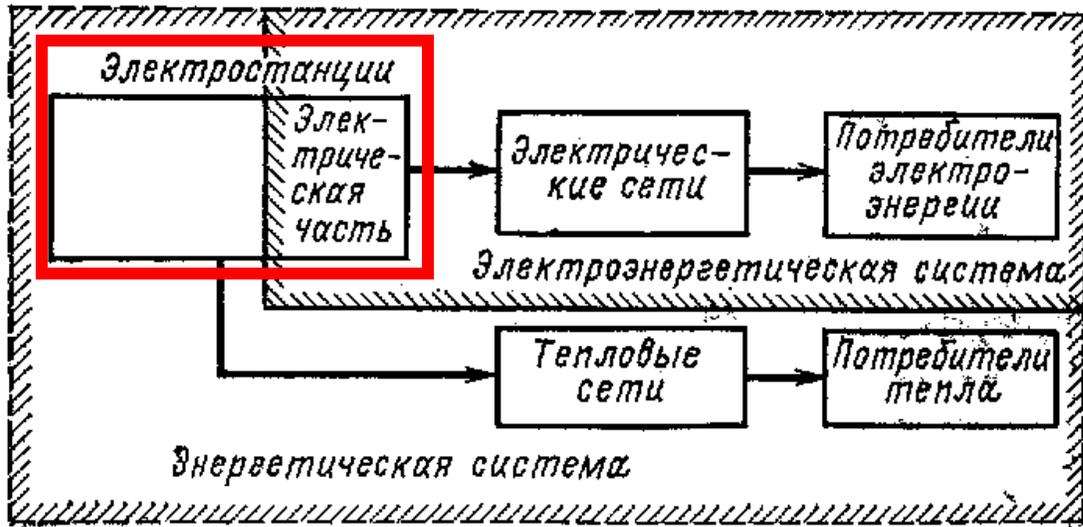
**Электроснабжение** – обеспечение потребителей электрической энергией.

**Система электроснабжения** – совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией.

**Централизованное электроснабжение** – электроснабжение потребителей электрической энергии от энергосистемы.

**Электрическая сеть** – совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных и кабельных линий электропередачи, работающих на определенной территории.

# ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ



Схемы производства, распределения и потребления электрической и тепловой энергии

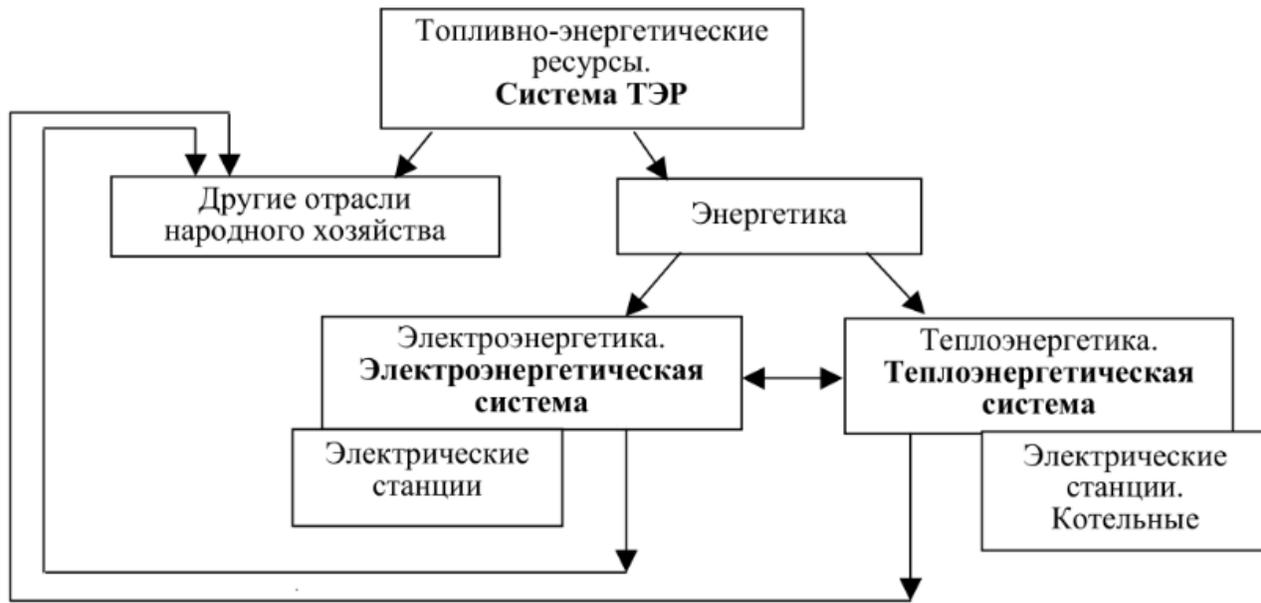
**Приемник электрической энергии (электроприемник)** – аппарат, агрегат и др., предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

**Потребитель электрической энергии** – электроприемник или группа электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещающихся на определенной территории.

**Электрическая станция** – это предприятие или энергоустановка, предназначенная для производства электрической энергии или электрической энергии и тепла.

**Электрическая подстанция** – это электроустановка, предназначенная для преобразования и распределения электроэнергии.

# ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ



*Структура энергетической системы*

Энергетика является сложнейшим объектом производства. Это большая система, в которой функционируют взаимосвязанные подсистемы, обеспечивающие потребности народного хозяйства в топливе, электрической и тепловой энергии. В основном большая энергетическая система страны включает три вида систем, имеющих самостоятельные цели.

Назначение **системы топливо-энергетических ресурсов** – обеспечение народного хозяйства энергетическими ресурсами: органическим топливом (газом, нефтью углем и др.), ядерным топливом, гидроэнергией и др. Цель систем **электроэнергетики** и **теплоэнергетики** – обеспечение всех потребителей электрической и соответственно тепловой энергией. Все они связаны. Любые задачи по развитию или эксплуатации систем и их объектов должны решаться с учетом этих связей.

## ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Современные крупные электростанции работают обычно не изолированно, а совместно, образуя энергосистему. В отдельных случаях, особенно для объектов малой и нетрадиционной энергетики возможна **изолированная работа** станций. Работа в энергосистеме создает ряд технических и экономических **преимуществ**:

- 1) Увеличивается использование установленной мощности, режим станций становится более равномерным, уменьшается зависимость станций от случайных колебаний нагрузки.
- 2) Режим мощностей, электроэнергии, частота, напряжение меняются в лучшую сторону.
- 3) Создаются более благоприятные условия по использованию энергоресурсов, особенно в тех случаях, когда в системе имеются ГЭС.
- 4) Улучшаются условия проведения ремонтов.
- 5) Повышается надежность энергоснабжения.
- 6) Улучшаются технико-экономические показатели электростанций и снижаются их издержки, а это очень важно для ценовой стратегии.

**Недостатком** крупных объединений является сложность управления такими объектами. Нужны комплексы средств и систем управления, которые позволили бы управлять системой как единым целым.

## ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ

- 1) Влияние **особенностей территории России**: северное расположение и большая протяженность границ. Более 90 % населения РФ проживает в узкой полосе шириной до 100 км на востоке и до 1000 км на западе; здесь же расположены основные промышленные зоны и размещается 70 % мощностей тепловых электростанций.
- 2) Основные нефтяные и газовые месторождения, значительная часть угольных бассейнов России находятся на широте Гренландии (90 % добычи газа и 75 % нефти). Северное **расположение газовых и нефтяных месторождений**, неблагоприятные климатические условия восточносибирских угольных бассейнов определяют повышенные затраты на их разведку, обустройство и транспорт, а также на эксплуатацию добывающих предприятий.
- 3) **Удаленность электростанций от мест добычи топлива, потребителей электроэнергии от электростанций** вызывает значительные экологические проблемы, связанные с транспортом энергоносителей и выработанной энергии, к потерям электроэнергии при передаче ее на большие расстояния и распределении (9-10 % передаваемой энергии, в распределительных сетях теряется 15-20 % энергии, в Западной Европе в целом не превышают 6-8 %).

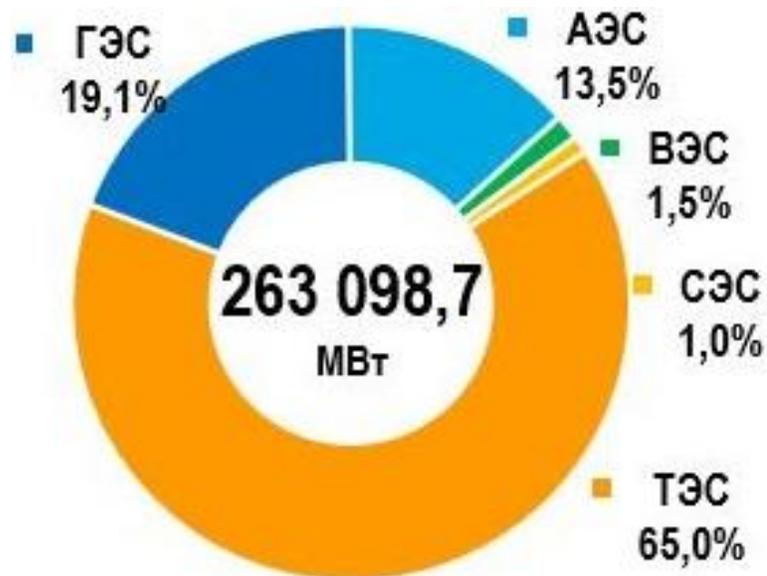
## ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ

4) Наличие обширных слабо освоенных территорий на севере и востоке страны с неразвитыми транспортными связями, приводит к тому, что в районах со слаборазвитой инфраструктурой, занимающих около 60 % территории страны, осуществляется **децентрализованное энергоснабжение**. Здесь вырабатывается около 11 % всей энергии. В качестве изолированных источников энергии используются маломощные ТЭЦ, дизельные и газотурбинные электростанции (стационарные и передвижные), индивидуальные котельные, экономичность которых низка. Так, удельный расход топлива на выработку электроэнергии ДВС составляет 360-480 г у.т./(кВт-ч), на производство тепловой энергии – 240-320 кг у.т./Гкал. Увеличенный расход топлива, низкие дымовые трубы указанных источников при малой устойчивости территории северных районов к техногенному воздействию приводят к неблагоприятным локальным экологическим последствиям.

