



**Некоммерческое
акционерное
общество**

**АЛМАТИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ЭНЕРГЕТИКИ И
СВЯЗИ**

Кафедра электроснабжения
промышленных предприятий

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Конспект лекций
для студентов специальности
5В073100 - Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды

Алматы 2015

СОСТАВИТЕЛИ: Р. С. Сырлыбаев., И.В. Казанина. Нетрадиционные источники энергии. Конспект лекций для студентов специальности 5В073100 - Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды. – Алматы: АУЭС, 2015. –36 с.

Двигаясь по ступеням прогресса, человечество потребляет Энергию во всё больших объемах. Согласно прогнозам международных организаций к 2050 году спрос на неё возрастет в 3 раза. Основные энергогенерирующие мощности работают на традиционном природном топливе (газе, нефти, угле). Такой уклад обусловил возникновение двух глобальных проблем:

- запасы ископаемых ресурсов в недрах Планеты не бесконечны;
- современные технологии энергогенерации сопровождаются выбросами и отходами, которые Природа уже не способна воспринять и нейтрализовать.

Поэтому человечество ищет и должно найти новые нетрадиционные источники энергии (НИЭ). Переход на них должен способствовать решению означенных проблем.

Ил. - 14, библиогр. - 12 назв.

Рецензент: ст. преподаватель С.В. Самоделкина

Печатается по плану издания НАО «Алматинский университет энергетики и связи» на 2015 год.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи», 2015 г.

Содержание

Лекция 1. Традиционные и нетрадиционные источники энергии	4
Лекция 2. Использование лучистой энергии Солнца	8
Лекция 3. Использование энергии ветра	12
Лекция 4. Гидроэнергетика. Малая гидроэнергетика	16
Лекция 5. Использование энергии биомассы	20
Лекция 6. Геотермальная энергетика. Использование рассеянной теплоты грунтов, вод и воздуха	24
Лекция 7. Атомная энергетика	28
Лекция 8. Нетрадиционные жидкие и газообразные топлива	32
Список литературы	36

Лекция 1. Традиционные и нетрадиционные источники энергии

Содержание лекции: традиционные и нетрадиционные источники энергии; ограниченность запасов традиционных энергоресурсов, экологические аспекты их применения; необходимость диверсификации энергетики; энергоресурсы первичные и вторичные.

Цель лекции: обрисовать современную энергетику, проблемы и противоречия; вектор развития.

Энергетика - один из столпов мировой экономики и отдельных стран. К традиционным источникам энергии (ТИЭ) на которых зиждется современная энергетика относят природные углеводородные теплоносители, «большую» гидроэнергетику, «атом». Вместе с тем запасы традиционных энергетических ресурсов (нефти, угля, газа, урана и др.) конечны (кроме энергии вод). Также за время «царствования» традиционной энергетики природе, экологии Земли нанесен колоссальный ущерб, ситуация продолжает усугубляться. Сейчас альтернативой сжиганию органического топлива считается атомная энергетика. Во Франции более 70 % потребляемой электроэнергии производится на АЭС, в Бельгии – около 60 % (в России – 15 %). Ведутся работы, пока безрезультатные, по осуществлению управляемого термоядерного синтеза. Для Казахстана атомная энергетика считается нетрадиционной, т.к. в нашем государстве нет АЭС, однако они скоро появятся, согласно решениям на высшем уровне.

Ядерное топливо, применяемое в широко распространенных реакторах на тепловых нейтронах, – это уран. Он тоже исчерпаем. Кроме этого, не до конца решена проблема безопасности ядерной энергетики (вспомним Фукусиму), а также хранения и переработки радиоактивного отработавшего ядерного топлива.

Поэтому страны в глобальном масштабе для обеспечения устойчивого развития своих экономик ищут замену традиционным источникам энергии.

Нетрадиционные (альтернативные) источники энергии (НИЭ) – это:

- возобновляемые (неистощаемые) источники энергии (ВИЭ), к ним относятся - солнечная, ветровая, геотермальная энергии; энергия морских и океанских течений, волн, приливов, температурного градиента морской воды, текущей и падающей воды рек и каналов, низкопотенциального тепла земли, воздуха, воды; кроме того это энергия биомассы животного и растительного происхождения, торф (при условии их умеренного потребления с воспроизводством) [1];

- и до сих пор ограничено применяющиеся энергоресурсы: - новые виды жидкого и газообразного топлива, представленные синтетической нефтью на основе угля, горючих сланцев и битуминозных пород (дополнительные углеводородные ресурсы); твердые бытовые и прочие отходы; попутный газ (при разработке нефтяных месторождений), а также спирты и топливо для транспортных средств, добываемое из биомассы, и водород.

