

ЭНЕРГЕТИКА

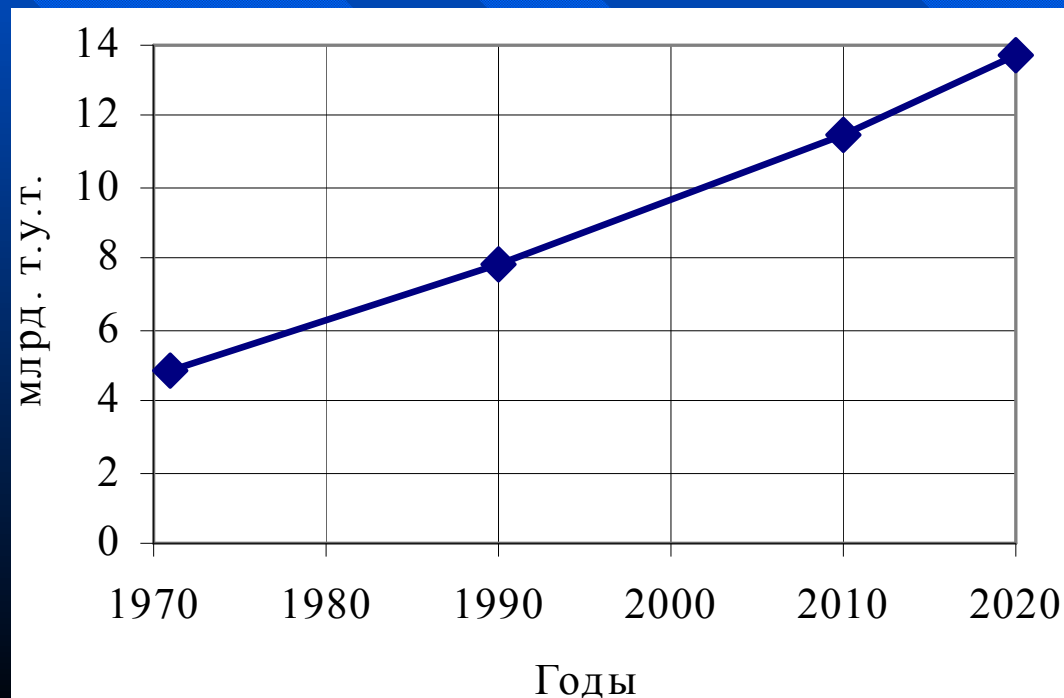
Отрасль экономики, охватывающая
выработку, передачу и сбыт
потребителям тепловой и
электрической энергии

ЭНЕРГЕТИКА

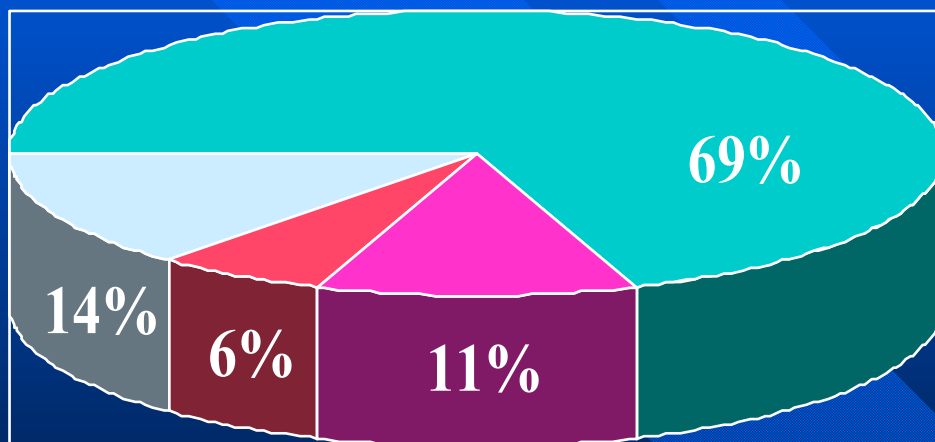
- Преобразование энергии
- Источники энергии
- Электроэнергетика:
 - Атомная энергетика
 - Гидроэнергетика
 - Тепловая энергетика
 - Ветроэнергетика
 - Гелиоэнергетика
 - Водородная энергетика
- Энергосистема. Распределение электроэнергии

Цивилизация и энергия

- Развитие материального производства неизбежно сопровождается опережающим ростом энерговооруженности труда и потребления энергии;
- Общемировое годовое потребление энергии удваивается каждые 30 лет



Структура энергопотребления в Украине



- Промышленность и строительство
- Сельское хозяйство
- Транспорт
- Другие отрасли

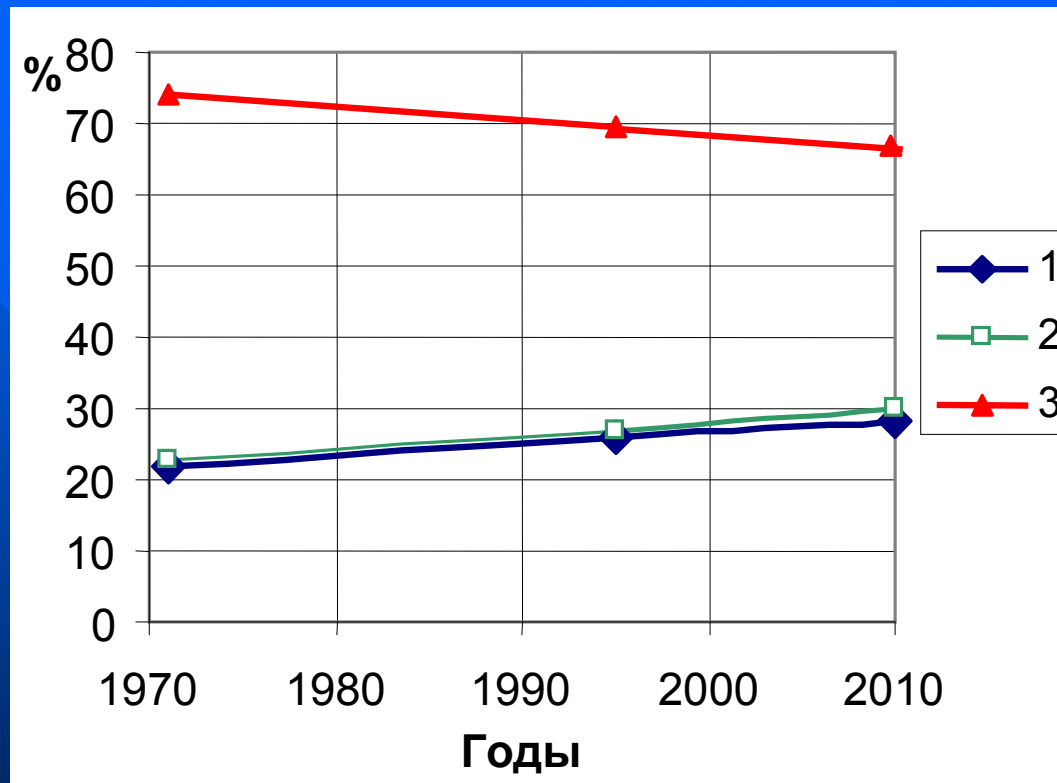
Преобразование энергии

- Во что преобразуется энергия первичных энергоносителей:
 - в тепло:
 - » обогрев помещений;
 - » сварка;
 - » плавка металлов;
 - » термообработка;
 - » сушка древесины и т.п
 - в световую энергию (освещение)
 - в механическую энергию (движение машин и механизмов)

Преобразование энергии

- Большая часть энергоносителей сжигается для получения тепловой, электрической или механической энергии
- Последствия:
 - выбросы в атмосферу углекислого газа выросли с 21,4 млрд. т в 1990 г. до 31,2 в 2010 г.