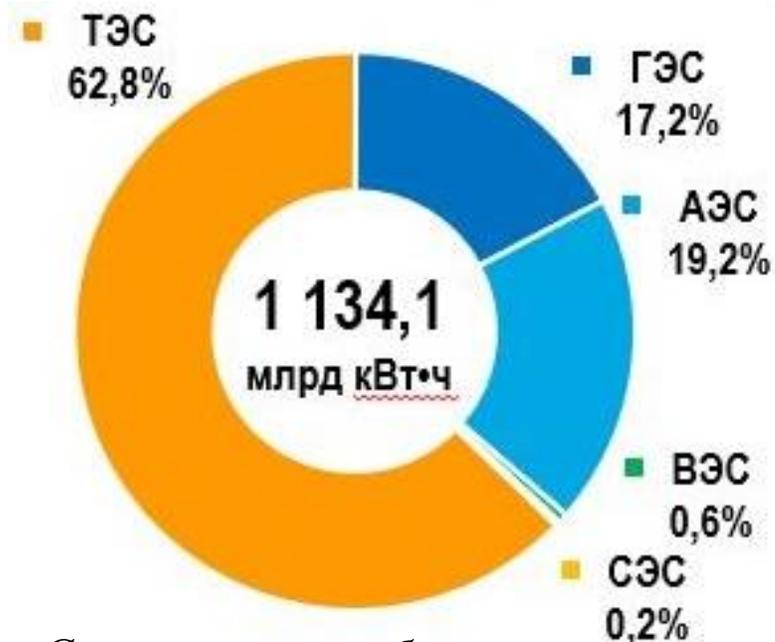
## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЕЭС РОССИИ

Единая энергетическая система России (ЕЭС России) состоит из 75 региональных энергосистем, которые, в свою очередь, образуют 7 объединенных энергетических систем: Востока, Сибири, Урала, Средней Волги, Юга, Центра и Северо-Запада. Все энергосистемы соединены межсистемными высоковольтными линиями электропередачи напряжением 220-500 кВ и выше и работают в синхронном режиме (параллельно).

В электроэнергетический комплекс ЕЭС России входит **880 электростанций** мощностью свыше 5 МВт каждая.



*Структура установленной мощности электростанций (на 01.01.2024 г.)*



*Структура выработки электроэнергии (на 01.01.2024 г.)*

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЕЭС РОССИИ

Управление электроэнергетическими режимами 7 энергообъединений и энергосистем, расположенных на территории 81 субъекта Российской Федерации осуществляют филиалы АО «СО ЕЭС» – **объединенные (ОДУ)** и **региональные диспетчерские управления (РДУ – 49 филиалов)** соответственно.



*Структура филиалов АО «СО ЕЭС»*

Активы генерации объединяются в межрегиональные генерирующие компании оптового рынка (**ОГК**) и территориальные генерирующие компании (**ТГК**). Все атомные электростанции (**АЭС**) входят в **Концерн «Росэнергоатом»**. В ОГК — электростанции, специализирующиеся на производстве почти исключительно электрической энергии, в ТГК — теплоэлектроцентрали (**ТЭЦ**), которые производят как электрическую, так и тепловую энергию. Шесть из семи ОГК сформированы на базе тепловых электростанций, а одна (РусГидро) – на основе гидрогенерирующих активов.

# РАЗВИТИЕ ЕЭС РОССИИ

## Крупнейшие генерирующие объекты

№ п/п	Электростанция	Установленная мощность, МВт
<i>Тепловые электростанции</i>		
1	Сургутская ГРЭС-2	4800
2	Рефтинская ГРЭС	3800
3	Костромская ГРЭС	3600
4	Сургутская ГРЭС-1	3324
5	Рязанская ГРЭС	2800
6	Троицкая ГРЭС	2455
7	Ставропольская ГРЭС	2400
8	Заинская ГРЭС	2400
9	Конаковская ГРЭС	2400
10	Новочеркасская ГРЭС	2400
11	Ириклинская ГРЭС	2400
12	Пермская ГРЭС	2400
13	Киришская ГРЭС	2102

<i>Гидравлические электростанции</i>		
1	Саяно-Шушенская ГЭС	6400
2	Красноярская ГЭС	6000
3	Братская ГЭС	4500
4	Усть-Илимская ГЭС	3840
5	Волжская ГЭС им. XX съезда КПСС	2541
6	Волжская ГЭС им. Ленина	2300
7	Чебоксарская ГЭС	1370
8	Саратовская ГЭС	1360
9	Зейская ГЭС	1330
10	Нижекамская ГЭС	1205
11	Воткинская ГЭС	1020
12	Чиркейская ГЭС	1000
13	Загорская ГАЭС	1000
<i>Атомные электростанции</i>		
1	Балаковская АЭС	4000
2	Ленинградская АЭС	4000
3	Курская АЭС	4000
4	Смоленская АЭС	3000
5	Калининская АЭС	2000
6	Нововоронежская АЭС	1834
7	Кольская АЭС	1760
8	Ростовская АЭС	1000

## РАЗВИТИЕ ЕЭС РОССИИ

- Фактически за период 2016–2020 годов на электростанциях ЕЭС России было введено в эксплуатацию 17495,5 МВт.
- За 2021–2023 годы фактический объем вводов в этот период составил 5060,6 МВт.
- В 2023 году фактический объем вводов мощности в 2023 году составил 733,8 МВт. Выведено из эксплуатации 423 МВт неэффективного и устаревшего генерирующего оборудования.

- За 2021–2023 годы вводы мощности АЭС соответствовали плану, на ТЭС, ГЭС (включая малые ГЭС) и ВИЭ (ВЭС, СЭС) фактический объем вводов мощности ниже прогнозных объемов вводов на 2878,3 МВт.

*Фактические и запланированные изменения установленной мощности электростанций ЕЭС России за 2016–2023 годы, МВт*

Наименование	Факт	Генеральная схема, план	Отклонение
Установленная мощность электростанций ЕЭС России на начало 2016 года	235305,6		–
Изменение мощности в 2016–2023 годах, всего	12859,3	10590,7	2268,6
Ввод мощности	22556,0	24460,5	-1904,5
Вывод из эксплуатации	15429,7	18042,4	-2612,7
Перемаркировка (модернизация, реконструкция, уточнение)	1682,7	1671,1	11,6
Присоединения/отсоединения	4050,3	2501,5	1548,8
Установленная мощность электростанций ЕЭС России на начало 2024 года	248164,9	245896,3	2268,6

## НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ

---

- 1) создание конденсационных парогазовых установок мощностью 500–1000 МВт, работающих на природном газе, с КПД выше 60%;
- 2) разработка и создание экологически чистых угольных конденсационных энергоблоков на суперсверхкритические параметры пара с КПД 43–46% 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 синтез-газе;
- 5) создание электрического транзита ультравысокого напряжения постоянного и переменного тока Сибирь – Урал – Европейская часть России;
- 6) использование низкотемпературных сверхпроводниковых индукционных накопителей электрической энергии для электрических сетей и гарантированного электроснабжения ответственных потребителей.

# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ОЭС СИБИРИ



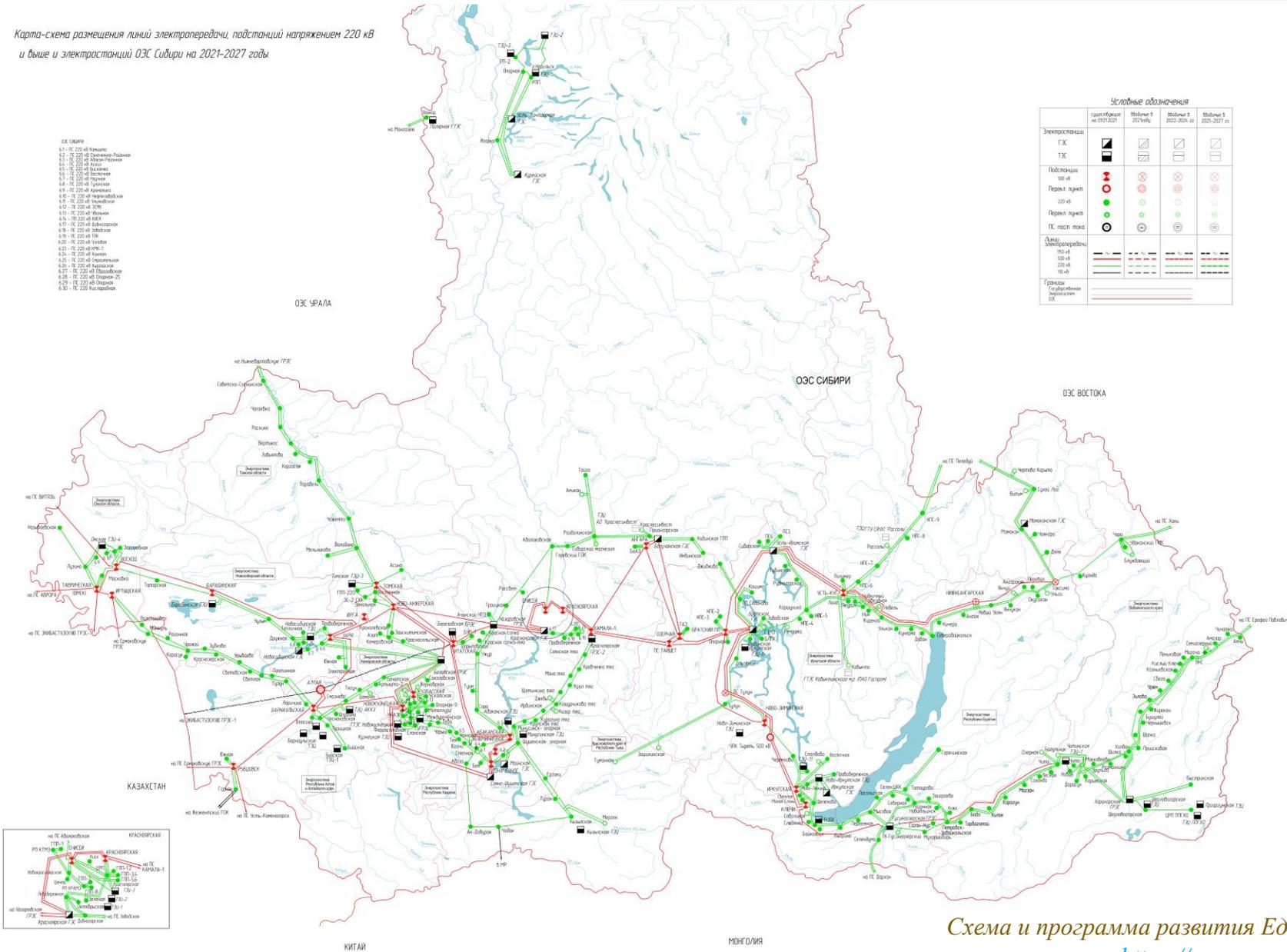
*ОЭС Сибири*

## Крупнейшие генерирующие объекты

- Саяно-Шушенская ГЭС (6 400 МВт, ПАО «РусГидро»)
- Красноярская ГЭС (6 000 МВт, АО «ЕвроСибЭнерго»)
- Братская ГЭС (4 500 МВт, ООО «ЕвроСибЭнерго-Гидрогенерация»)
- Усть-Илимская ГЭС (3 840 МВт, ООО «ЕвроСибЭнерго-Гидрогенерация»)
- Богучанская ГЭС (2 997 МВт, ПАО «Богучанская ГЭС»)
- Березовская ГРЭС (2 420 МВт, ПАО «Юнипро»)
- Томь-Усинская ГРЭС (1 345,4 МВт, АО «Кузбассэнерго»)
- Назаровская ГРЭС (1 373 МВт, АО «Назаровская ГРЭС»)
- Красноярская ГРЭС-2 (1 274 МВт, АО «Енисейская ТГК (ТГК-13)»)
- Беловская ГРЭС (1 260 МВт, АО «Кузбассэнерго»)
- Новосибирская ТЭЦ-5 (1 200 МВт, АО «СИБЭКО»)
- Гусиноозерская ГРЭС (1 244 МВт, АО «Интер РАО – Электрогенерация»)
- Иркутская ТЭЦ-10 (1 110 МВт, ООО «Байкальская энергетическая компания»)

# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ОЭС СИБИРИ

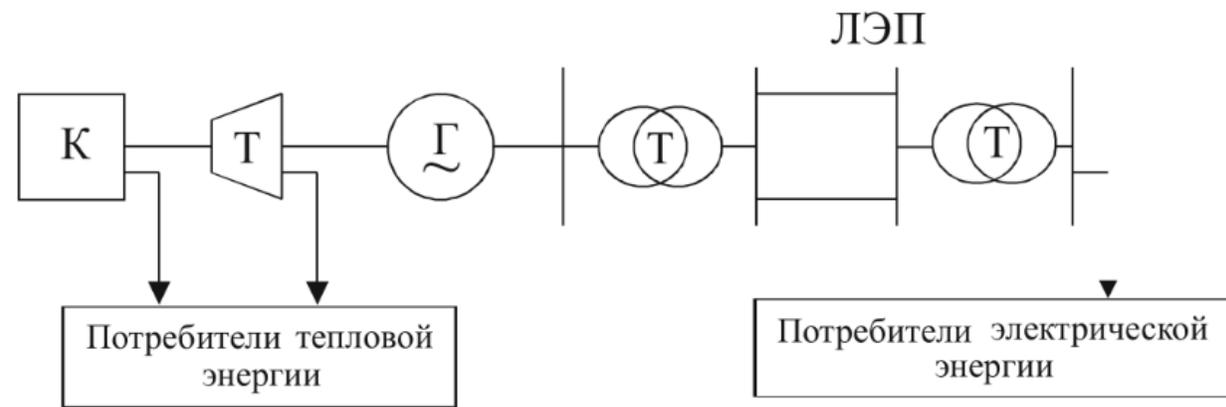
Карта-схема размещения линий электропередачи, подстанций напряжением 220 кВ и выше и электростанций ОЭС Сибири на 2021-2027 годы



Карта размещения основных линий, подстанций и электростанций ОЭС Сибири (подробнее см. [ССЫЛКА](#))

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

**Технологический процесс** – это процесс преобразования первичного энергетического ресурса (органического топлива, гидроэнергии, ядерного топлива) в конечную продукцию (электрическую энергию, тепловую энергию). Параметры и показатели технологического процесса определяют эффективность производства.



*Схема технологического процесса в энергосистеме:*

*К – котел, Т – турбина, Г – генератор, Т – трансформатор, ЛЭП – линии электропередачи*

В котле К энергия горения топлива преобразуется в тепловую. Котел – это парогенератор. В турбине тепловая энергия преобразуется в механическую. В генераторе механическая энергия преобразуется в электрическую. Напряжение электрической энергии в процессе ее передачи по ЛЭП от станции к потребителю трансформируется, что обеспечивает экономичность передачи. Эффективность технологического процесса зависит от всех этих звеньев.

Следовательно, имеется комплекс режимных задач, связанных с работой котлов, турбин ТЭС, турбин ГЭС, ядерных реакторов, электрического оборудования (генераторов, трансформаторов, ЛЭП и др.). Необходимо выбирать состав работающего оборудования, режим его загрузки и использования, соблюдать все ограничения и нормативы на технические параметры, добиваться максимального КПД.

# ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС ЭНЕРГООБЪЕКТОВ



*Схема производственного процесса энергообъекта*

**Производственный процесс** включает все сферы деятельности предприятия, а не только технологические. При управлении производством имеются различные общие сферы: снабжение, планирование, труд, кадры и пр. Они также влияют на издержки управления, цены на продукцию и конкурентные преимущества предприятия на рынке. В России функционирует электроэнергетический рынок.

Успех на рынке прямо связан с эффективностью всех функций управления, но немаловажную роль играют режимные задачи. Затраты на производство электроэнергетической продукции в цикле технологического процесса примерно на 50 % определяют общие издержки. Предприятия энергетики различаются технологическим и производственным процессами. Это электрические станции, энергетические системы, сетевые предприятия, осуществляющие транспорт энергии, предприятия сбыта, ремонта, снабжения и др.

# ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС ЭНЕРГООБЪЕКТОВ



*Схема производственного процесса энергообъекта*

В схеме может быть одно или несколько предприятий с хозяйственной самостоятельностью и с различными формами собственности. Сейчас имеются государственные предприятия (АЭС), предприятия коллективной собственности (АО Энерго, электростанции, сетевые предприятия), предприятия частной собственности (некоторые объекты малой энергетики, небольшие сетевые предприятия).

Энергетические компании могут быть самостоятельной хозяйственной единицей или иметь форму объединения на добровольной основе. Они могут быть либо энергосистемой, либо только генерирующим или сетевым предприятием и др. Хозяйственная форма влияет на коммерческую и технологическую деятельность предприятия. Имеется определенная специфика решения задач эксплуатации электрооборудования для предприятий с различными техническими целями и хозяйственными формами.