Человечеству нужна энергия, причем потребность в ней увеличивается с каждым годом. Всё возрастающая доля энергопотребностей может быть удовлетворена за счет других источников энергии – нетрадиционных. Это потоки энергии постоянно существующие или периодически возникающие в окружающей среде. Нетрадиционная возобновляемая энергия не является следствием целенаправленной деятельности человека (в этом ее отличительный признак от традиционных ресурсов которые всё труднее людям достаются), она подарена Природой.

Начиная с 90-х годов по инициативе ЮНЕСКО и при поддержке государств-членов ООН и заинтересованных организаций проводятся мероприятия по продвижению идеи широкого использования НИЭ.

Считается, что первая треть века пройдет под знаком традиционной энергетики с постепенным переходом к нетрадиционным энергоресурсам.

К первичным энергоресурсам, т.е. находящимся в начале «энергетической цепочки», принято относить традиционные: нефть, газ, уголь, атомную и гидроэнергию, а также нетрадиционные возобновляемые энергоресурсы (НВИЭ). Последующие их переделы будут вторичными энергоресурсами. Как правило, первичные энергоресурсы конвертируются в электроэнергию, и она (вторичный энергоресурс) имеет широчайшее разнообразнейшее применение.

Первичные энергоресурсы преобразуются в электроэнергию на электростанциях.

Тепловая электростанция (ТЭС) – вырабатывает электрическую энергию в результате преобразования тепловой энергии, выделяющейся при сжигании органического топлива. Около 85% всей электроэнергии Казахстана производится на ТЭС и только менее 15% электроэнергии приходится на другие источники, в том числе НИЭ [2]. Большинство казахстанских городов снабжаются именно ТЭС, часто строятся и ТЭЦ – теплоэлектроцентрали, производящие не только электроэнергию, но и тепло в виде горячей воды. На тепловых электростанциях преобразуется химическая энергия топлива сначала в тепловую, затем в механическую, и в конце – в электрическую.

Гидроэлектрическая станция, гидроэлектростанция (ГЭС) – комплекс сооружений и оборудования, посредством которых энергия потока воды преобразуется в электрическую энергию. ГЭС состоит из последовательной цепи гидротехнических сооружений, обеспечивающих необходимую концентрацию потока воды и создание напора, и энергетического оборудования, преобразующего механическую энергию движущейся под напором воды в энергию вращения ротора турбины, которая, в свою очередь, преобразуется в электрическую.

Важнейшая особенность гидроэнергетических ресурсов по сравнению с топливно - энергетическими ресурсами – их непрерывная возобновляемость.

Крупные и гигантские ГЭС при всей их рентабельности наносят значительный ущерб природе: затопляются большие площади, страдает

рыбное хозяйство и т.д. Поэтому сейчас склоняются к строительству мини- и микроГЭС.

Атомная электростанция (АЭС). Генератором энергии на АЭС является атомный реактор. Тепло, которое выделяется в реакторе в результате цепной реакции деления ядер некоторых тяжёлых элементов, затем так же, как и на обычных тепловых электростанциях (ТЭС), преобразуется в электроэнергию. В отличие от ТЭС, работающих на органическом топливе, АЭС работает на ядерном горючем (в основе ^{233}U , ^{235}U , ^{239}Pu). При делении 1 г изотопов урана или плутония высвобождается 22500 кВт·ч, что эквивалентно энергии, содержащейся в 2800 кг условного топлива (теплота сгорания его составляет 28308 кДж/кг).

Топливо-энергетический баланс (ТЭБ) Казахстана. Сейчас в структуре топливного баланса электростанций РК доля угля составляет около 75%, газа - 23%, мазута -2%. Около 70 % электроэнергии в РК вырабатывается из угля, 14,6% - из гидроресурсов, 10,6% - из газа и 4,9% - из нефти, из других (НИЭ) – менее 1%. Суммарная установленная мощность всех электростанций Казахстана составляет 18992,7 МВт [1].

Потребители электроэнергии: - промышленность - 68,7%; домашнее хозяйство - 9,3%, сектор услуг - 8%, транспорт - 15,6%, сельское хозяйство - 1,2% (всего! в этом объяснение низкой производительности труда в отрасли).

