

## Модуль 3

### 3.1. Солнечные электростанции.

Страны лидеры по солнечной энергетике: Германия - 35 ГВт, Китай - 19,9 ГВт, Италия - 18,5 ГВт, Япония - 13,5 ГВт, США - 12,2 ГВт, Испания - 5,3 ГВт, Франция - 4,6 ГВт.

Солнечная энергетика — направление альтернативной энергетики, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде. Солнечная энергетика использует возобновляемые источники энергии и является «экологически чистой», то есть не производящей вредных отходов во время активной фазы использования.

**Солнечный водонагреватель** – разновидность солнечного коллектора.

Предназначен для производства горячей воды путём поглощения солнечного излучения, преобразования его в тепло, аккумуляции и передачи потребителю.

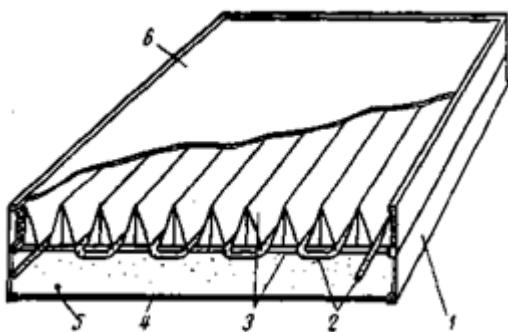


Схема концентрирующего солнечного водонагревателя КСВ-3:

1 – корпус; 2 – теплоприемник; 3 – фоклин; 4 – теплоизоляция; 5 – днище; 6 – оконное стекло.

Концентрирующие солнечные водонагреватели устанавливают на кровлях зданий или на специальных опорах на открытых площадках, облучаемых солнцем и ориентированных на юг. Основными элементами их являются: трубчатый теплоприемник и набор зеркальных концентрирующих элементов в виде двугранных фоклинов. Теплоприемник и фоклины помещены в алюминиевый теплоизолированный корпус, закрытый сверху оконным стеклом. В качестве теплоизоляции применяется пенополистирол. Для лучшего восприятия солнечной радиации поверхность труб имеет черное гальваническое покрытие.

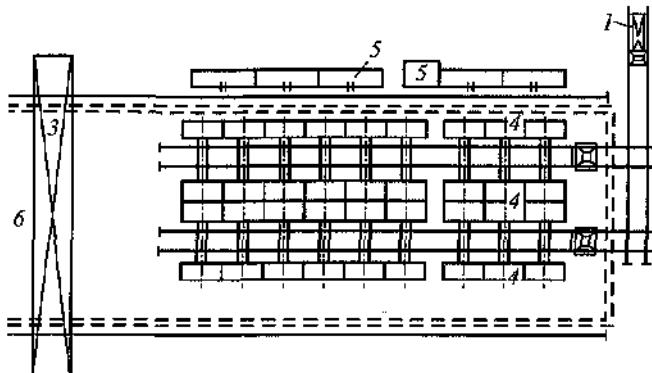
Принцип действия водонагревателя заключается в концентрации солнечной энергии на поверхности труб и передаче его теплоносителю, который под давлением 1-6 атмосфер поступает через подающий штуцер в теплоприемник, где воспринимает тепло от горячих стенок и подается через сливной штуцер потребителю.

**Гелиополигон круглогодичного действия** мощностью 9 тыс. м<sup>3</sup>/год с механизированной технологической линией размещен на действующем заводе железобетонных изделий.

В технологическую линию изготовления сборных железобетонных изделий с использованием солнечной энергии для термовлажностной обработки входят гелиокамеры, накрытые несъемными гелиопокрытиями типа СВИТАП.

Форма-вагонетка (типовая форма, оснащенная колесами) по сигналу с пульта управления системой цепной передачи выкатывается на линию формовки, козловой кран укладывает арматуру, бетоноукладчик с вибротележкой укладывает бетон, вибрирует и переходит на следующий заданный пост. Форма-вагонетка закатывается в гелиокамеру. Оборот форм суточный. В осенне-зимне-весенний период в качестве дополнительного источника тепловой энергии для термовлажностной обработки применены инфракрасные излучатели с напряжением 36 В.