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

---

**Электрической станцией** называют промышленную установку, используемую непосредственно для производства электрической (или тепловой) энергии путем преобразования других видов энергии (гидравлической, ядерной, ветровой, солнечной и т.п.) или первичных энергоресурсов (угля, газа, нефти и т.п.), а также необходимые для этого сооружения и здания, расположенные на определенной территории.

Электрические станции представляют собой сложные технологические комплексы с большим количеством основного и вспомогательного оборудования. **Основное оборудование** (генераторы) служит для производства, преобразования (трансформаторы и автотрансформаторы), передачи (линии электропередачи) и распределения (распределительные устройства) электроэнергии, а **вспомогательное** – для выполнения вспомогательных функций (измерений, сигнализации, управления, защиты и автоматики).

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

---

К основным видам производства электроэнергии на территории России относятся **тепловая энергетика, гидроэнергетика и атомная энергетика**. Лидирующее положение тепловой энергетике является исторически сложившейся и экономически оправданной закономерностью развития российской энергетике.

**Тепловые электростанции (ТЭС)** классифицируют по следующим признакам:

- источникам используемой энергии – органическое топливо, геотермальная энергия, солнечная энергия;
- виду выдаваемой энергии – конденсационные (только электрическая энергия), теплофикационные (электрическая и тепловая энергия);
- использованию установленной электрической мощности и участию ТЭС в покрытии графика электрической нагрузки – базовые (не менее 5 тыс. ч использования установленной электрической мощности в году), полупиковые или маневренные (соответственно 3 и 4 тыс. ч в году), пиковые (менее 1,5–2 тыс. ч в году).

# ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Тепловые электростанции, работающие на органическом топливе, различают по технологическому признаку:

- паротурбинные (с паросиловыми установками на всех видах органического топлива, т.е. угле, мазуте, газе, торфе, сланцах, дровах и древесных отходах, продуктах энергетической переработки топлива и т.п.);
- дизельные;
- газотурбинные;
- парогазовые.

Наибольшее развитие и распространение в России получили тепловые электростанции общего пользования, преимущественно **паротурбинные**. Самой большой ТЭС на территории России является Сургутская ГРЭС-2, работающая на природном газе. Из электростанций, работающих на угле, наибольшая мощность у Рефтинской ГРЭС.

В настоящее время основной задачей развития тепловой генерации является обеспечение технического перевооружения и реконструкции действующих электростанций, а также ввод новых генерирующих мощностей с использованием передовых технологий в производстве электроэнергии.

# ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

## Классификация паротурбинных электростанций:

### 1) по суммарной мощности установленных агрегатов:

малой мощности с агрегатами до 100 МВт; средней – 100-1000 МВт; большой – более 1000 МВт;

### 2) по давлению свежего пара

низкого давления – до 30 кгс/см<sup>2</sup>; среднего – 30 – 50 кгс/см<sup>2</sup>; высокого – 90-170 кгс/см<sup>2</sup>; сверхкритического – 245 кгс/см<sup>2</sup> ( $\rho_{кр} = 225,5$  кгс/см<sup>2</sup> (22,12 МПа),  $t_{кр} = 374,16$  °С);

### 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 паровым магистралям;

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

ТЭС закрытого, открытого и полукрытого типов.

# ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

**Промышленные электростанции** предназначены в основном для энергоснабжения предприятий и прилегающих к ним районов. Для них характерны:

- 1) двусторонняя связь электростанции с основными технологическими агрегатами (ТЭС являются источниками электроэнергии и тепла для предприятий и потребителями горючих отходов производства и вторичных энергоресурсов);
- 2) объединение ряда устройств электростанции и предприятия в единую систему (топливное хозяйство, система водоснабжения, транспортные устройства, ремонтные мастерские и др.);
- 3) наличие на ряде электростанций паровых турбин для привода нагнетателей воздуха и кислорода. Мощные турбокомпрессоры (до 32 МВт), предназначенные для подачи сжатого воздуха в доменные печи (ТЭЦ металлургических, машиностроительных и химических заводов), которые в этих случаях называют паровоздуходувными станциями (ПВС) или ТЭЦ-ПВС.

# КОНДЕНСАЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

**Конденсационные электрические станции (КЭС)** относятся к самым мощным тепловым электростанциям, работающим на органическом топливе.

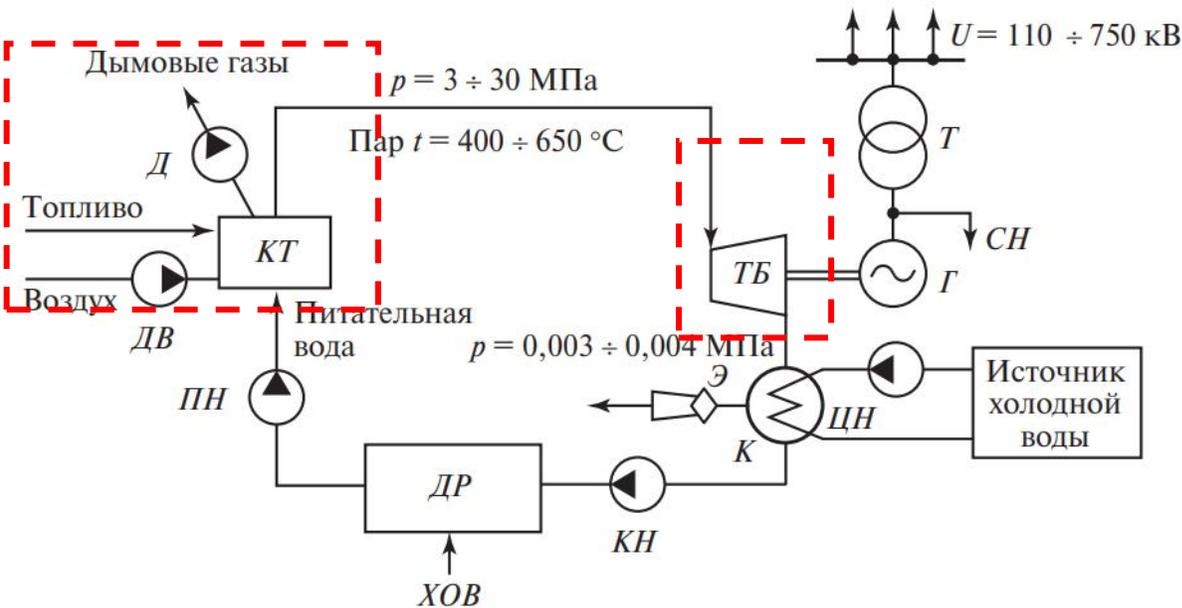
Другое название электростанций этого типа – **ГРЭС** – **государственная районная электростанция**, т. е. ГРЭС – это электростанция государственного значения, способная обеспечить электроэнергией большой район страны.



*Томская ГРЭС-2*

# КОНДЕНСАЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

## Технологический процесс



Принципиальная схема конденсационной тепловой электростанции: ХОВ – химически очищенная вода; ДР – деаэратор; ПН – питательный насос; ДВ – дутьевой вентилятор; КТ – котел; Д – дымосос; ТБ – турбина; КН – конденсатный насос; Э – эжектор; К – конденсатор; ЦН – циркуляционный насос; Т – трансформатор; СН – собственные нужды; Г – генератор

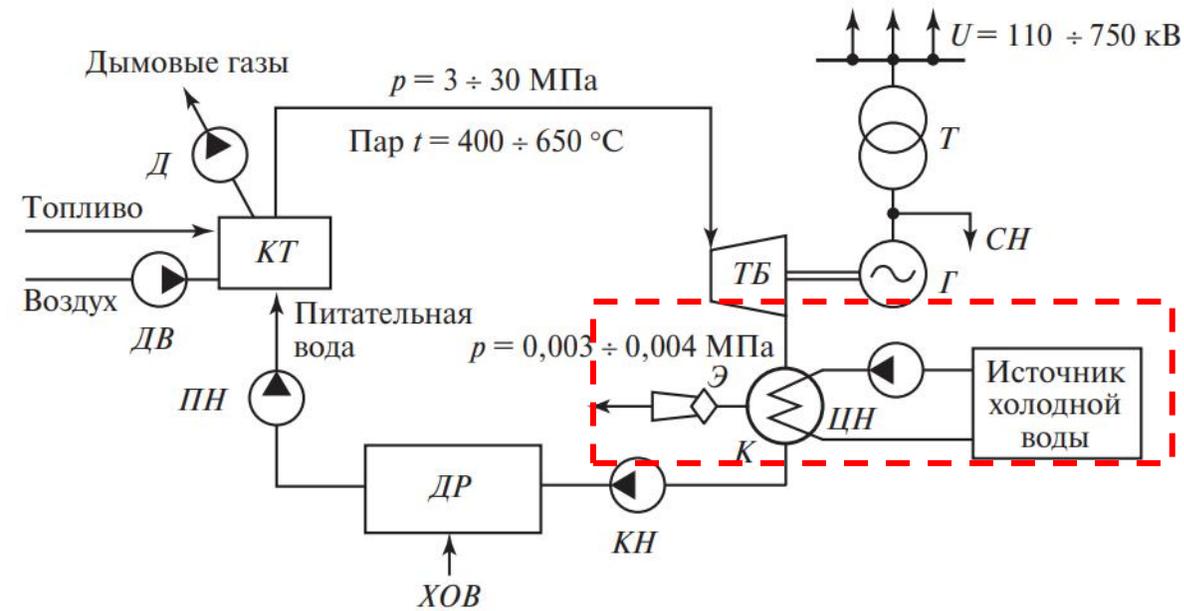
1) В котел КТ подается топливо, подогретый воздух и питательная вода (ее потери компенсируются химически очищенной водой ХОВ). Подача воздуха осуществляется дутьевым вентилятором ДВ, питательной воды – питательным насосом ПН.