Как видно, доля НИЭ в ТЭБ очень мала; также проблемой, которая касается всех регионов Казахстана, является энергоснабжение отдаленных сельских потребителей. Огромная территория Казахстана и низкая плотность населения в сельской местности требуют наличия сельских линий электропередач, протяженностью около 360 тыс. км. Содержание сельских электрических сетей большой протяженности, равно как и значительные потери (25-50%) при передаче электроэнергии в значительной степени повышают стоимость электроэнергии, что делает энергоснабжение отдаленных небольших потребителей нерентабельным [2]. Альтернативой для энергоснабжения отдаленных потребителей может служить именно использование нетрадиционной неисчерпаемой энергии. Кроме того, применение НИЭ дает возможность комплексно решать задачи:

- снижения (существенного) отрицательного воздействия традиционной энергетики на окружающую среду;

- снижения, в известном масштабе, использования органического топлива в низкопотенциальных тепловых процессах и сохранение его как сырья для химической промышленности.

Таким образом, важнейшим аспектом энергетической политики стало создание экологически чистых энергетических установок на традиционных видах топлива, а также разработка и проведение мер по энергозамещению и ресурсосбережению. В РК разработана Государственная научно-техническая программа «Экологически чистая энергетика», включающая набор проектов решения этой проблемы.

Таблица 1.1 отображает пути использования первичных нетрадиционных энергоресурсов и получения вторичной энергии.

Таблица 1.1 - Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии

Источники первичной энергии	Естественное преобразование энергии	Техническое преобразование энергии	Вторичная потребляемая энергия
Земля	Геотермальное тепло Земли	Геотермальная электростанция	Электричество
Солнце	Испарение атмосферных осадков	Гидроэлектростанции (напорные и свободнопоточные)	
	Движение атмосферного воздуха	Ветроэнергетические установки	
	Морские течения	Морские электростанции	
	Движение волн	Волновые электростанции	
	Таяние льдов	Ледниковые электростанции	
	Фотосинтез	Электростанции на биомассе Фотоэлектричество	
Планеты	Приливы и отливы	Приливные электростанции	

НВИЭ следует рассматривать на достаточно продолжительный период (по крайней мере на первую треть XXI в.) не как альтернативу традиционной энергетике, а как дополнительный источник энергии, решающий важные экологические и социально-экономические задачи [1].

Потенциальные возможности НВИЭ практически не ограничены. Однако несовершенство техники и технологий, отсутствие необходимых конструкционных и других материалов пока не позволяет широко вовлекать НВИЭ в энергетический баланс. Главная трудность в освоении нетрадиционных возобновляемых энергоресурсов – их малая плотность и непостоянство, например, ветров и Солнца.

За последние годы в мире особенно заметен научно-технический прогресс в создании установок по использованию НВИЭ и в первую очередь: фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии, ветроэнергетических агрегатов и систем по переработке биомассы.

Лекция 2. Использование лучистой энергии Солнца

Содержание лекции: Солнце - источник всего живого на Земле; классификация гелиосистем, их устройство и функционирование.

Цель: показать роль Солнца для нашей планеты; эксплуатация гелиосистем.

Реакция термоядерного синтеза легких элементов в глубинах Солнца порождает колоссальную энергию солнечного излучения.

Количество солнечной лучистой энергии, приходящей за год к атмосфере Земли, составляет громадную величину $1,57 \times 10^{18}$ кВт·ч. Суммарная мощность излучения, поступающего к земной атмосфере, равна примерно 180 млн. ГВт (общая мощность электростанций Казахстана - 19, а России – 215 ГВт [3]). Лучистая энергия Солнца используется биосферой со времен появления жизни на планете. Из поступающей лучистой энергии 45% приходится на видимый свет (длины волн 0,4...0,75 мкм). 45% - на инфракрасное (тепловое) излучение, 10% - на ультрафиолетовые лучи. В последнее время интерес к проблеме использования солнечной энергии резко возрос [4].

Солнечная энергия на Земле используется с помощью солнечных энергетических установок, которые можно классифицировать по следующим признакам:

- по виду преобразования солнечной энергии в другие виды энергии – электричество (фотовольтаика) или тепло;
- по концентрированию энергии – с концентраторами и без концентраторов;
- по технической сложности – простые (нагрев воды, сушилки, нагревательные печи, опреснители и т. д.) и сложные.