Преобразование энергии



- 1 — доля горючего в общем энергопотреблении
- 2 — доля электроэнергии в общем энергопотреблении
- 3 — доля первичной энергии, доходящей до конечного потребителя

Первичные источники энергии

- Ископаемые (традиционные, невозобновляемые)
- Возобновляемые (нетрадиционные)

Ископаемые источники энергии

- Уголь;
- Нефть;
- Природный газ;
- Уран;
- Горючие сланцы;
- Торф

Преобладают в структуре энергопотребления (до 80% в промышленно развитых странах)

Последствия применения ископаемых источников энергии

- Концентрация населения в крупных промышленных центрах;
- Выведение из оборота сельскохозяйственных земель в местах добычи ископаемых энергоресурсов (карьеры, отвалы, терриконы)
- Загрязнение среды обитания побочными продуктами преобразования энергии (зола, пыль, газы, радиоактивные отходы);
- Глобальное потепление климата вследствие парникового эффекта, вызванного увеличением содержания углекислого газа в атмосфере;
- Удорожание добычи и транспортировки первичных энергоресурсов по мере истощения наиболее доступных месторождений ископаемого топлива;
- Близость полного исчерпания запасов (ожидается, что разведанные запасы углеводородного топлива будут исчерпаны к 2050-2100 г.)

Возобновляемые источники энергии

- Солнце;
- Ветер;
- Тепло недр Земли;
- Волны и приливы;
- Биотопливо;
- Энергия рек

Возобновляемые источники энергии

Особенности:

- практически неисчерпаемые запасы;
- рассредоточенность в пространстве;
- колебания (суточные, сезонные) интенсивности потока энергии;
- минимальное воздействие на среду обитания;
- неполное использование энергии источника не наносит никакого ущерба для окружающей среды

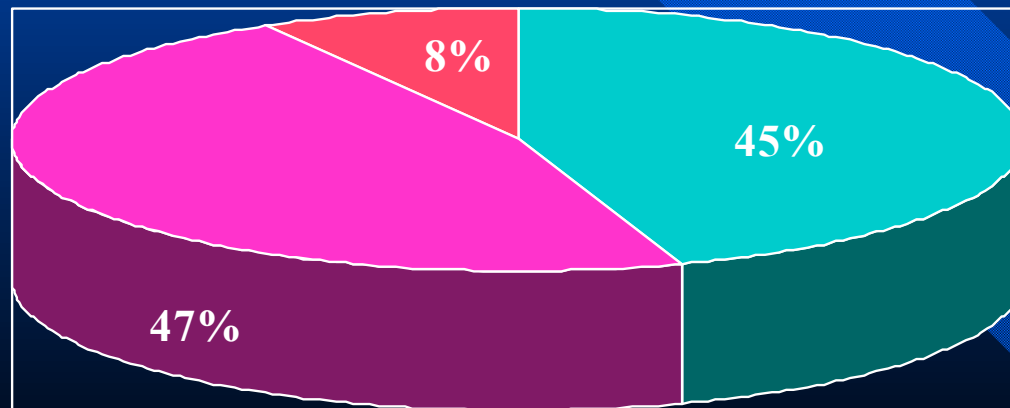
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

- Преимущества электрической энергии:
 - простота передачи практически на любые расстояния;
 - возможность преобразования в любой вид энергии (тепловую, световую, химическую, механическую) и обратно;
 - минимальное воздействие на окружающую среду при преобразовании в другие виды;
 - практически одновременность генерации и потребления (ток распространяется со скоростью света)
- Недостаток: невозможность накопления
- Около 30% энергии всех видов преобразуется в электрическую

Электроэнергетика Украины

■ Выработка электроэнергии:

- 2010 – 240 млн кВтч;
- 2011 – 360 млн кВтч;
- 2012 – 1,17 млрд кВтч



- Атомные электростанции
- Тепловые электростанции
- Гидроэлектростанции

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

- Генерация электроэнергии:
 - процесс преобразования энергии первичных энергоносителей в электрическую на электростанциях
- Передача и распределение электроэнергии:
 - передача электроэнергии от электростанций до потребителей по электрическим сетям
- Потребление электроэнергии

АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

- Использует энергию, выделяемую при цепной реакции деления ядер урана-235 или плутония, для преобразования в тепло и электроэнергию
- Мировые лидеры: Франция, Украина, Финляндия, Швеция, Болгария, Швейцария, США



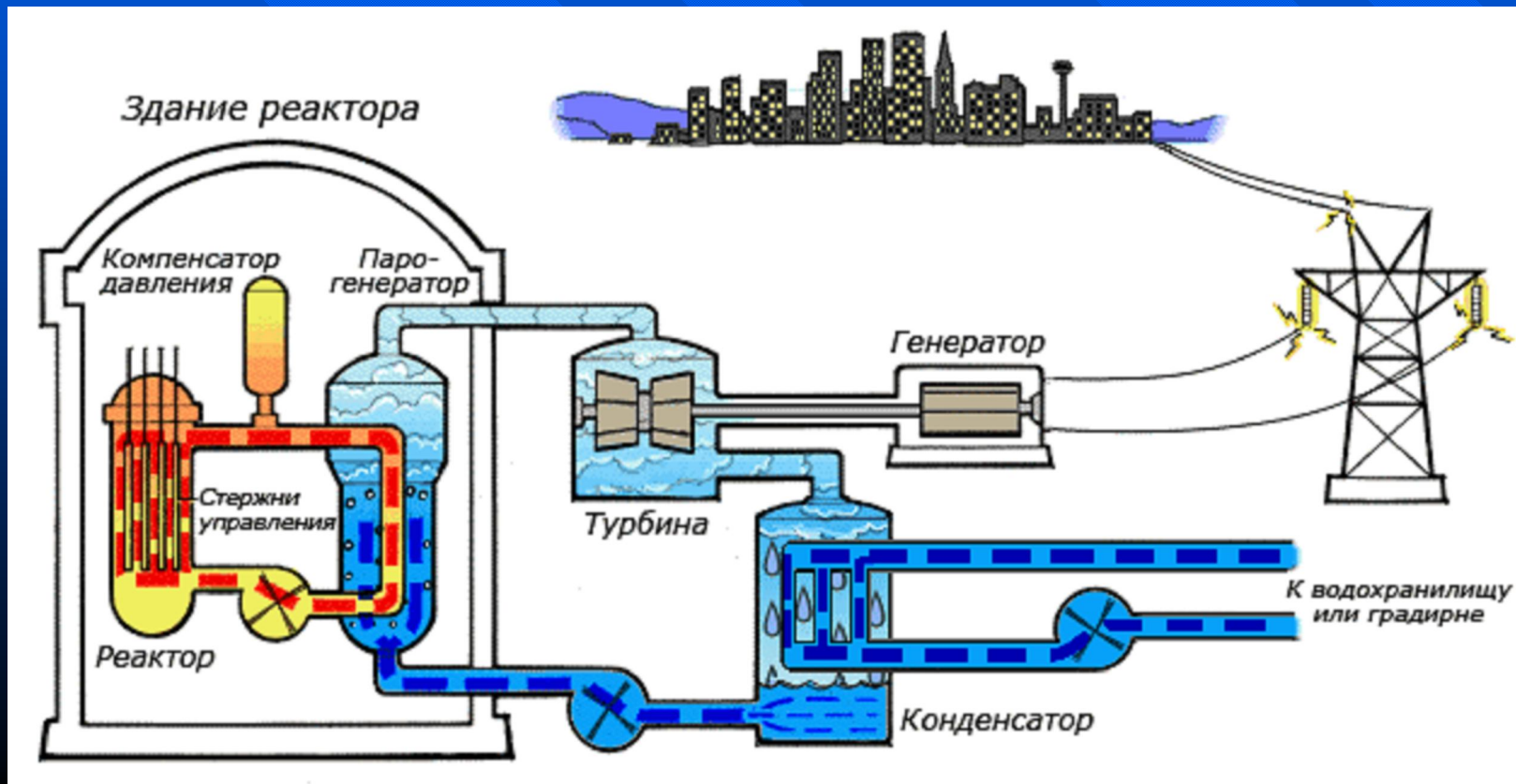
АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА УКРАИНЫ

45% общего производства электроэнергии

- Запорожская АЭС 6000 МВт
(крупнейшая в Европе);
- Южноукраинская АЭС 3000 МВт;
- Ривненская АЭС 2880 МВт;
- Хмельницкая АЭС 2000 МВт

АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

- АЭС с двухконтурным водо-водяным реактором



АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

■ Достоинства:

- Небольшой объем используемого топлива;
- Высокая единичная мощность (1000...1600 МВт на энергоблок);
- Относительно низкая себестоимость энергии (особенно тепловой);
- Меньшие выбросы в атмосферу