2) Образующиеся при сгорании топлива газы отсасываются из котла дымососом Д и выбрасываются через дымовую трубу (высотой 100–250 м) в атмосферу.

3) Острый пар из котла подается в паровую турбину ТБ, где совершает механическую работу – вращает турбину и жестко связанный с ней ротор генератора Г. За счет электромагнитной индукции механическая энергия преобразуется в электрическую.

# КОНДЕНСАЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

## Технологический процесс



Принципиальная схема конденсационной тепловой электростанции: ХОВ – химически очищенная вода;

ДР – деаэратор; ПН – питательный насос;

ДВ – дутьевой вентилятор; КТ – котел;

Д – дымосос; ТБ – турбина; КН – конденсатный насос; Э – эжектор; К – конденсатор; ЦН –

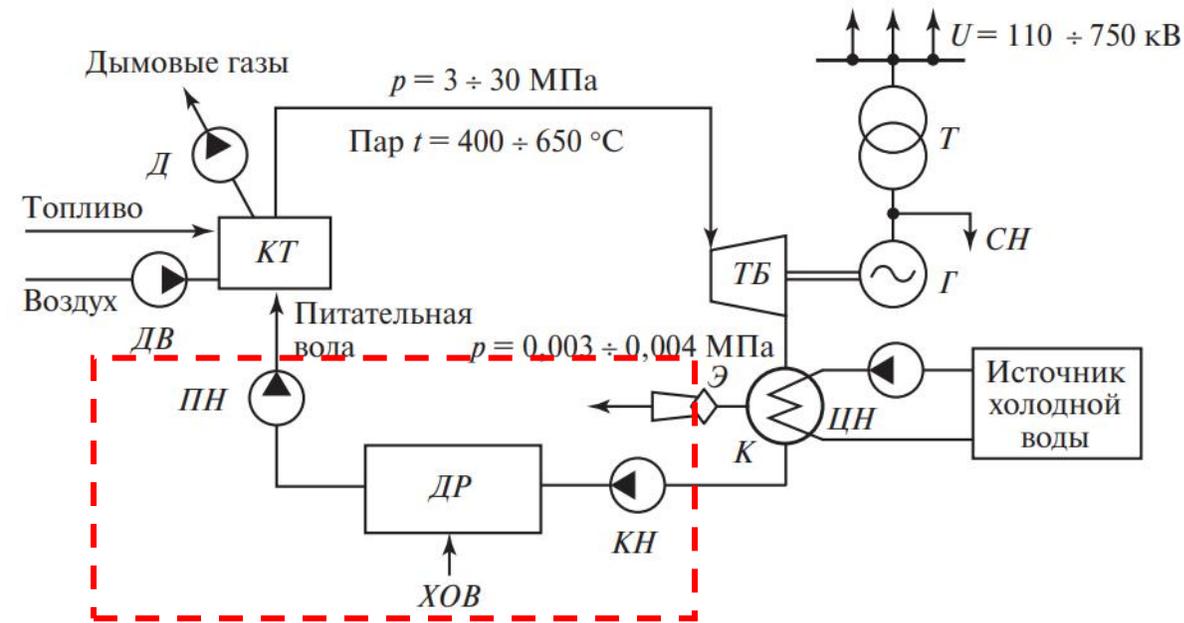
циркуляционный насос; Т – трансформатор;

СН – собственные нужды; Г – генератор

4) Отработанный пар поступает в конденсатор К (теплообменник), здесь он конденсируется благодаря пропуску через конденсатор значительного количества холодной циркуляционной воды (расход циркуляционной воды в 50–80 раз больше расхода пара через конденсатор). Источником холодной воды могут быть река, озеро, искусственное водохранилище, а также специальные установки с охлаждающими башнями (градирнями) или с брызгальными бассейнами (на небольших электростанциях), откуда охлаждающая вода подается в конденсатор циркуляционными насосами ЦН.

# КОНДЕНСАЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

## Технологический процесс



Принципиальная схема конденсационной тепловой электростанции: ХОВ – химически очищенная вода;

ДР – деаэратор; ПН – питательный насос;

ДВ – дутьевой вентилятор; КТ – котел;

Д – дымосос; ТБ – турбина; КН – конденсатный насос;

Э – эжектор; К – конденсатор; ЦН – циркуляционный насос;

Т – трансформатор;

СН – собственные нужды; Г – генератор

5) Воздух, попадающий в конденсатор через неплотности, удаляется с помощью эжектора Э. Конденсат, образующийся в конденсаторе, с помощью конденсатного насоса КН поступает в деаэратор ДР, который предназначен для удаления из питательной воды газов и, в первую очередь, кислорода, вызывающего усиленную коррозию труб котла. В деаэратор также подается химически очищенная вода.

6) После деаэратора питательная вода питательным насосом ПН направляется в котел. Предварительно вода подогревается, причем ее нагрев осуществляется в подогревателях различного давления, снабжаемых паром из отборов турбины, а также в экономайзере (хвостовой части) котла.

# КОНДЕНСАЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

---

## Особенности КЭС:

- строятся по возможности ближе к месторождениям топлива;
- подавляющую часть выработанной электроэнергии отдают в электрические сети повышенных напряжений (110–750 кВ);
- работают по свободному (т.е. не ограниченному тепловыми потребителями) графику выработки электроэнергии. Мощность может изменяться от расчетного максимума до так называемого технологического минимума (на твердом топливе с жидким шлакоудалением – 75 %, прочие на твердом топливе – 60 %, на газомазутном топливе – 40...50 % от номинальной мощности);
- ориентированы в большей степени на базовый режим работы в суточном и недельном графике нагрузки объединенной энергосистемы;
- низкоманевренны (разворот турбин и набор нагрузки из холодного состояния требуют примерно 3–10 ч), не допускаются ежесуточные остановы;
- имеют низкий КПД ( $\eta = 30\div 40$  %);
- негативное влияние на окружающую среду (большое потребление кислорода воздуха для горения топлива, выбросы значительного количества продуктов сгорания, большие потери вырабатываемого тепла).

# ТЕПЛОФИКАЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Теплоэлектроцентрали (Теплофикационные электрические станции, ТЭЦ) предназначены для централизованного снабжения промышленных предприятий и бытовых потребителей тепловой и электрической энергией. ТЭЦ отличается от КЭС использованием тепла отработавшего в турбинах пара для нужд промышленного производства, а также для отопления и горячего водоснабжения.

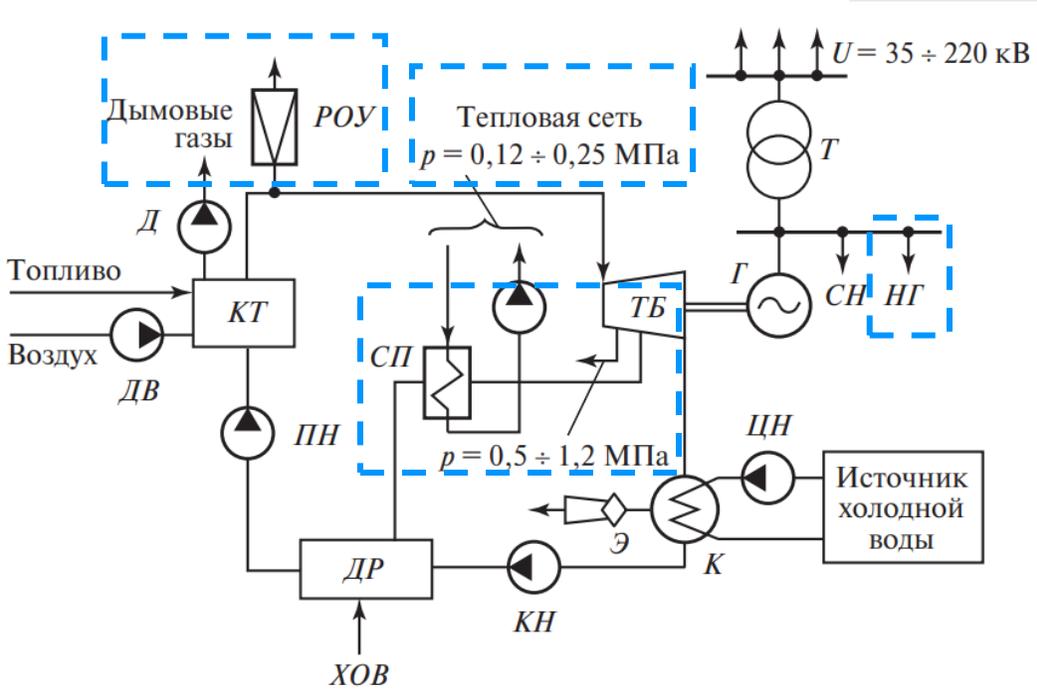


*Томская ТЭЦ-3*

В настоящее время в РФ примерно 40 % топлива расходуется на производство тепла.