Простейшая конструкция солнечного элемента, напрямую преобразующего свет в электричество, на основе монокристаллического кремния показана на рисунке 2.1. На малой глубине от поверхности кремниевой пластины *p*-типа сформирован *p-n*-переход с тонким металлическим контактом. На тыльную сторону пластины нанесен сплошной металлический контакт.

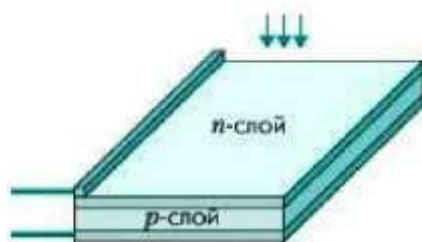
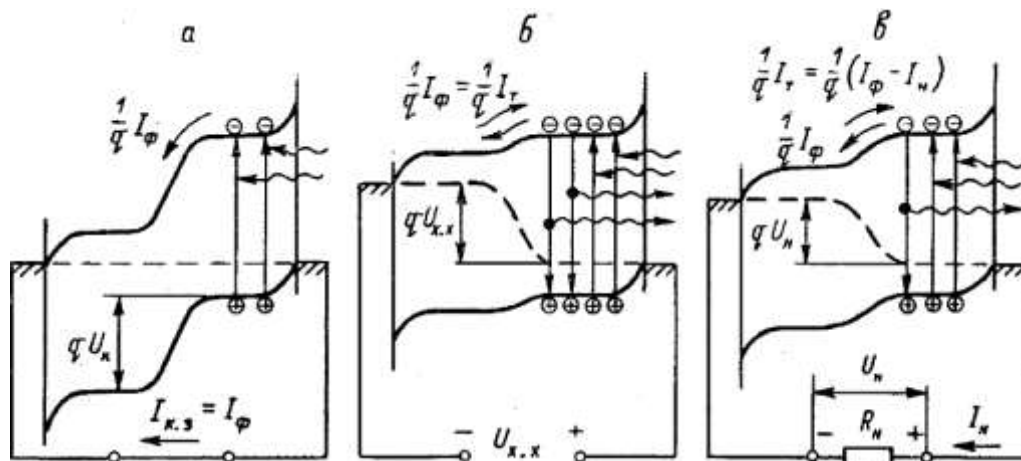


Рисунок 2.1- Конструкция простейшего солнечного элемента

На границе p -области происходит рекомбинация подошедших сюда электронов с фотогенерированными «дырками» (рисунок 2.2).



а - в режиме короткого замыкания; б - холостого хода; в - включения на сопротивление нагрузки.

Рисунок. 2.2-Зонные энергетические диаграммы p - n перехода при воздействии лучистой энергии

При разомкнутой внешней цепи p - n -перехода (рисунок. 2.2,б) фотоэлектроны, попадая в n -область, накапливаются в ней и заряжают n -область отрицательно. Остающиеся в p -области избыточные дырки заряжают p -область положительно. Возникающая таким образом разность потенциалов является напряжением холостого хода $U_{хх}$. Полярность $U_{хх}$ соответствует прямому смещению p - n перехода.

Поток генерированных светом носителей образует фототок I_{ϕ} . Величина I_{ϕ} равна числу фотогенерированных носителей, прошедших через p - n -переход в единицу времени:

$$I_{\phi} = q \frac{P_u}{h\nu}, \quad (2.1)$$

где q - заряд электрона;

P_u - мощность поглощенного монохроматического излучения.

Сложные солнечные энергетические установки можно разделить на два подвида.

Первый базируется в основном на системе преобразования солнечного излучения в тепло, которое далее чаще всего используется в обычных схемах тепловых электростанций. К таким установкам относятся башенные солнечные электрические станции, солнечные пруды, солнечные энергетические установки с параболоцилиндрическими концентраторами. Сюда же относятся и солнечные коллекторы, в которых происходит нагрев воды с помощью солнечного излучения.

Второй подвид солнечных энергетических установок базируется на прямом преобразовании солнечного излучения в электроэнергию с помощью солнечных фотоэлектрических установок.

В настоящее время наибольшее распространение получили три типа солнечных тепловых электростанций (СТЭС) [5]:

- башенного типа (БТ) с центральным приемником — парогенератором, на теплоприемной поверхности которого концентрируется солнечное излучение от плоских зеркал - гелиостатов;

- модульного типа (МТ), у которых в фокусе параболоцилиндрических концентраторов (ПЦК) размещены вакуумированные приемники — трубы с теплоносителем (парогенераторы);

- комбинированные (КТ); это солнечно-тепловые СТЭС, в которых чисто солнечная ЭС того или иного типа (БТ или МТ) объединяется с теплоэлектростанцией.