■ Недостатки:

- Ядерное топливо требует сложных, дорогих и длительных усилий по переработке и хранению;
- Низкая маневренность (трудности с регулированием уровня вырабатываемой мощности);
- Большие затраты на постройку станции, ее инфраструктуры, а также на последующую ликвидацию;
- Хотя крупные аварии статистически маловероятны, последствия их крайне тяжелы

ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

- Используют для производства электроэнергии энергию водного потока
- Обычно требуют строительства плотины, повышающей уровень воды (кроме микроГЭС)
- Доля в мировом производстве электроэнергии до 19% при общей установленной мощности 715 ГВт
- Мировые лидеры: Норвегия, Исландия, Канада



ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

■ Достоинства:

- низкая себестоимость производства электроэнергии по сравнению с тепловыми станциями;
- отсутствие вредных отходов и выбросов;
- высокая маневренность;
- отсутствие «теплового загрязнения» водоемов;
- возобновляемость источника энергии

■ Недостатки:

- довольно высокая капиталоемкость строительства;
- затопление достаточно обширных территорий;
- отрицательное влияние плотин на рыбное хозяйство;
- повышение уровня грунтовых вод;
- сезонные колебания водопритока и генерируемой мощности

ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ УКРАИНЫ

- Днепровский каскад:
 - Киевская ГЭС (388,8 МВт);
 - Каневская ГЭС (444 МВт);
 - Кременчугская ГЭС (625 МВт);
 - Днепродзержинская ГЭС (352 МВт);
 - **Днепровская ГЭС (1538,2 МВт);**
 - Каховская ГЭС (351 МВт)
- Днестровский каскад:
 - Днестровская ГЭС-1 (702 МВт);
 - Днестровская ГЭС-2 (27,3 МВт)
- Тербле-Ричская (ГЭС 27 МВт)

ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ (ГАЭС)

- Предназначены для компенсации суточных перепадов энергопотребления

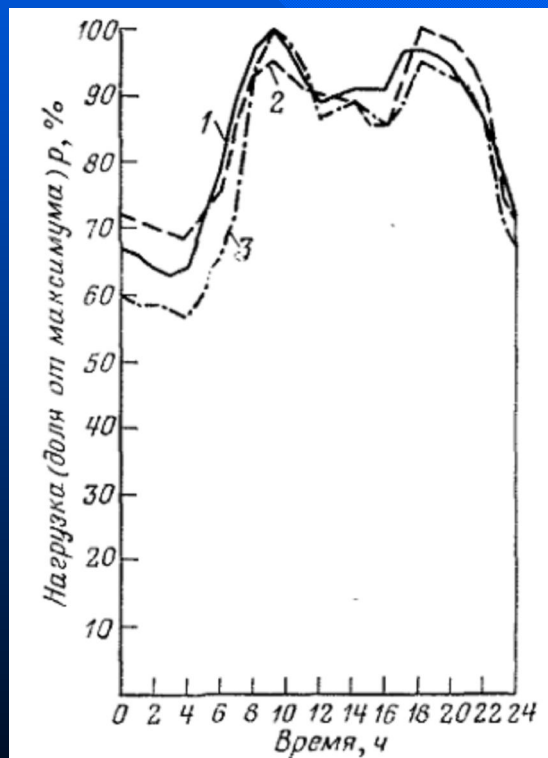


График нагрузки энергосистемы

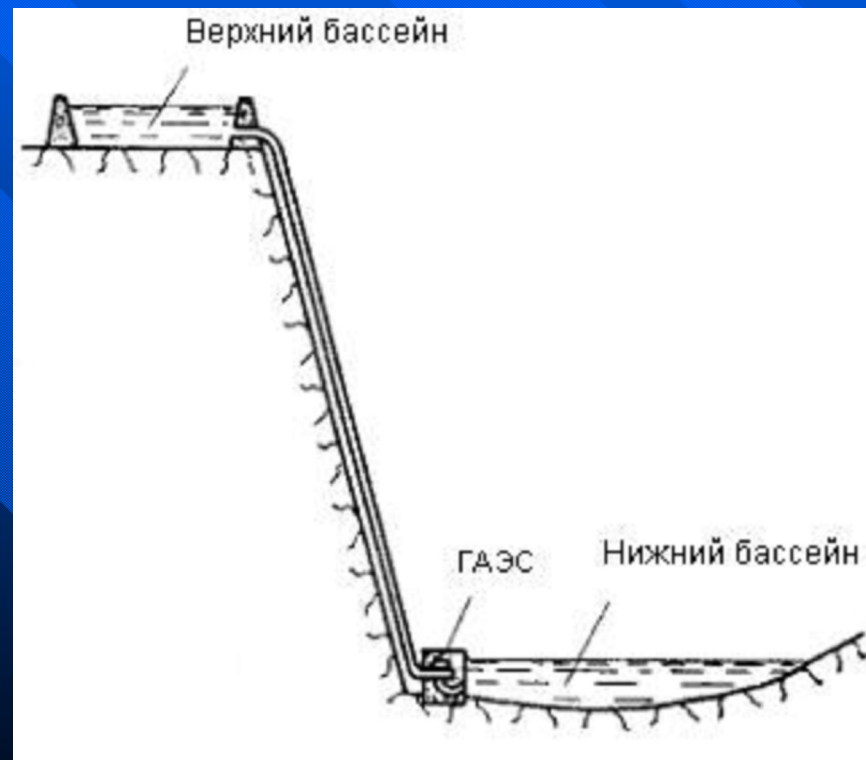


Схема ГАЭС

ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

■ Режимы работы:

– Насосный:

- » перекачка воды в верхний бьеф в часы ночного провала энергопотребления (аккумуляция энергии)
- » стоимость электроэнергии минимальна;

– Генераторный (турбинный):

- » сброс воды в нижний бьеф в часы утреннего и вечернего пиков энергопотребления (генерация электроэнергии)
- » стоимость электроэнергии максимальна

ГАЭС в УКРАИНЕ

- Днестровская ГАЭС 450 МВт (проектная мощность 3010 МВт);
- Ташлыкская ГАЭС (Южный Буг) 302 МВт);
- Киевская ГАЭС 235,5 МВт (первая ГАЭС в СССР);
- Каневская ГАЭС (строится)

ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ (ТЭС)

- Для производства электроэнергии используются различные виды ископаемого топлива (мазут, газ, уголь, торф, сланцы), сжигаемого в котлах
- Помимо электрической, могут производить также тепловую энергию для целей отопления (теплоэлектроцентрали, ТЭЦ)



ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

■ Преимущества:

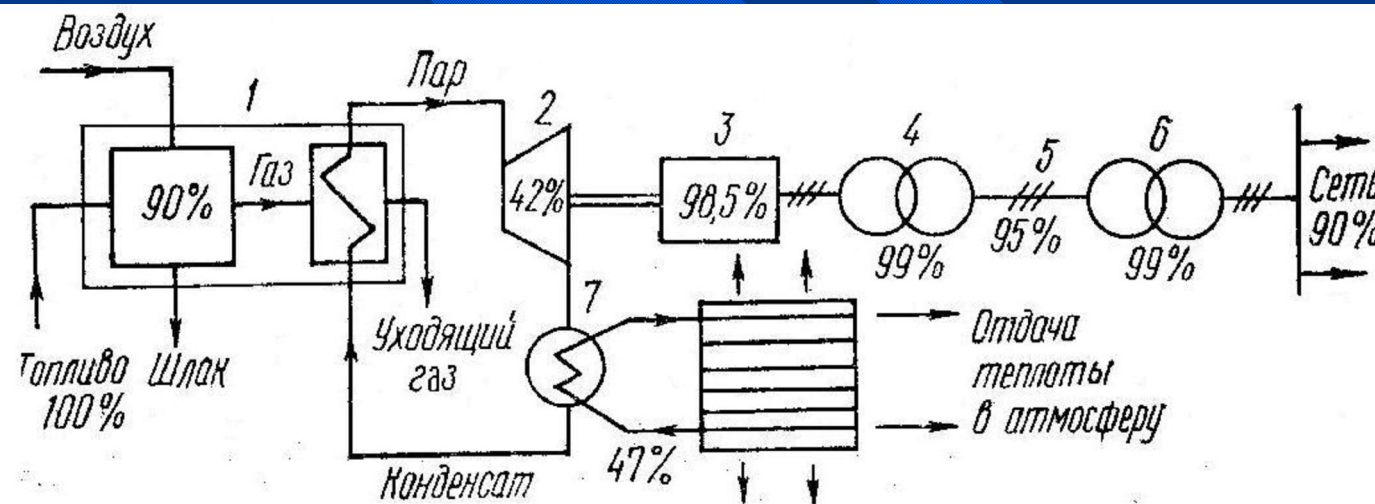
- высокая маневренность;
- достаточно большая сырьевая база (особенно в Украине)