ТЭЦ, а также промышленные и крупные отопительные котельные покрывают потребность промышленности в паре и горячей воде почти на 100 %, а коммунально-бытовых потребителей и населения городов – более чем на 40 %

# ТЕПЛОФИКАЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ



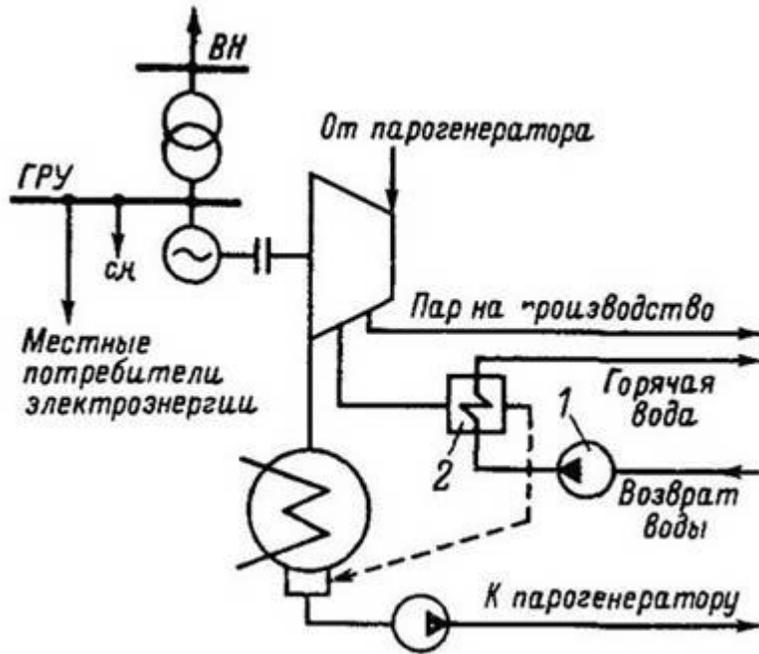
Принципиальная схема ТЭЦ

Коммунально-бытовые потребители обычно получают тепловую энергию от сетевых подогревателей (бойлеров) СП. При снижении электрической нагрузки ТЭЦ ниже мощности теплового потребления необходимая для потребителей тепловая энергия может быть получена с помощью редуционно-охладительной установки РОУ, питающейся острым паром котла. Чем больше отбор пара из турбины для теплофикационных нужд, тем меньше тепловой энергии уходит с циркуляционной водой и, следовательно, тем выше КПД электростанции.

Во избежание перегрева хвостовой части турбины через нее должен быть обеспечен во всех режимах пропуск определенного количества пара. Из-за несоответствия мощностей потребителей тепловой и электрической энергии ТЭЦ часто работают в конденсационном (смешанном) режиме, что снижает их экономичность.

# ТЕПЛОФИКАЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Тепловую энергию нецелесообразно передавать на расстояния, превышающие 10...20 км. Поэтому ТЭЦ строятся вблизи потребителей тепловой и электрической энергии, часто на территории промышленных предприятий, а следовательно, значительную часть электроэнергии станции выдают на напряжении распределительных сетей 6–10 кВ. На такое номинальное напряжение выполняются и их генераторы. Поэтому местные потребители получают питание непосредственно от шин генераторного напряжения.



На ТЭЦ выполняются поперечные связи по электричеству на генераторном напряжении через генераторное распределительное устройство (ГРУ) и поперечные связи по пару через общий паропровод, от которого поступает пар на все турбины их генераторов и регулируется нагрузка турбоагрегатов.

*Технологический процесс  
производства электроэнергии на ТЭЦ*

# ТЕПЛОФИКАЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Генераторы ТЭЦ, работающие на ГРУ, имеют мощность **не выше 63 МВт**, поскольку при современной концентрации тепловых нагрузок большинства российских городов в радиусе до 10 км на напряжении 6–10 кВ распределить мощность, превышающую 300 МВт, практически невозможно. Количество генераторов на ГРУ не превышает 4-5.

Генераторы мощностью **110 МВт и выше** непосредственно к ГРУ не подключаются:

- 1) из-за больших токов КЗ, на которые не рассчитаны выключатели.
- 2) такие генераторы большой мощности имеют номинальное напряжение выше 10 кВ, что не соответствует напряжению распределительных сетей.

Они обычно подключаются по схеме блоков генератор–повышающий трансформатор к распределительному устройству повышенного напряжения и выдают энергию для электроснабжения удаленных потребителей через энергосистему.

Если на ТЭЦ имеется ГРУ и часть генераторов, работающих в блоках на повышенных напряжениях, то такая станция часто называется **ТЭЦ смешанного типа**.

# ТЕПЛОФИКАЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

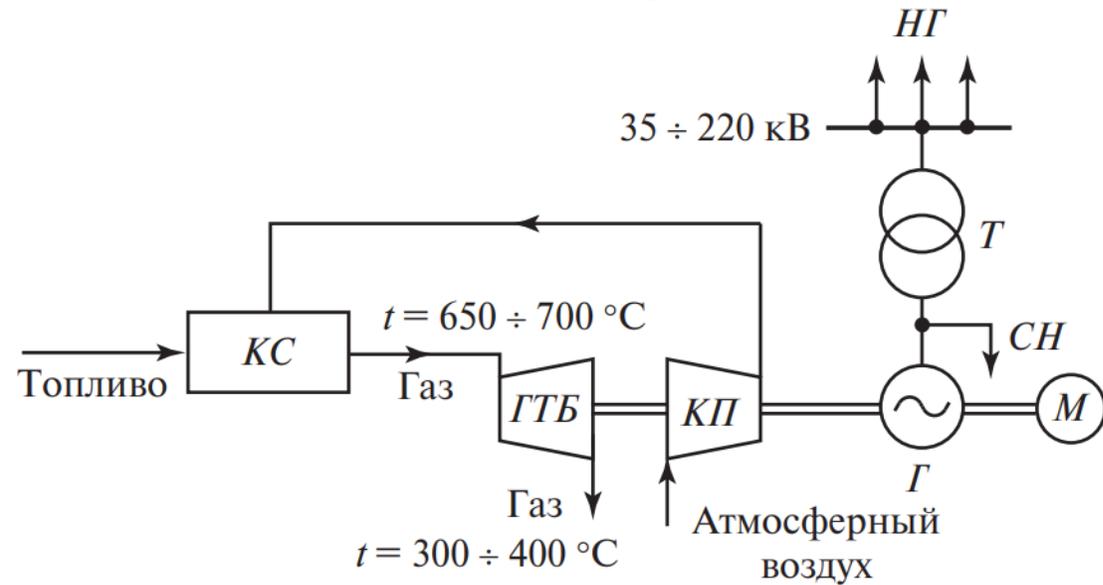
---

## Особенности ТЭЦ:

- строят вблизи потребителей тепловой энергии;
- обычно работают на привозном топливе;
- большую часть вырабатываемой электроэнергии выдают потребителям близлежащего района (на генераторном или повышенном напряжении);
- относительно небольшая мощность;
- работают по частично вынужденному графику выработки электроэнергии (т.е. график зависит от теплового потребления);
- низкоманевренны (так же, как и КЭС);
- имеют высокий суммарный КПД (при значительных отборах пара на производство и коммунально-бытовые нужды  $\eta = 60 \div 70 \%$ );
- из-за поперечных связей по пару и по электричеству снижается надежность работы электростанции в целом, т.к. при повреждениях общего паропровода выходят из работы все турбоагрегаты, работающие на ГРУ;
- ГРУ требует строительства специального здания вдоль стены машинного зала и, кроме этого, усложняет схему электрических соединений, увеличивает токи КЗ в генераторных цепях и, как следствие, требует установки средств ограничения токов КЗ.

# ГАЗОТУРБИННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Основу газотурбинных электростанций (ГТЭС или газотурбинных установок, ГТУ) составляют газовые турбины мощностью до 150 МВт.



Принципиальная схема газотурбинной электростанции:

*КС – камера сгорания; ГТБ – газовая турбина;*

*КП – компрессор; М – пусковой двигатель;*

*КУ – котел-утилизатор; ПТБ – паровая турбина;*

*Г – электрический генератор*

Технологический процесс выработки электроэнергии заключается в подаче топлива (газа, дизельного топлива) в камеру сгорания и нагнетании туда же сжатого воздуха компрессором. Горячие продукты сгорания передают свою энергию газовой турбине, которая вращает компрессор и синхронный генератор. Запуск установки осуществляется при помощи разгонного двигателя и из холодного состояния занимает 30...40 мин, а из горячего состояния 6...8 мин, в связи с чем ГТЭС отличаются от паротурбинных установок маневренностью и пригодны для покрытия пиков нагрузки в энергосистемах, а также в качестве резервных автономных источников энергии.

# ГАЗОТУРБИННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

К достоинствам ГТЭС можно отнести низкую стоимость строительства.

Недостатки ГТЭС – это необходимость использовать высококачественное топливо и самая высокая себестоимость производимой электроэнергии из-за высокого удельного расхода топлива.