Все современные СТЭС независимо от их типа имеют следующие основные элементы: концентратор, теплоприемник, систему транспорта и аккумулирования теплоты, систему преобразования теплоты в работу. В СТЭС башенного типа теплоприемник-парогенератор кругового облучения или плоскостного типа расположен на вершине башни. Вокруг башни (теплоприемник кругового облучения) или с ее северной стороны (теплоприемник плоскостного 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 [6].

Дальнейшее преобразование теплоты в электроэнергию осуществляется по обычной схеме с циклом Ренкина. Пример тепловой схемы СТЭС башенного типа (10 МВт, Барстоу, США) показан на рисунке 2.3.

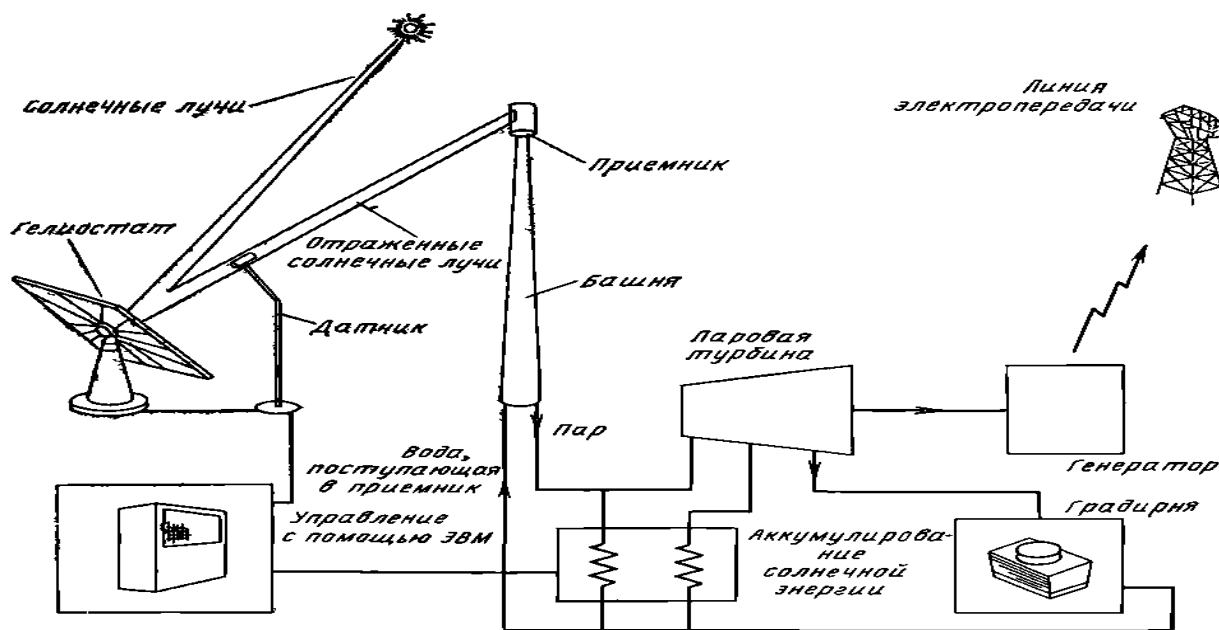


Рисунок 2.3 - Схема СТЭС башенного типа

С целью горячего теплоснабжения во всём мире широко применяются коллекторные системы. Коллектор (панель) - важнейший элемент активной системы солнечного теплоснабжения (и/или кондиционирования воздуха). Обычно это — плоская металлическая теплопоглощающая конструкция с теплообменником и одним или более устройствами, предназначенными для уменьшения тепловых потерь. Схематически коллектор изображен на рисунке 2.4.