■ Недостатки:

- вредные выбросы в атмосферу. В Украине:
 - » 30% всех твердых выбросов;
 - » 63% серного ангидрида;
 - » 53% окиси азота
- твердые отходы (зола) при сжигании твердых видов топлива;
- радиоактивность выбросов и твердых отходов выше, чем у атомных станций

ТЭС В УКРАИНЕ

- Основной источник электроэнергии (около 47%)
- Сосредоточены в основном на Востоке и в Центре страны
- Крупнейшие ТЭС:
 - Запорожская (3600 МВт);
 - Угледорская (2800 МВт);
 - Бурштынская (1600 МВт)
- Крупнейшая ТЭЦ – Приднепровская (1749 МВт)

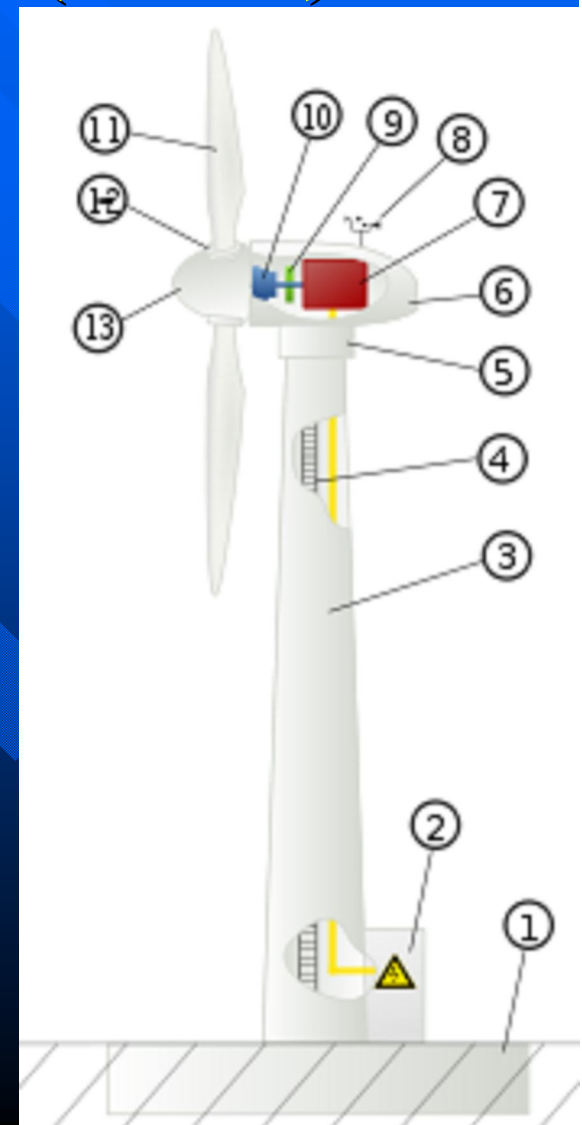


ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА

- В электрическую энергию преобразуется кинетическая энергия ветрового потока (при скорости ветра от 3 до 25 м/с)
- Наиболее бурно развивающаяся отрасль:
 - установленная мощность всех ветрогенераторов мира с 2000 до 2009 г. выросла в 6 раз (до 157 ГВт);
- Доля в общем производстве электроэнергии (2007):
 - весь мир 1,3% ;
 - Европейский Союз 3%;
 - Германия 6,2%;
 - Дания 18,3%
- Распределение по континентам (2007):
 - Европа – 61%%
 - Северная Америка – 20%;
 - Азия – 17%
- Лидеры: США, Германия, Китай, Испания, Индия

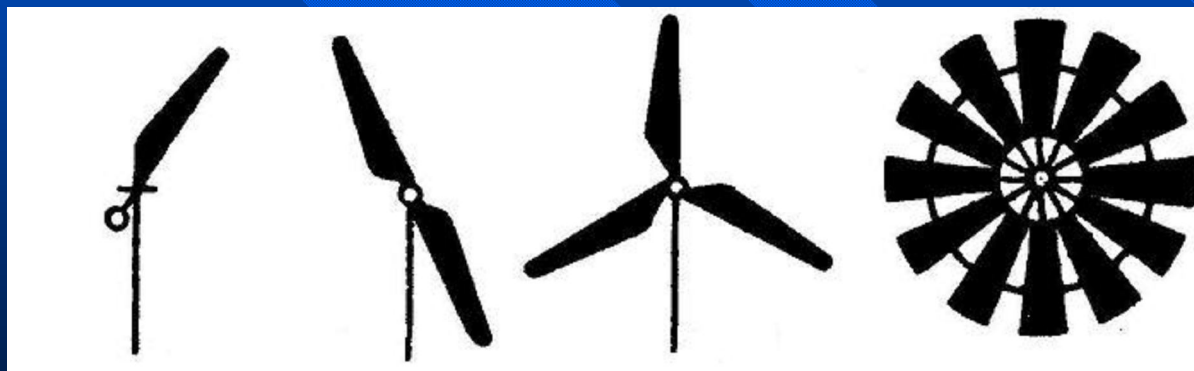
КОНСТРУКЦИЯ ВЕТРОУСТАНОВКИ (ВЭУ)

- 1 – фундамент;
- 2 – шкаф с электрооборудованием и системой управления;
- 3 – башня;
- 4 – лестница;
- 5 – поворотный механизм;
- 6 – гондола;
- 7 – генератор;
- 8 – система слежения за направлением и скоростью ветра;
- 9 – тормозная система;
- 10 – редуктор (может отсутствовать);
- 11 – лопасти;
- 12 – система изменения угла атаки лопасти (может отсутствовать);
- 13 – ветротурбина



КОНСТРУКЦИЯ ВЕТРОУСТАНОВКИ (ВЭУ)

- Ветротурбины – преимущественно трехлопастные;
- Диаметр ветротурбины до 126 м
- Высота башни до 120 м;
- Единичная мощность до 8 МВт;



ТИПЫ ВЕТРОУСТАНОВОК

- Величина и частота выходного напряжения электрического генератора пропорциональны скорости вращения
- ВЭУ с постоянной скоростью вращения:
 - для стабилизации частоты вращения генератора при переменной скорости ветра изменяется угол атаки лопасти;
 - имеется повышающий редуктор (мультипликатор) между турбиной и генератором для согласования скоростей их вращения
 - устаревшая модель
- ВЭУ с переменной скоростью вращения:
 - между генератором и энергосистемой включен преобразователь частоты, согласующий уровень и частоту генерируемого напряжения;
 - наиболее перспективный тип

ТИПЫ ВЕТРОУСТАНОВОК

■ Сетевые:

- передают выработанную энергию энергосистеме;
- мощность до 8 МВт;
- преобладающий на сегодня тип

■ Автономные:

- снабжают энергией изолированных потребителей, не имеющих доступа к энергосистеме
 - » энергия используется для отопления, освещения, питания средств связи
- для повышения надежности энергоснабжения обычно работают совместно с аккумулятором, дизель-генератором или солнечными батареями;
- мощность до 100 кВт

ВЕТРОВЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

- В состав ветроэлектростанции (ВЭС) или ветряной фермы может входить до 100 и более ветроустановок

ТИПЫ ВЭС



■ Наземная

- на холмах и возвышенностях

■ Прибрежная

- на суше вблизи берега
- использует энергию бризов (днем – с моря, ночью – с суши)