Система термовлажностной обработки автоматизирована. Применение этой системы позволяет экономить около 80 % тепловой энергии на термовлажностную обработку сборных железобетонных изделий.



Состав технологической линии: 1 – бетонная эстакада; 2 – бетоноукладчик с виброустановкой; 3 – козловый кран; 4 – гелиокамеры; 5 – щитовые и пультовые; 6 – склад арматуры и готовой продукции.

**Солнечные тепловые электростанции (СТЭС)** основываются пока на двух способах преобразования солнечной энергии в электрическую: термодинамическом и фотоэлектрическом.

Все современные СТЭС независимо от их типа имеют следующие основные элементы: концентратор, теплоприемник, систему транспорта и аккумулирования теплоты, систему преобразования теплоты в работу.

В настоящее время нашли применение две разновидности СТЭС: башенного типа и с параболоцилиндрическими концентраторами.

В первом случае теплоприемник-парогенератор кругового облучения или полостного типа расположен на вершине башни. Вокруг башни или с ее северной стороны (теплоприемник полостного типа) расположены плоские зеркала на подвижных опорах (гелиостаты), которые следят за солнцем и отражают солнечные лучи на поверхность теплоприемника. Водяной пар, полученный в теплоприемнике, направляется в паровую турбину. Дальнейшее преобразование теплоты в электроэнергию осуществляется по обычной схеме с циклом Ренкина.

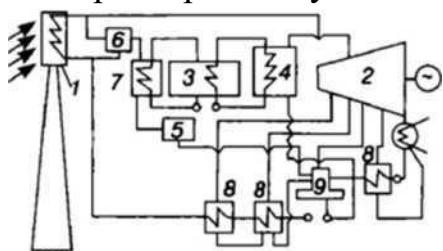
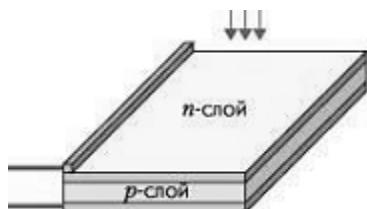


Схема СТЭС башенного типа: 1 – центральный приемник; 2 – турбина; 3 – тепловой аккумулятор; 4 – парогенератор системы аккумулирования; 5 – расширительный бак; 6 – охладитель пара, идущего на зарядку системы аккумулирования; 7 – промежуточный нагреватель; 8 – регенеративные подогреватели; 9 – деаэратор.

В настоящее время разрабатывается новая концепция СТЭС башенного типа, в котором рабочим телом служит сжатый воздух. В теплоприемнике сжатый воздух нагревается до температуры 1000 °C и направляется в газовую турбину.

Вдоль линейного фокуса каждого параболоцилиндрического концентратора расположен теплоприемник в виде стальной трубы, окруженной стеклянной оболочкой. Пространство между трубой и стеклянной оболочкой вакуумировано, а на поверхность трубы нанесено селективное покрытие с высоким коэффициентом поглощения в видимой области спектра и низким коэффициентом излучения в инфракрасной области. Такая конструкция теплоприемника позволяет свести к минимуму потери теплоты в окружающее пространство за счет излучения, конвекции и теплопроводности. Теплоноситель (термостойкое кремнийорганическое масло), проходя через теплоприемник, нагревается до температуры 390 °C и передает теплоту воде и водяному пару.

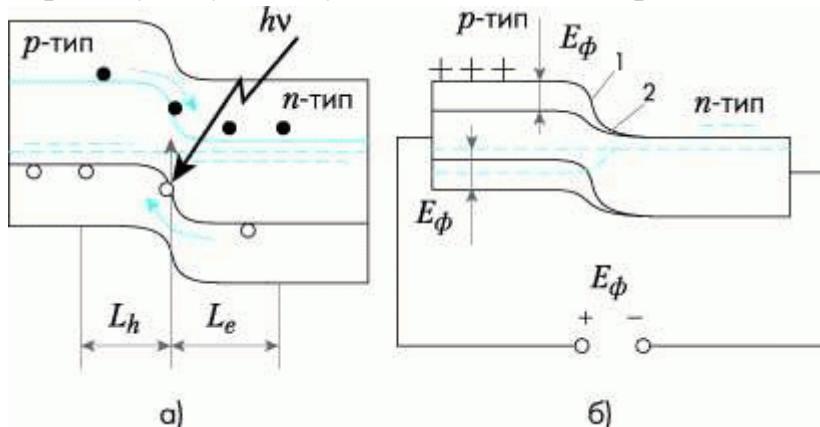
**Солнечные фотоэлектрические электростанции (СФЭС)** предусматривают прямое преобразование солнечной энергии в электрическую. Простейшая конструкция солнечного элемента (СЭ) на основе монокристаллического кремния показана на рисунке.