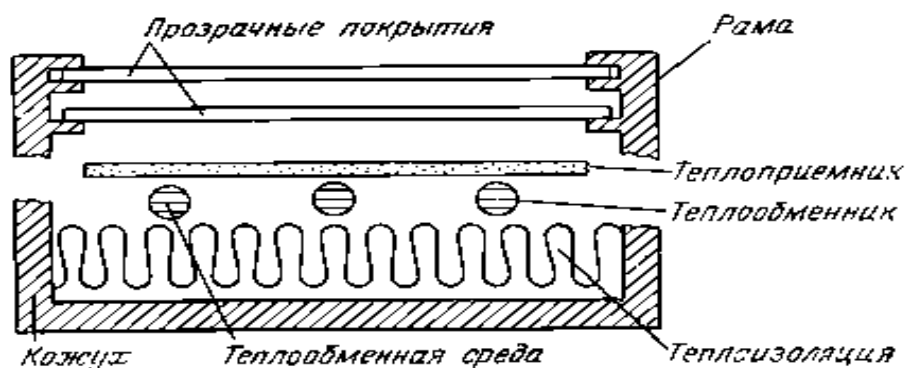


Рисунок 2.4 - Разрез плоской солнечной панели

Применяются медные, стальные и алюминиевые панели. Поверхность коллектора должна поглощать по меньшей мере 90 % падающих на нее солнечных лучей. Напомним, что эффективность улавливания солнечных лучей зависит от угла их падения на поверхность панели.

В последнее время проводились эксперименты по использованию черных пластиковых панелей с полостями для обеспечения теплоизоляции и протока воды. По имеющимся данным, эти панели улавливают солнечное излучение не хуже металлических, а стоят гораздо дешевле.

Для уменьшения тепловых потерь, вызванных излучением и конвекцией с поверхности панели, необходимо одно или несколько прозрачных покрытий, как правило, стеклянных. Суммарное количество теплоты, поступающей от панели, можно выразить формулой:

$$Q_a = \tau \alpha \Phi_0 - U \Delta T, \quad (2.2)$$

где τ — коэффициент пропускания солнечного света через прозрачные покрытия;

α — поглощательная способность панели, осредненная по всем углам падения солнечных лучей за соответствующий период времени;

Φ_0 — приходящая на панель солнечная радиация;

$U \Delta T$ — сумма всех тепловых потерь.

Коэффициент U можно считать фактически коэффициентом теплопередачи, а ΔT представляет собой разность температур панели и окружающей среды.

Лекция 3. Использование энергии ветра

Содержание лекции: основные принципы работы и разновидности существующих ветроэлектростанций.

Цель: иметь представление о ветропотенциале Казахстана.

Ветры - это течения атмосферного воздуха, порождаемые неравномерным нагревом поверхности Земли солнечным излучением. Энергия ветра – это преобразованная энергия солнечного излучения, и пока светит Солнце, будут дуть и ветры. Таким образом, ветер – это тоже возобновляемый источник энергии. Ветроэнергетика составляет существенную часть энергетического комплекса более чем в 80 странах мира. Ежегодный прирост установленной мощности ветроэнергетических агрегатов составляет 23 - 30%. Накоплен большой опыт эксплуатации ветроагрегатов малой мощности при электроснабжении автономных объектов и агрегатов мощностью 600 - 1500 кВт, работающих в энергосистемах. Ветроэнергетика с ее современным техническим оснащением является вполне сложившимся направлением энергетики [7].

Производство электроэнергии на ВЭУ напрямую зависит от силы ветра. Они эффективно работают при скоростях ветра от 5 до 25 м/с (от 3 до 9 баллов по шкале Бофорта). В штилевую погоду и при слабых ветрах, при сильных штормах недовыработка энергии должна компенсироваться резервными мощностями традиционных электростанций. На основе многолетних метеонаблюдений под строительство ВЭУ выбирают регионы с устойчивыми и достаточно сильными ветрами. Сила ветра возрастает с высотой, поэтому ВЭУ размещают на высоких башнях.

Так как скорость ветра непостоянна, а мощность очень сильно зависит от скорости, то выбор оптимальной конструкции ветроколеса во многом определяется требованиями потребителя энергии.

Принцип действия всех ветродвигателей один: под напором ветра вращается ветроколесо с лопастями, передавая крутящий момент через систему передач валу генератора, вырабатывающего электроэнергию, водяному насосу. Чем больше диаметр ветроколеса, тем больший воздушный поток оно захватывает и тем больше энергии вырабатывает агрегат.

Важнейший элемент ветроустановок - система регулирования мощности, которая определяет конструктивные особенности ВЭУ и систему ее автоматики. Как известно, существуют два принципиально разных способа. Первый – регулирование мощности путем изменения угла между лопастью и набегающим потоком воздуха, так называемым «углом атаки», т.е. «pitch (pitch) – регулирование». Эффективность и надежность этой системы определяются надежностью гидравлической и механической систем поворота лопастей. В целом существенно усложняется вся машина.