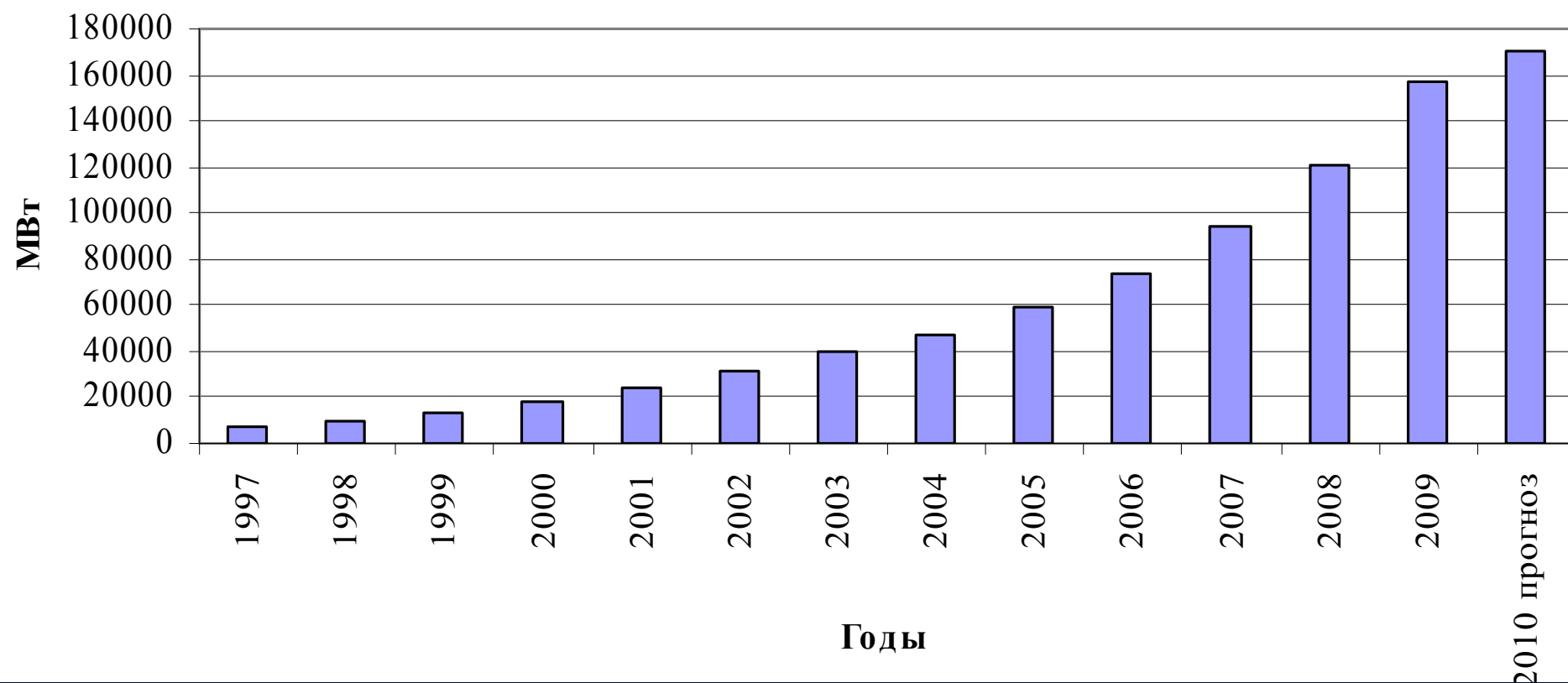
■ Оффшорная

- в море на мелководье в 10...12 км от берега
- использует энергию регулярных морских ветров

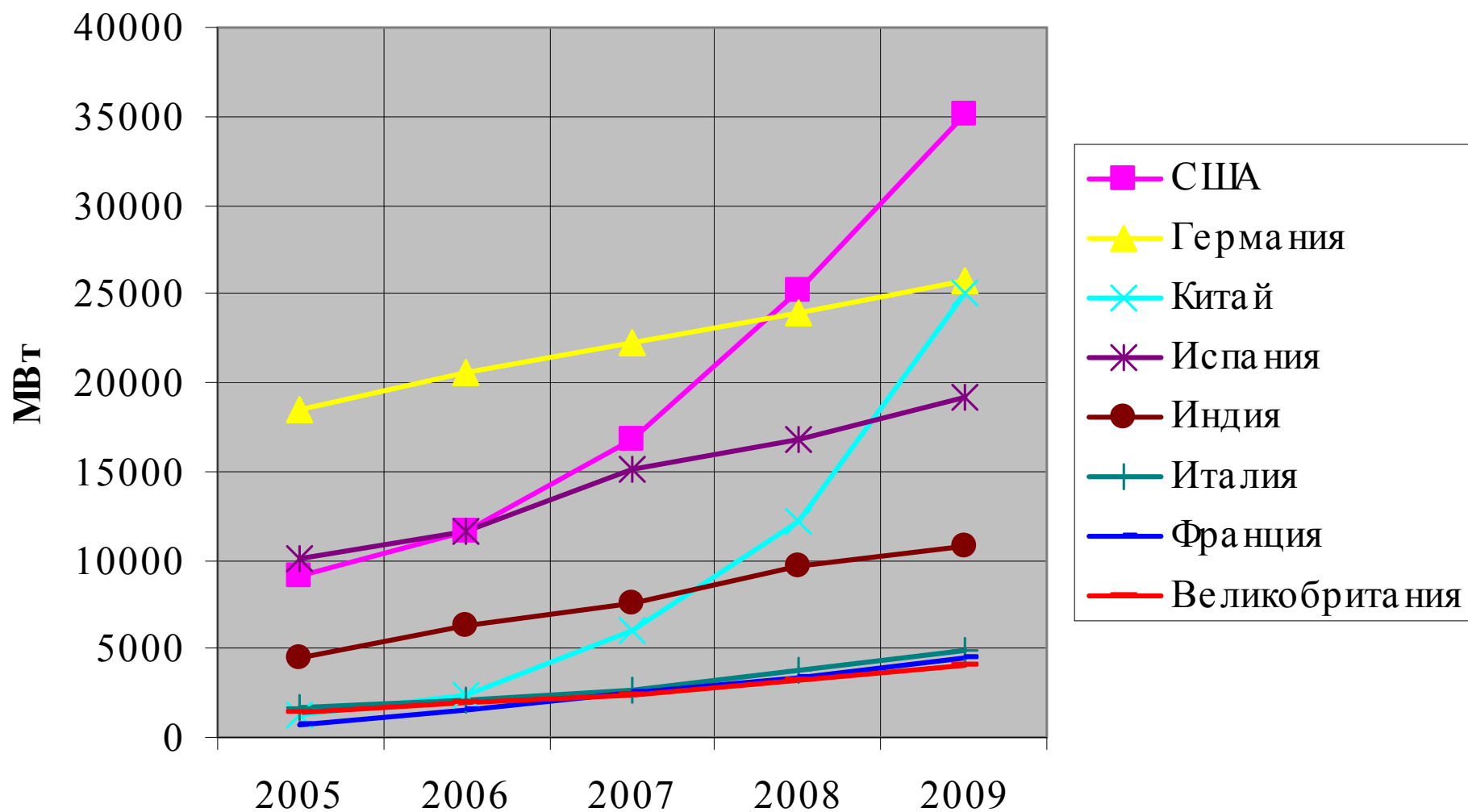
■ Плавающая



УСТАНОВЛЕННАЯ МОЩНОСТЬ ВЭС (весь мир)



УСТАНОВЛЕННАЯ МОЩНОСТЬ ВЭС (по странам)



ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА

Перспективы

- Запасы энергии ветра в 100 раз превосходят запасы энергии всех рек планеты
- Планируемая доля ветроэнергетики:
 - Германия – 20% (2020)
 - Канада – 10% (2015)
 - Великобритания – 10% (2010)

ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА

■ Преимущества:

- возобновляемость энергоресурса;
- отсутствие вредных выбросов и отходов (при эксплуатации);
- большой потенциал

■ Недостатки:

- суточная и сезонная неравномерность ветрового потока;
- себестоимость электроэнергии выше по сравнению с ТЭС (кроме США);
- механический и аэродинамический шум при работе;
- низкочастотные вибрации, передаваемые через почву;
- очень высокие требования к надежности (трудности с техническим обслуживанием);
- генерация радиопомех

ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА УКРАИНЫ

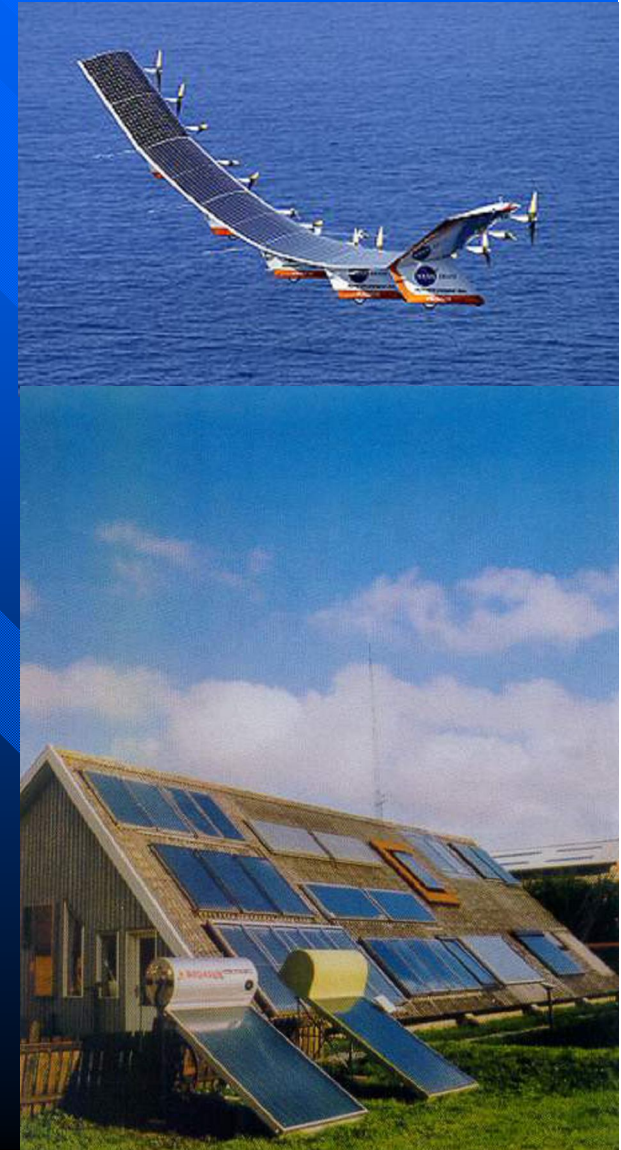
- Украина – лидер среди стран СНГ по уровню развития ветроэнергетики
- Наиболее перспективные регионы – побережья Азовского и Черного морей, Прикарпатье
- Основные ВЭС:
 - Донузлавская 10 МВт;
 - Тарханкутская 15,9 МВт;
 - Новоазовская 20,4 МВт;
 - Ботиевская 90 МВт (2012), 195 МВт (2014)

ГЕЛИОЭНЕРГЕТИКА

- Гелиоэнергетика (солнечная энергетика) использует солнечное излучение для получения электрической или тепловой энергии:
 - солнечные батареи на фотоэлементах;
 - тепловые коллекторы
- Перспективы:
 - мощность солнечного излучения на душу населения Земли 30 МВт;
 - среднедушевая мощность всех используемых видов энергоисточников 0,8 кВт (США – 10 кВт);
 - ожидаемая доля солнечной энергии в мировом энергопотреблении к середине XXI ст. – 18%

ГЕЛИОЭНЕРГЕТИКА

- Установленная мощность гелиоустановок:
 - 1985 г. – 21 МВт
 - 2005 г. – 5 ГВт
 - только за 2006 г. установлено 1,774 ГВт
- Распределение установленной мощности:
 - Германия 39%;
 - Япония 30%;
 - США 9%;
 - остальной мир 22%
- Области применения:
 - генерация электроэнергии в энергосистему;
 - питание автономных потребителей (космические аппараты, транспортные средства, теплицы, здания);
 - нагрев воды

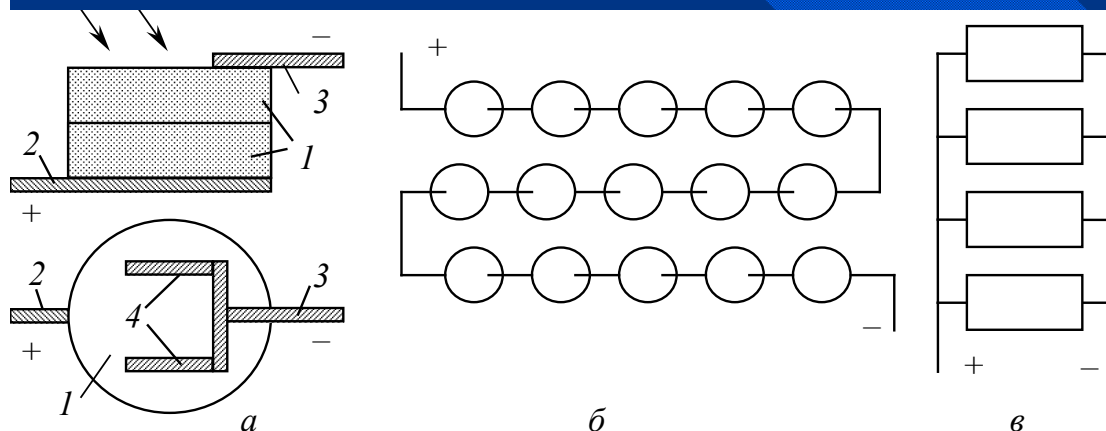


ГЕЛИОЭНЕРГЕТИКА УКРАИНЫ

- Общая установленная мощность солнечных электростанций 60 МВт
 - электростанция в Родниково (Крым) 7,5 МВт (2010 г.);
 - электростанция в Охотниково (Крым) 20 МВт (запущена первая очередь)

СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ

- Принцип действия – фотоэффект
 - при освещении многослойного полупроводникового материала (фотоэлемента) между его слоями появляется разность потенциалов около 0,5 В
- Для увеличения мощности фотоэлементы соединяют последовательно в модули, а модули – параллельно в батареи
- Назначение – генерация электроэнергии

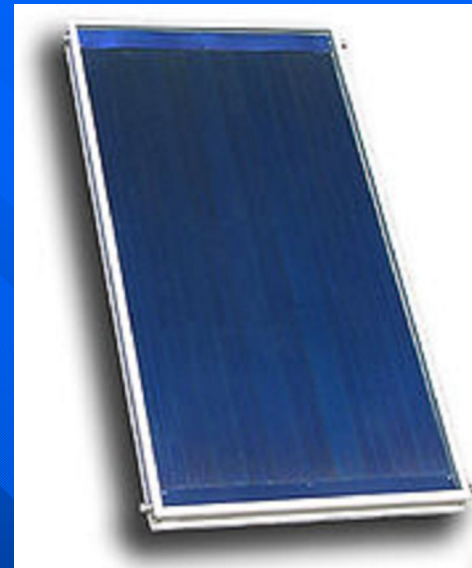
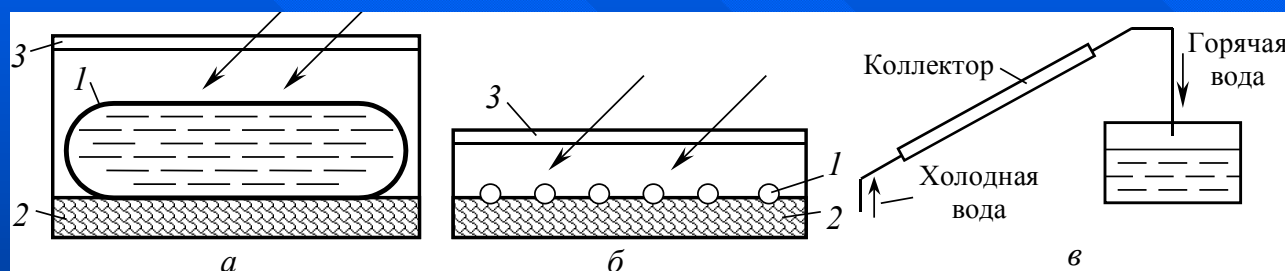


а – фотоэлемент; б – модуль; в - батарея



Солнечные коллекторы (гелиоприемники)

■ Плоские



■ С параболоидными концентраторами

Служат для получения сравнительно
низкотемпературной тепловой энергии



ГЕЛИОЭНЕРГЕТИКА

■ Преимущества:

- практическая неисчерпаемость источника энергии;
- экологическая чистота процесса генерации;
- меньшая занимаемая территория (по сравнению с ГЭС)

■ Недостатки:

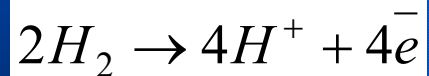
- высокая стоимость как самой установки, так и генерируемой электроэнергии;
- неравномерность светового излучения во времени (время суток, сезон, погодные условия);
- зависимость мощности светового потока от широты;
- изменение микроклимата в районе солнечной электростанции большой мощности

ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

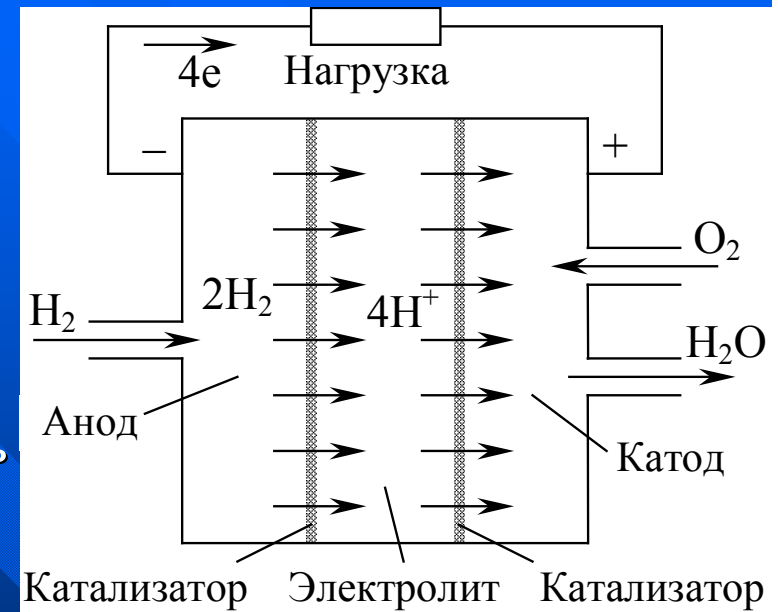
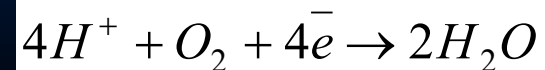
- Основана на использовании водорода как средства для аккумулирования, транспортировки и производства энергии
- Технологии водородной энергетики базируются на применении топливных элементов
- Сырье для получения водорода: пропан, метан, биогаз, природный газ, керосин, газификация угля, электролиз воды

ТОПЛИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ

- ТЭ – химический источник тока, в котором происходит процесс электрохимического окисления водорода, т.е. процесс, обратный электролизу
- Под воздействием катализатора атомы водорода теряют электрон, превращаясь в положительно заряженные ионы:



- Если первую емкость (анод) соединить со второй (катодом) электрической цепью, содержащей нагрузку, по полученной цепи электроны с анода через нагрузку перейдут на катод и соединятся там с ионами водорода и атомами кислорода в молекулы воды:



ТОПЛИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ

■ Преимущества:

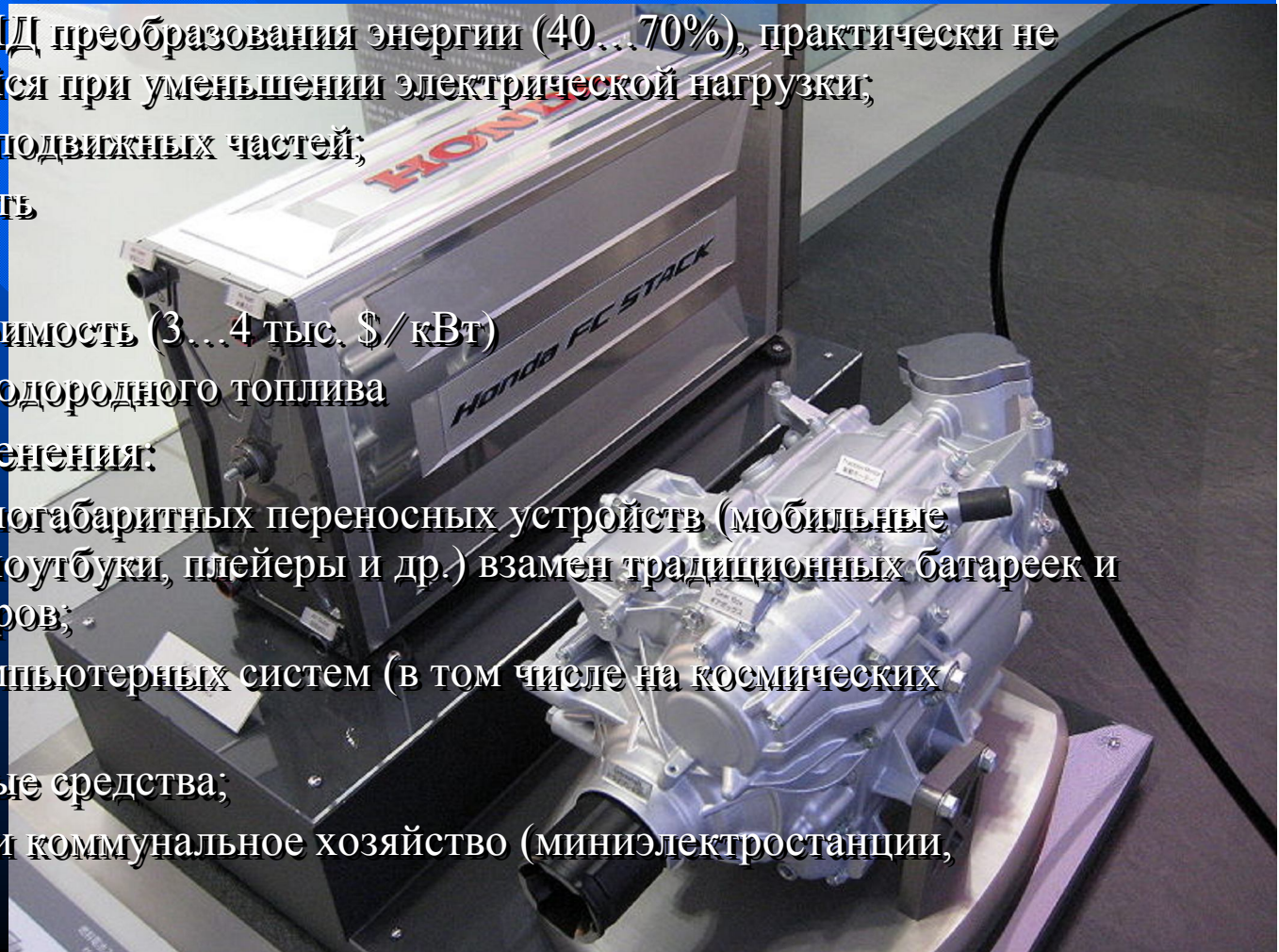
- отсутствие вредных выбросов (конечным продуктом реакции является вода);
- высокий КПД преобразования энергии (40...70%), практически не снижающийся при уменьшении электрической нагрузки;
- отсутствие подвижных частей;
- компактность

■ Недостатки:

- высокая стоимость (3...4 тыс. \$/кВт)
- опасность водородного топлива

■ Области применения:

- питание малогабаритных переносных устройств (мобильные телефоны, ноутбуки, плееры и др.) взамен традиционных батареек и аккумуляторов;
- питание компьютерных систем (в том числе на космических кораблях);
- транспортные средства;
- энергетика и коммунальное хозяйство (миниэлектростанции, котельные)



ВОДОРОДНЫЙ ТРАНСПОРТ

■ Предпосылки:

- все виды транспорта дают 23% выбросов CO_2 ;
- рост цен на энергоносители

■ Автомобили и автобусы (BMW, Daimler, General Motors, Honda, Nissan, Toyota, Hyundai, Volkswagen, Mercedes, Ford):

- первичный источник энергии – топливный элемент, приводные двигатели – электрические;
- при заправке газом или бензином первичное топливо перерабатывается в водород на борту ;
- пробег без дозаправки 400 км;
- расход топлива (в бензиновом эквиваленте) – 3,9 л на 100 км;
- КПД вдвое выше по сравнению с дизельными и в 3-4 раза – по сравнению с двигателями внутреннего сгорания;
- необходимо развитие сети заправочных станций («водородное шоссе» в Калифорнии)