Тонкая пластина состоит из двух слоев кремния с различными физическими свойствами. Внутренний слой представляет собой чистый монокристаллический кремний, обладающий "дырочной проводимостью" (р-тип). Снаружи он покрыт очень тонким слоем «загрязненного» кремния, например с примесью фосфора (n-тип). (О р-, n- и р-п типах см. статью о диодах). На тыльную сторону пластины нанесен сплошной металлический контакт. У границы n-и p- слоёв в результате перетечки зарядов образуются обеднённые зоны с нескомпенсированным объёмным положительным зарядом в n-слое и объёмным отрицательным зарядом в p-слое. Эти зоны в совокупности и образуют р-п-переход.

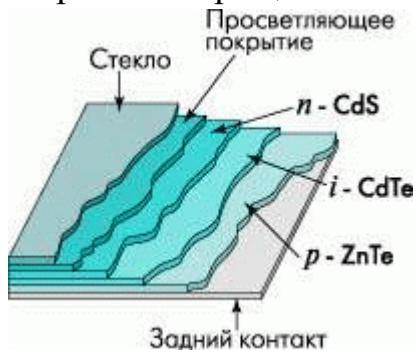
Возникший на переходе потенциальный барьер (контактная разность потенциалов) препятствует прохождению основных носителей заряда, т.е. электронов со стороны р-слоя, но беспрепятственно пропускают неосновные носители в противоположных направлениях. Это свойство р-п-переходов и определяет возможность получения фото-ЭДС при облучении ФЭП солнечным светом. Когда СЭ освещается, поглощенные фотонами генерируют неравновесные электронно-дырочные

пары. Электроны, генерируемые в р-слое вблизи р-п-перехода, подходят к р-п-переходу и существующим в нем электрическим полям выносятся в п-область.



Аналогично и избыточные дырки, созданные в п-слое, частично переносятся в р-слой (рис. а). В результате п-слой приобретает дополнительный отрицательный заряд, а р-слой - положительный. Снижается первоначальная контактная разность потенциалов между р- и п-слоями полупроводника, и во внешней цепи появляется напряжение (рис. б). Отрицательному полюсу источника тока соответствует п-слой, а р-слой - положительному.

Большинство современных солнечных элементов обладают одним р-п-переходом. В таком элементе свободные носители заряда создаются только теми фотонами, энергия которых больше или равна ширине запрещенной зоны. Другими словами, фотоэлектрический отклик однопереходного элемента ограничен частью солнечного спектра, энергия которого выше ширины запрещенной зоны, а фотонами меньшей энергии не используются. Преодолеть это ограничение позволяют многослойные структуры из двух и более СЭ с различной шириной запрещенной зоны. Такие элементы называются многопереходными, каскадными или tandemными . Поскольку они работают со значительно большей частью солнечного спектра, эффективность фотоэлектрического преобразования у них выше. В типичном многопереходном солнечном элементе одиночные фотоэлементы расположены друг за другом таким образом, что солнечный свет сначала попадает на элемент с наибольшей шириной запрещенной зоны, при этом поглощаются фотонами с наибольшей энергией.



Пропущенные верхним слоем фотонами проникают в следующий элемент с меньшей шириной запрещенной зоны и т.д. Основное направление исследований в области каскадных элементов связано с использованием арсенида галлия в качестве одного или нескольких компонентов. Эффективность преобразования подобных

СЭ достигает 35%! По технологическим причинам, отдельный солнечный элемент возможно изготовить только небольшого размера, поэтому, для большей эффективности соединяют несколько элементов в батареи.