Второй способ – это, когда профиль лопасти неодинаков по всей ее длине. Тогда при одной и той же скорости ветра разные ее участки работают с

разной эффективностью. При определенной для каждого участка скорости ветра наступает срыв потока.

В целом профиль лопасти выбирается так, чтобы при скорости ветра, выше расчетной, мощность была бы примерно одинаковой и равной номинальной. Это так называемое «столл (stall) – регулирование».

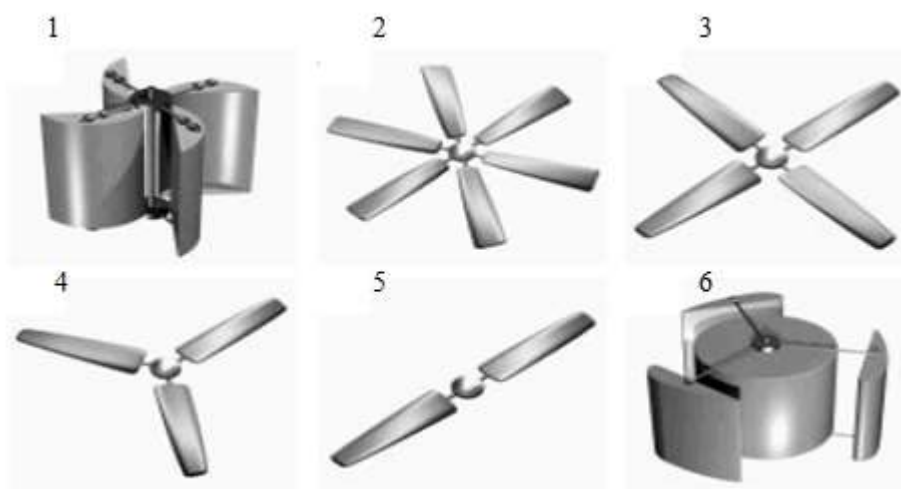
Существующие системы ветродвигателей по схеме устройства ветроколеса и его положению в потоке ветра разделяются на три класса.

Первый класс включает ветродвигатели, у которых ветровое колесо располагается в вертикальной плоскости; при этом плоскость вращения перпендикулярна направлению ветра, и, следовательно, ось ветроколеса параллельна потоку. Такие ветродвигатели называются крыльчатými.

Ко второму классу относятся системы ветродвигателей с вертикальной осью вращения ветрового колеса. По конструктивной схеме они разбиваются на группы:

- карусельные, у которых нерабочие лопасти либо прикрываются ширмой, либо располагаются ребром против ветра (рисунок 3.1);
- роторные ветродвигатели системы Савониуса.

К третьему классу относятся ветродвигатели, работающие по принципу водяного мельничного колеса и называемые барабанными. У этих ветродвигателей ось вращения горизонтальна и перпендикулярна направлению ветра.



1 – карусельный; 2–3 многолопастные; 4–5 – малолопастные; 6 – ортогональный.

Рисунок 3.1 - Типы ветродвигателей

Основные недостатки карусельных и барабанных ветродвигателей вытекают из самого принципа расположения рабочих поверхностей ветроколеса в потоке ветра, а именно:

1) Так как рабочие лопасти колеса перемещаются в направлении воздушного потока, ветровая нагрузка действует не одновременно на все лопасти, а поочередно. В результате, каждая лопасть испытывает прерывную нагрузку, коэффициент использования энергии ветра получается весьма низким и не превышает 10 %, что установлено экспериментальными исследованиями.

2) Движение поверхностей ветроколеса в направлении ветра не позволяет развить большие обороты, так как поверхности не могут двигаться быстрее ветра.

3) Размеры используемой части воздушного потока (ометаемая поверхность) малы по сравнению с размерами самого колеса, что значительно увеличивает его вес, отнесённый к единице установленной мощности ветродвигателя.

Крыльчатые ветродвигатели свободны от перечисленных выше недостатков карусельных и барабанных ветродвигателей. Хорошие аэродинамические качества крыльчатых ветродвигателей, конструктивная возможность изготавливать их на большую мощность, относительно лёгкий вес на единицу мощности – основные преимущества ветродвигателей этого класса.

Ортогональные ветроагрегаты, как полагают специалисты, перспективны для большой энергетики. Сегодня перед конструкторами ортогональных конструкций стоят определенные трудности. Среди них, в частности, проблема запуска. Так же обстоит дело и в случае с ортогональной установкой. Сначала к ней нужно подвести энергию – раскрутить и довести до определенных аэродинамических параметров, а уже потом она сама перейдет из режима двигателя в режим генератора.