ВОДОРОДНЫЙ ТРАНСПОРТ

- Мотоциклы, велосипеды, скутеры
- Воздушный транспорт: силовые и вспомогательные энергетические установки, источники бесперебойного питания (Boeing, Airbus)
- Железнодорожный транспорт:
 - тяговый привод,
 - источники бортового питания
- Подводные и надводные суда;
- Вспомогательный транспорт:
 - складские погрузчики



ЭНЕРГОСИСТЕМА

- Подавляющее большинство мощных электростанций региона, страны или группы стран с помощью линий электропередачи (ЛЭП) объединяются в энергосистему (ЭС)
- Преимущества такого объединения:
 - передача энергии в энергодефицитные регионы;
 - возможность маневра генерирующими мощностями;
 - повышение надежности электроснабжения;
 - высокое качество поставляемой электроэнергии (синусоидальность, симметричность, стабильность уровня и частоты);
 - экспорт электроэнергии за рубеж

ЭНЕРГОСИСТЕМА

■ Состав:

– система электроснабжения:

» электростанции

» электрические сети:

■ линии электропередачи

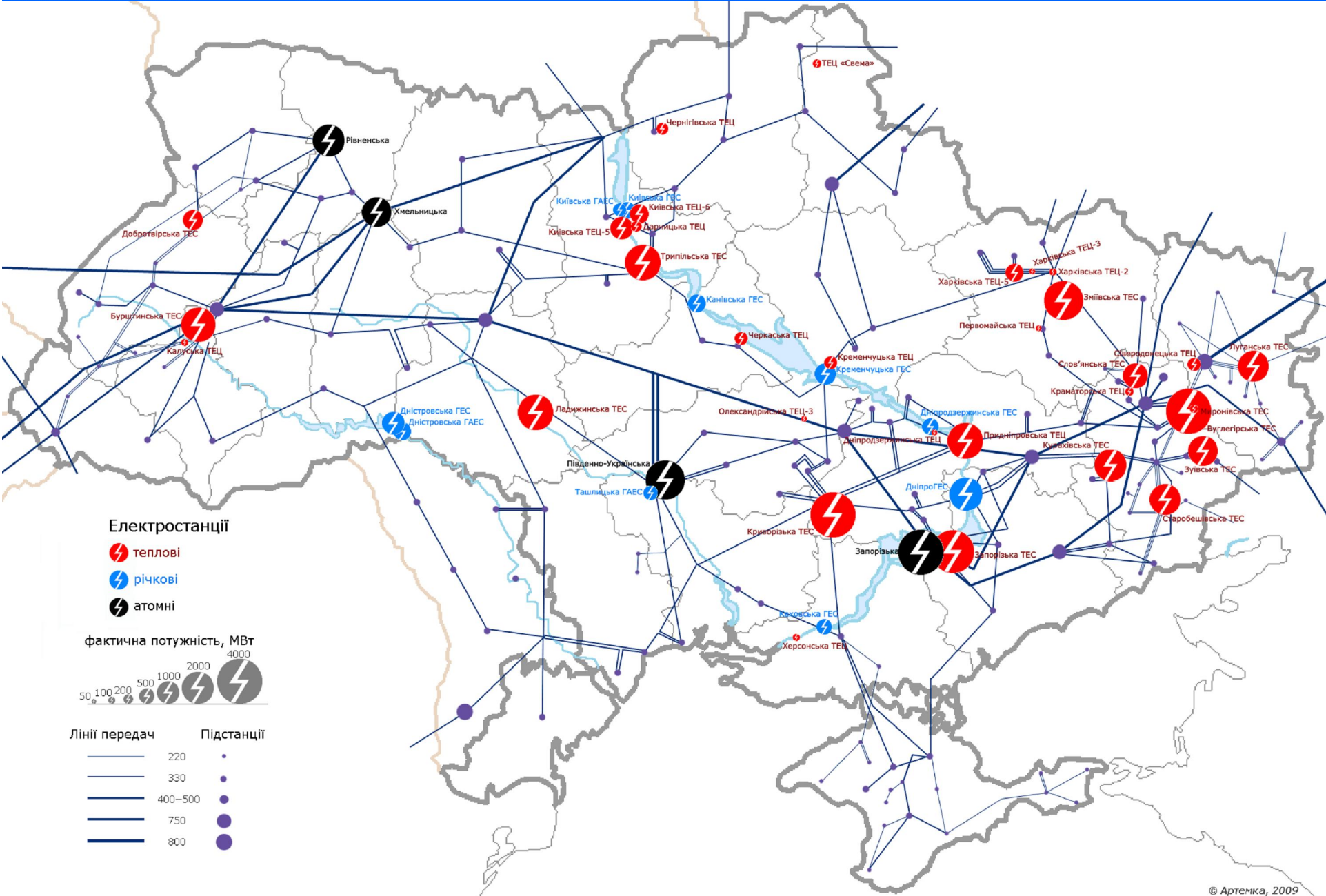
■ трансформаторные подстанции

■ распределительные пункты

– потребители (электроприемники)

■ Передача электроэнергии в ЭС производится посредством трехфазного переменного тока

ЭНЕРГОСИСТЕМА УКРАИНЫ



ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

- Сверхдальние (500 кВ):
 - для связи энергосистем
- Магистральные (220, 330 кВ):
 - передача энергии от мощных электростанций;
 - связь энергосистем;
 - соединение электростанций с распределительными пунктами
- Распределительные (35, 110, 150 кВ):
 - электроснабжение предприятий и населенных пунктов
- Подводящие (20 кВ и ниже):
 - подвод электроэнергии к потребителям

ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

- По роду тока:
 - ЛЭП переменного тока;
 - ЛЭП постоянного тока
- По конструкции:
 - воздушные линии (ВЛ)
 - кабельные линии (КЛ):
 - » подземные;
 - » подводные;
 - » по сооружениям



УРОВЕНЬ НАПРЯЖЕНИЯ И ПОТЕРИ

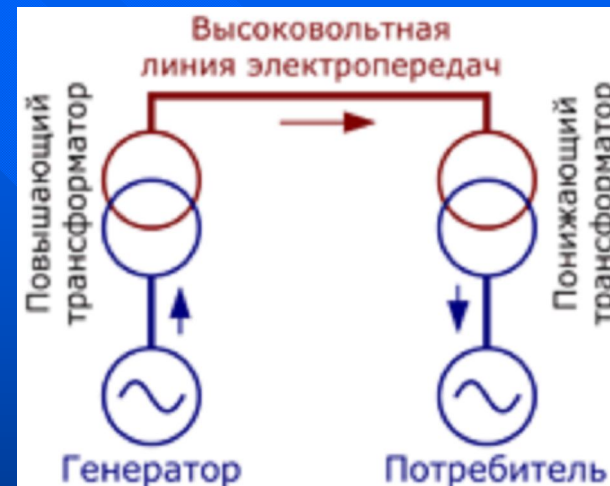
- Передаваемая мощность

$$P = UI$$

- Мощность потерь

$$\Delta P = I^2 R = \frac{P^2 R}{U^2}$$

- Чем выше мощность электроустановки (ЛЭП, электродвигателя, генератора), тем на большее напряжение она должна быть рассчитана
- Стандартные уровни напряжения: 220 В, 380 В, 660 В, 1240 В..., 6 кВ, 10 кВ, 35 кВ...



ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ

- Предназначены для преобразования уровня напряжения, приема и распределения электрической энергии
- Состав:
 - силовые трансформаторы;
 - распределительные устройства;
 - система защиты и автоматики
 - система заземления;
 - молниезащитные сооружения

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА (РУ)

- Служат для приема и распределения электроэнергии
- Состав:
 - коммутационные аппараты;
 - сборные и соединительные шины;
 - устройства релейной защиты и автоматики;
 - средства измерения

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА (РУ)

- Односекционные РУ
- Многосекционные РУ
 - резервирование питания

- Открытые РУ (ОРУ)
 - для высоких классов напряжения

- Комплектные РУ (КРУ)
 - оборудование смонтировано в шкафу