### **3.2. Геотермальные электростанции.**

Установленная мощность геотермальных электростанций (ГеоЕС) возросла с 678 МВт, в 1970 г. до 8000 МВт в 2000 г. Страны-лидеры: США - 2228, Филиппины - 1909, Италия - 785, Мексика - 755, Индонезия - 589 МВт (Россия - 23 МВт).

Среднегодовой рост мощности ГеоЕС за последние 30 лет составил 8,6 %.

Установленная мощность геотермальных тепловых установок за последние 20 лет возросла с 1950 до 17 175 МВт.

На 01.01.2008 г. в эксплуатации находилось 56 месторождений термальных вод с общим количеством 210 скважин. Добыто и использовано потребителями термальной воды и пароводяной смеси эквивалентное замещению 1,05 млн т у. т. Термальные воды в основном используют в теплоснабжении.

Геотермальные источники энергии подразделяют на сухой горячий пар, влажный горячий пар и горячую воду.

Таким образом, можно выделить четыре основных типа ресурсов геотермальной энергии:

- поверхностное тепло земли, используемое тепловыми насосами;
- энергетические ресурсы пара, горячей и теплой воды у поверхности земли, которые сейчас используются в производстве электрической энергии;
- теплота, сосредоточенная глубоко под поверхностью земли (возможно, при отсутствии воды);
- энергия магмы и теплота, которая накапливается под вулканами.

Запасы геотермальной теплоты ( $\sim 8 \cdot 10^{30}$  Дж) в 35 млрд раз превышают годовое мировое потребление энергии. Лишь 1% геотермальной энергии земной коры (глубина 10 км) может дать количество энергии, в 500 раз превышающее все мировые запасы нефти и газа. Однако сегодня может быть использована лишь незначительная часть этих ресурсов, и это обусловлено, прежде всего, экономическими причинами.

Технико-экономические параметры ГеоЕС изменяются в довольно широких пределах и зависят от геологических характеристик местности (глубины залегания, параметров рабочего тела, его состав и т.д.). Для большинства введенных в эксплуатацию ГеоЕС себестоимость электроэнергии является подобной себестоимости электроэнергии, получаемой на угольных ТЭС, и составляет 1200 ... 2000 долл. США / МВт.

В Исландии 80% жилых домов обогревается с помощью горячей воды, добываемой из геотермальных скважин под городом Рейкьявик. На западе США за счет геотермальных горячих вод обогревают около 180 домов и ферм.

В перспективе возможно использование тепла магмы в тех районах, где она расположена близко к поверхности Земли, а также сухого тепла разогретых

кристаллических пород. В последнем случае скважины бурят на несколько километров, закачивают вниз холодную воду, а обратно получают горячую