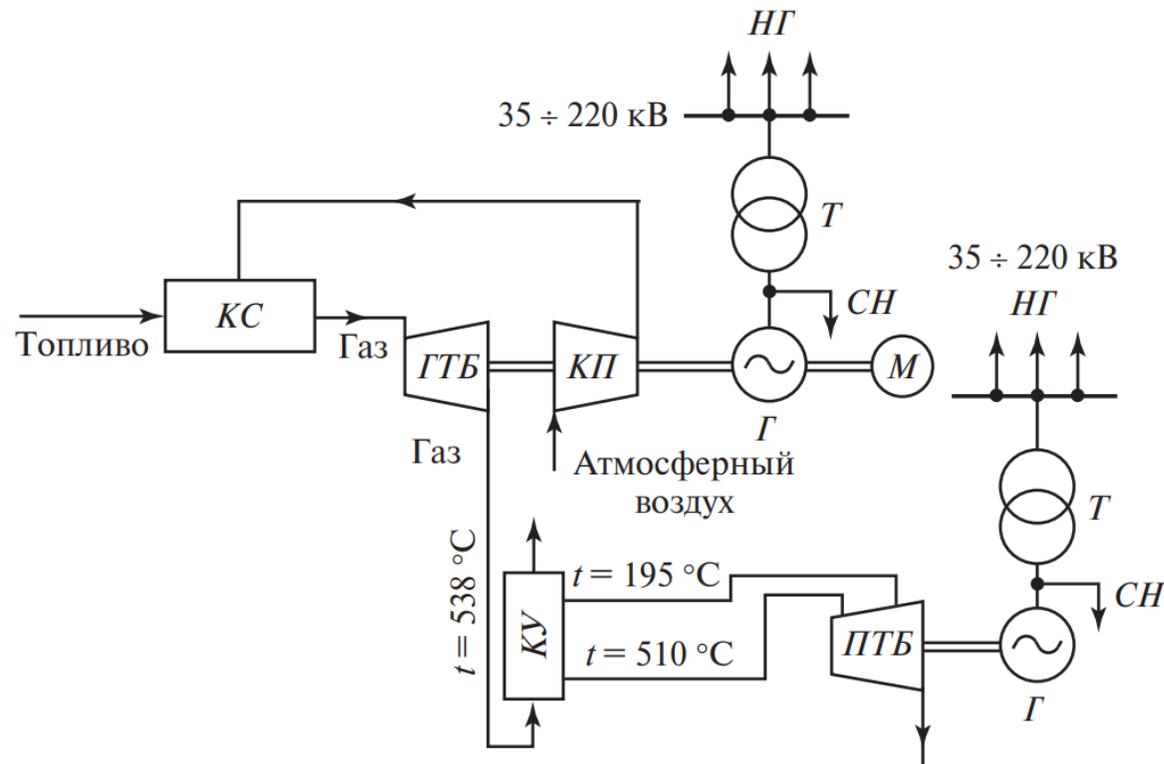


*Уральская ГТЭС (54 МВт)*

Кроме того, общий КПД таких электростанций очень низкий и составляет 25...30 %. Причинами низкого КПД являются высокие затраты энергии в компрессоре, а также то, что основная часть теплоты, получаемая в камере сгорания ГТЭС, выбрасывается в атмосферу.

# ПАРОГАЗОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Для повышения экономичности газовых турбин разработаны парогазовые установки (ПГУ).



Принципиальная схема парогазовой электростанции:

КС – камера сгорания; ГТБ – газовая турбина;

КП – компрессор; М – пусковой двигатель;

КУ – котел-утилизатор; ПТБ – паровая турбина;

Г – электрический генератор

В них топливо сжигается в топке парогенератора, пар из которого направляется в паровую турбину. Продукты сгорания из парогенератора, после того как они охладятся до необходимой температуры, направляются в газовую турбину, т. е. в ПГУ предусмотрено два электрических генератора, приводимых во вращение: один – газовой турбиной, другой – паровой турбиной. При этом мощность газовой турбины составляет около 20 % паровой.

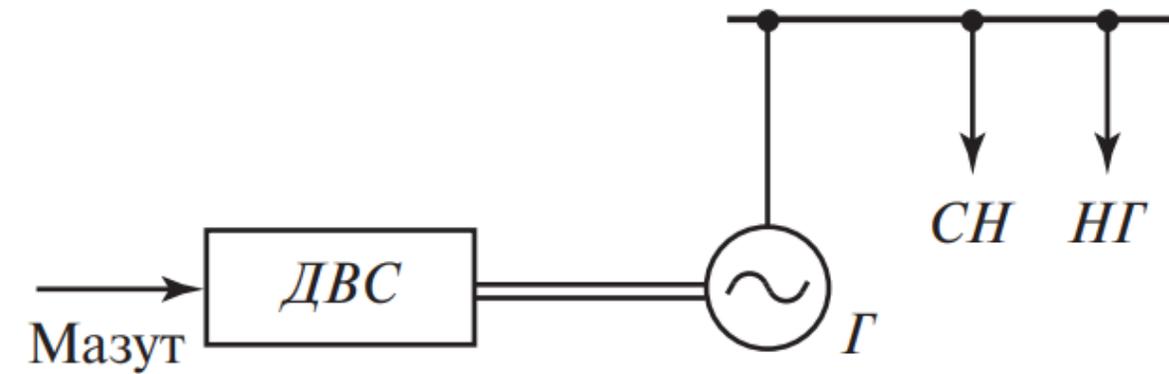
# ПАРОГАЗОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ



В целом мощность ПГУ может быть 200...250 МВт с приемлемыми технико-экономическими показателями, а их КПД достигает значений 50...64 %, т. е. оказывается больше, чем у газотурбинных и паротурбинных установок в отдельности. ПГУ могут создаваться на базе энергоблоков КЭС и ТЭЦ.

*Парогазовая установка на Кировской ТЭЦ-3 (230 МВт)*

# ДИЗЕЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ



*Принципиальная схема дизельной электростанции*

Основной элемент — дизель-генератор, который состоит из двигателя внутреннего сгорания ДВС и генератора переменного тока Г. **Дизельные электростанции (ДЭС)** мобильны, автономны, поэтому широко используются в труднодоступных районах, а также для электроснабжения сельскохозяйственных потребителей. В настоящее время дизель-генераторы используются в качестве резервных аварийных источников питания систем собственных нужд АЭС и крупных ГРЭС.

**Газопоршневые электростанции (ГПЭ или газопоршневые установки, ГПУ)** – достойная альтернатива более привычным дизельным электрогенераторам. В основе такого устройства лежит двигатель внутреннего сгорания, работающий на природном газе. Он отличается компактными размерами, топливной экономичностью, неприхотливостью и более высоким КПД.

# АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Россия обладает технологией ядерной электроэнергетики полного цикла – от добычи урановых руд до выработки электроэнергии и утилизации отработанного ядерного топлива. На сегодняшний день эксплуатируются десять атомных электростанций – в общей сложности 33 энергоблока установленной мощностью 23,2 ГВт, которые вырабатывают около 17 % всего производимого электричества.

Карта действующих, строящихся и перспективных АЭС в России



В стадии строительства – еще пять АЭС. Широкое развитие атомная энергетика получила в европейской части России (30 %) и на Северо-Западе (37 % общего объема выработки электроэнергии).

# АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

---

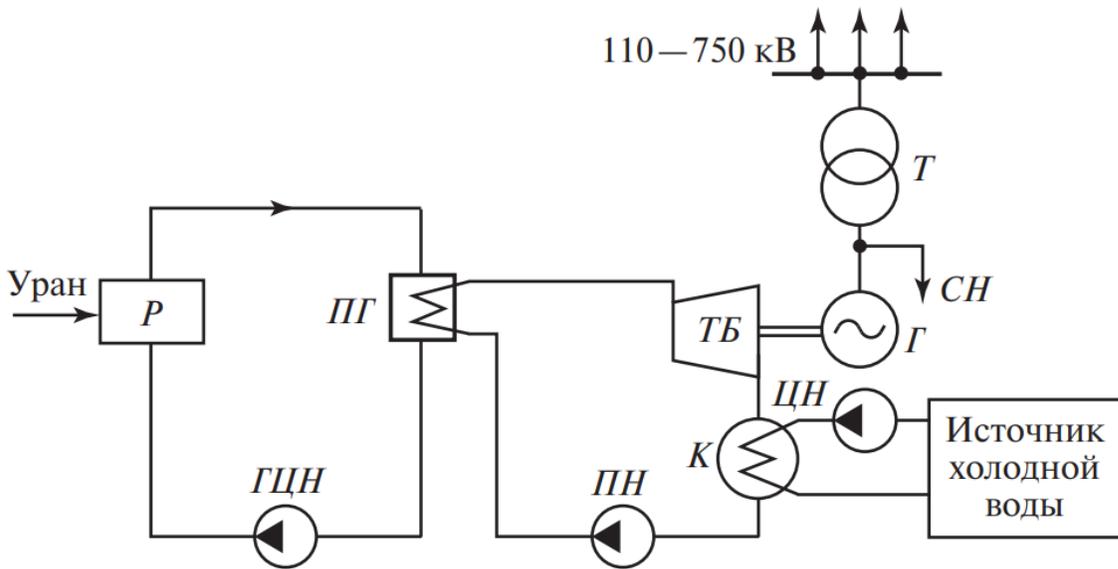
В декабре 2007 г. была образована Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», которая управляет всеми ядерными активами Российской Федерации, включая как гражданскую часть атомной отрасли, так и ядерный оружейный комплекс. На нее также возложены задачи по выполнению международных обязательств России в области мирного использования атомной энергии и режима нераспространения ядерных материалов. Оператор российских АЭС – ОАО Концерн «Росэнергоатом» – является второй в Европе энергетической компанией по объему атомной генерации.