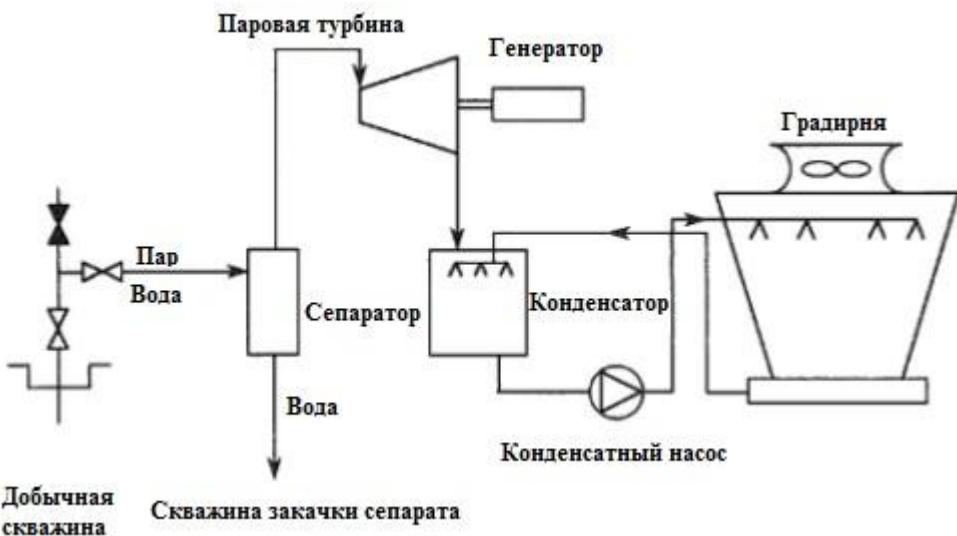


Рис. ?. Принципиальная схема работы ГеоЭС

### 3.3. Приливные электростанции.

Приливные электростанции (ПЭС) – это гидроэлектростанции, которые используют энергию приливов и отливов морей и океанов. Они преобразуют кинетическую и потенциальную энергию приливных потоков в электрическую энергию с помощью турбин и генераторов.

#### Принцип работы.

Основной принцип работы заключается в следующем:

- 1) Во время прилива вода поступает в специально созданный резервуар или бассейн, проходя через турбины и вращая их.
- 2) Во время отлива вода из резервуара возвращается в море, снова проходя через турбины и производя электроэнергию.

Существуют различные схемы работы ПЭС, включая односторонние и двунаправленные потоки воды, а также использование турбин, установленных непосредственно в морских приливах с сильными течениями.

#### Преимущества и недостатки.

Преимущества:

- 1) Возобновляемый и предсказуемый источник энергии.
- 2) Отсутствие выбросов парниковых газов при эксплуатации.
- 3) Долгий срок службы оборудования.

Недостатки:

- 1) Высокие затраты на строительство.
- 2) Возможное воздействие на морские экосистемы.
- 3) Ограничено количество подходящих мест строительства.

### 3.4. Атомные электростанции.

Атомная электростанция (АЭС) – это промышленное предприятие, производящее электрическую (а иногда и тепловую) энергию за счёт управляемой цепной ядерной реакции. В основе работы АЭС лежит деление ядер тяжёлых элементов, таких как уран-235 или плутоний-239, при котором выделяется большое количество тепла. Это тепло используется для нагрева воды, превращения её в пар,

который вращает турбину, соединённую с генератором, вырабатывающим электроэнергию.

### **Принцип работы АЭС.**

Работа атомной электростанции включает следующие этапы:

- 1) Ядерная реакция: В реакторе происходит управляемая цепная реакция деления ядер урана или плутония, сопровождающаяся выделением тепла.
- 2) Нагрев теплоносителя: Выделенное тепло передаётся теплоносителю (чаще всего воде), который нагревается до высоких температур.
- 3) Образование пара: Нагретый теплоноситель превращает воду в пар в парогенераторе.
- 4) Генерация электроэнергии: Пар вращает турбину, соединённую с генератором, который преобразует механическую энергию в электрическую.
- 5) Охлаждение: После прохождения через турбину пар конденсируется обратно в воду в конденсаторе и возвращается в цикл.

### **Типы ядерных реакторов.**

Существует несколько типов ядерных реакторов, используемых на АЭС:

- 1) Водо-водяной энергетический реактор (ВВЭР): Использует воду как замедлитель и теплоноситель. Широко распространён в России и других странах.
- 2) Реактор на быстрых нейтронах (БН): Использует быстрые нейтроны для деления ядер. Пример – реакторы БН-600 и БН-800 на Белоярской АЭС.
- 3) Газоохлаждаемый реактор (AGR): Использует углекислый газ в качестве теплоносителя и графит как замедлитель. Применяется в Великобритании.
- 4) Тяжеловодный реактор (CANDU): Использует тяжёлую воду в качестве замедлителя и теплоносителя. Распространён в Канаде.

### **Преимущества и недостатки.**

Преимущества:

- 1) Высокая мощность: АЭС способно производить большое количество электроэнергии на относительно небольшой площади.
- 2) Низкие выбросы парниковых газов: В процессе эксплуатации АЭС практически не выбрасываются  $CO_2$ , что способствует борьбе с изменением климата.
- 3) Низкий расход топлива: Ядерное топливо обладает высокой энергоёмкостью, что снижает потребность в его частой замене.
- 4) Независимость от внешних поставок топлива: Запасы ядерного топлива могут храниться на станции, обеспечивая автономность.

Недостатки:

- 1) Риск ядерных аварий: Хотя современные АЭС оснащены множеством систем безопасности, вероятность серьёзных аварий, таких как Чернобыльская или Фукусима, остаётся.
- 2) Проблемы с утилизацией отходов: Отработанное ядерное топливо требует длительного и безопасного хранения.
- 3) Высокие затраты: Строительство и вывод из эксплуатации АЭС требуют значительных финансовых вложений.

- 4)Длительные сроки строительства: Возведение АЭС может занимать 10 и более лет, что в 3-4 раза дольше, чем строительство угольных или газовых станций сопоставимой мощности.

### **3.5. Термальные насосы. Классификация.**

Термальные насосы — это устройства, которые переносят тепло из одного места в другое, обеспечивая эффективное отопление и охлаждение помещений. Они классифицируются по различным признакам, включая источник тепла, тип теплоносителя и способ привода.

Классификация термальных насосов:

#### **1. По источнику тепла:**

- 1)Воздушные термальные насосы: Извлекают тепло из наружного воздуха. Подходят для умеренного климата и являются наиболее распространёнными благодаря простоте установки и относительно низкой стоимости.
- 2)Геотермальные (грунтовые) термальные насосы: Используют стабильную температуру земли для отопления и охлаждения. Обеспечивают высокую эффективность, особенно в холодных климатических условиях, но требуют значительных первоначальных инвестиций и наличия подходящего участка для установки.
- 3)Водяные термальные насосы: Извлекают тепло из водоёмов или грунтовых вод. Обладают высокой эффективностью, но их установка зависит от наличия водных ресурсов и может требовать специальных разрешений. Прометей Абсорбционные термальные насосы: Работают за счёт тепловой энергии, например, от сжигания газа или отходящего тепла промышленных процессов. Чаще применяются в промышленных или коммерческих установках.

#### **2. По типу теплоносителя:**

- 1)Воздух-воздух: Переносят тепло между наружным и внутренним воздухом. Часто используются в системах кондиционирования и отопления. Воздух-вода: Извлекают тепло из воздуха и передают его воде, используемой в системе отопления или для горячего водоснабжения.
- 2)Вода-вода: Извлекают тепло из воды и передают его воде в системе отопления. Обеспечивают высокую эффективность, особенно при стабильной температуре источника.

#### **3. По способу привода:**

- 1)Компрессионные термальные насосы: Работают на электричество, используя компрессор для циркуляции хладагента. Наиболее распространённый тип для бытового использования.
- 2)Прометей Абсорбционные термальные насосы: Используют тепловую энергию для приведения в действие, что делает их подходящими для использования с отходящим теплом или в условиях ограниченного доступа к электроэнергии.

### **3.6. Принцип работы и области применения термальных насосов.**

Принцип работы термового насоса: Термовой насос работает по тому же принципу, что и холодильник, но наоборот: он переносит тепло от холодного источника (например, из воздуха, воды или грунта) в более тёплое помещение.

Основные этапы работы: Испаритель — хладагент испаряется, поглощая тепло из внешней среды. Компрессор — сжимает пар, увеличивая его температуру. Конденсатор — горячий пар отдаёт тепло в систему отопления и конденсируется. Дросселирующий клапан — снижает давление хладагента, и цикл повторяется. Важно:

даже при низких температурах (например, -15°C) наружный воздух содержит достаточно энергии, чтобы обогреть дом.

Области применения тепловых насосов: Жилые здания Отопление и горячее водоснабжение. Кондиционирование (обратимый цикл). Часто используются в частных домах, особенно с тёплым полом. Коммерческие объекты: Офисы, гостиницы, торговые центры. Поддержание комфортного микроклимата и экономия на коммунальных расходах.

Промышленность: Использование низкопотенциального тепла (например, от сточных вод). Повышение энергоэффективности технологических процессов. Альтернативная энергетика В составе систем с солнечными батареями или ветроустановками. Повышение энергоавтономности зданий.