**РОСАТОМ**

# АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

АЭС проектируются и сооружаются с реакторами различных типов на тепловых или быстрых нейтронах по одноконтурной, двухконтурной или трехконтурной схеме. АЭС могут сооружаться для производства только электрической энергии, аналогично КЭС, или для производства тепловой и электрической энергии, аналогично ТЭЦ.



Принципиальная схема двухконтурной атомной электростанции

Оборудование второго контура, включающего турбину ТБ, конденсатор К, аналогично оборудованию тепловых электростанций. Первый, радиоактивный контур содержит реактор Р, парогенератор ПГ и главный циркуляционный насос ГЦН. В качестве расщепляющегося материала на АЭС обычно используется уран  $U^{235}$  в виде концентрата закиси-оксида урана  $U_3O_8$ .

Поглощая один нейтрон, уран делится с выделением энергии. При расщеплении 1 кг урана выделяется энергии 21,6 млн кВтч, что эквивалентно энергии, выделяющейся при сгорании примерно 2900 т угля.

# АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

---

## Особенности АЭС:

- могут сооружаться в любом географическом месте, в том числе и в труднодоступном;
- по своему режиму работы не зависят от ряда внешних факторов;
- требуют малого количества топлива;
- могут работать по свободному графику нагрузки (за исключением атомных ТЭЦ);
- чувствительны к переменному режиму, особенно АЭС с реакторами на быстрых нейтронах. По этой причине, а также с учетом требования экономичности работы для АЭС выделяется базовая часть графика нагрузки энергосистемы;
- слабо загрязняют атмосферу; выбросы радиоактивных газов и аэрозолей незначительны и не превышают значений, допустимых санитарными нормами.

В этом отношении АЭС оказываются более чистыми, чем ТЭС.

# АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Атомные электростанции России вносят заметный вклад в борьбу с глобальным потеплением. Благодаря их работе ежегодно предотвращается выброс в атмосферу 210 млн т углекислого газа.

Приоритетом эксплуатации АЭС является безопасность. С 2004 г. на российских АЭС не зафиксированы нарушения безопасности, классифицируемые по международной шкале ИНЕС выше нулевого 10 (минимального) уровня.

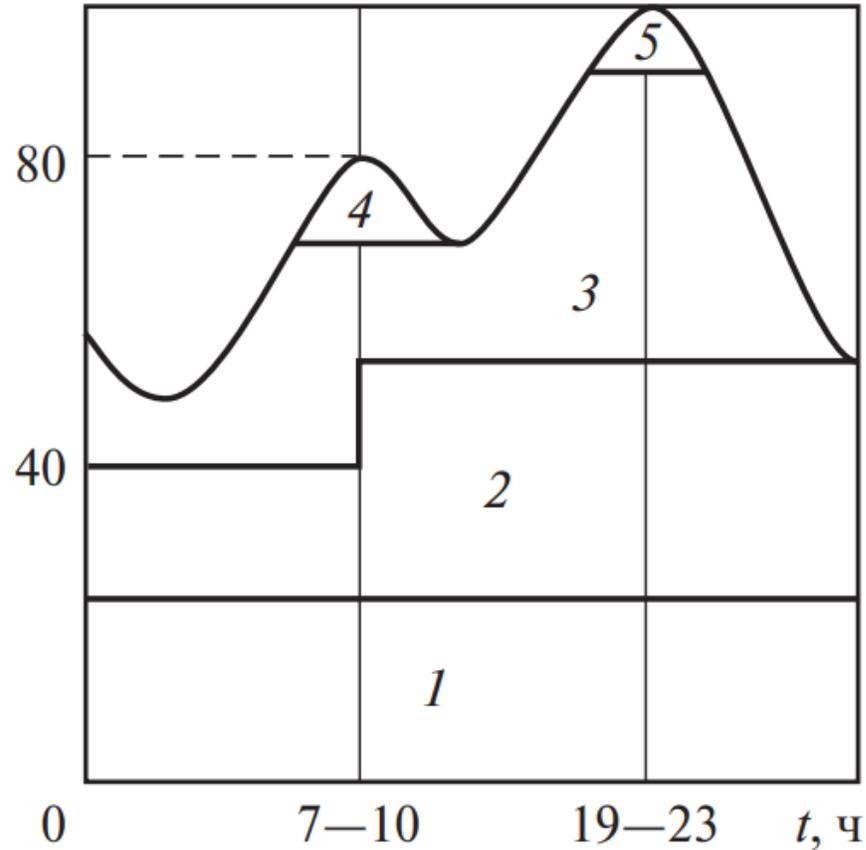


*Ленинградская АЭС*

Важной задачей в сфере эксплуатации российских АЭС является повышение коэффициента использования установленной мощности уже работающих станций. В этом случае может быть получен эффект, равноценный вводу в эксплуатацию четырех новых атомных энергоблоков.

# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ

$P, \%$



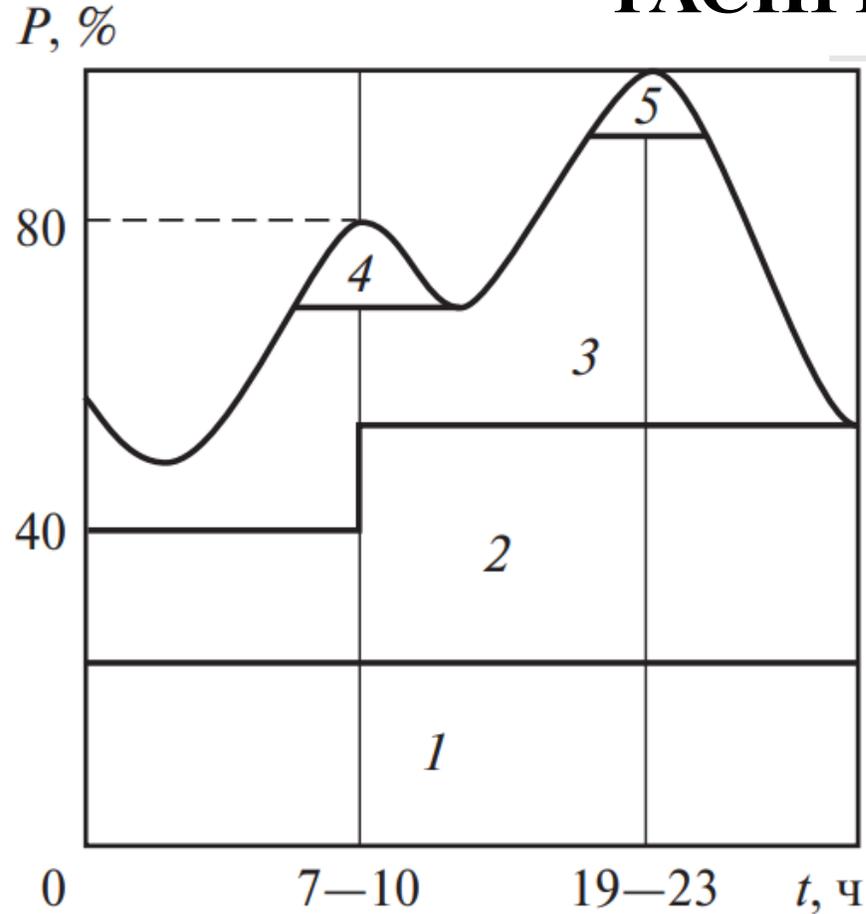
*Примерное распределение активной нагрузки системы между электростанциями*

Базовая часть 1 графика отражает работу при постоянной мощности крупных КЭС с агрегатами большой мощности («ведущие» частоту в системе), АЭС (не имеющие водохранилищ), ГЭС в период паводка (для исключения холостого сброса воды).

Часть энергии в области 2 может передаваться ТЭЦ, работающей по вынужденному графику, обусловленному графиком теплового потребления.

Выработку мощности в период пиков (области 4 и 5) осуществляют гидроэлектростанции (в том числе и гидроаккумулирующие), обладающие водохранилищами суточного регулирования, а также газотурбинные электростанции. Гидрогенераторы имеют минимальное время пуска и набора мощности.

# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ



*Примерное распределение активной нагрузки системы между электростанциями*

Мощность в области 3 графика распределяется между агрегатами конденсационных станций небольшой и средней мощности (понятия относительные в условиях конкретных систем) и теплофикационными агрегатами, работающими в конденсационном режиме, а также парогазовыми установками.

В этой области распределение нагрузки осуществляется не только между станциями, но и между отдельными агрегатами по условию наименьшего расхода топлива в системе, если топливо одинаково, а в общем случае — по условию минимума приведенных затрат.