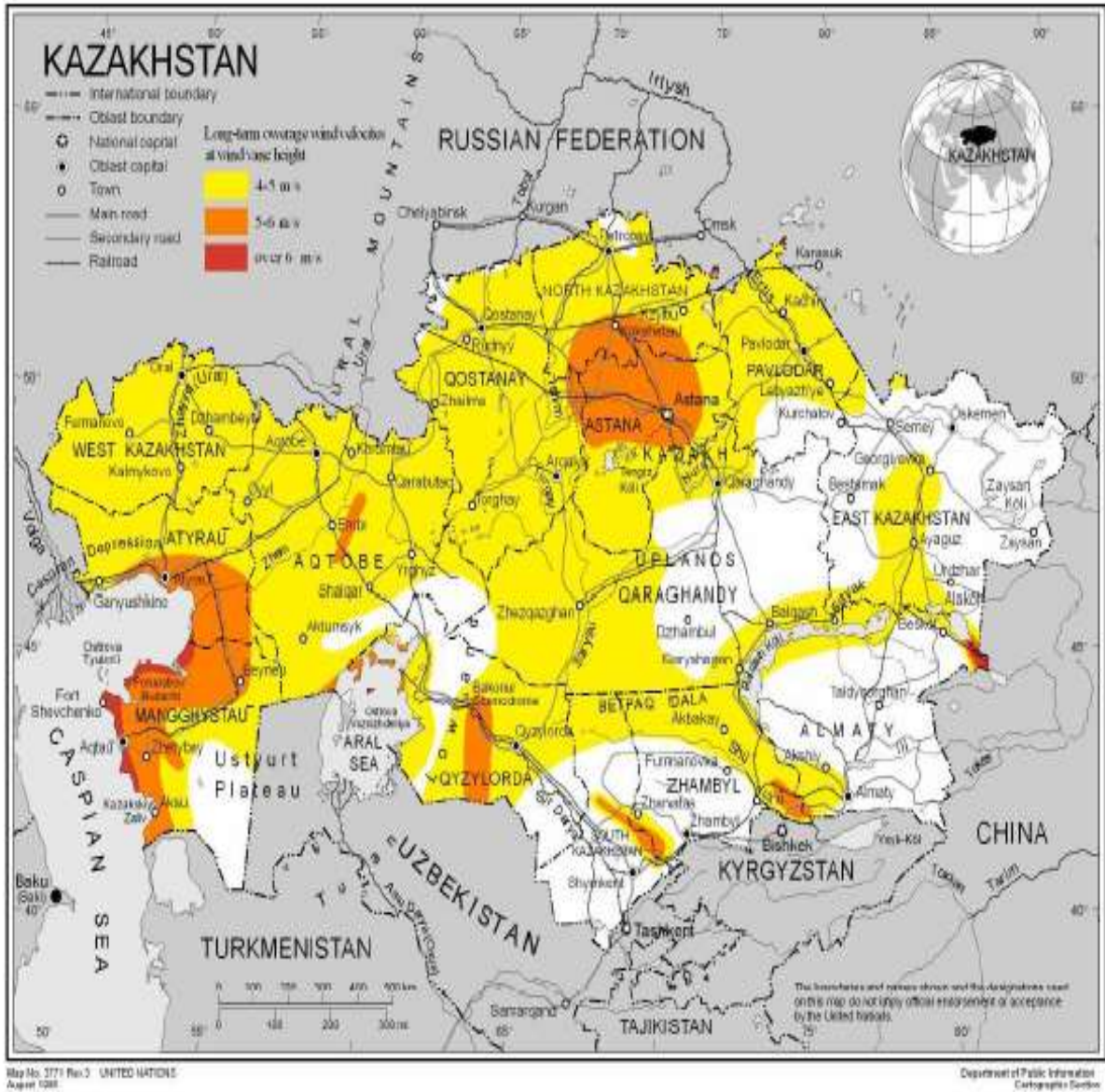
Казахстан исключительно богат ветровыми ресурсами. Порядка 10% территории Казахстана имеет среднегодовую скорость ветра 6 м/с и выше, 5 м/с среднегодовая скорость ветра на большей площади страны. Это предопределяет хорошие перспективы для развития ветроэнергетики.

Ветровой потенциал энергии Казахстана во много раз превышает современное потребление электроэнергии. По некоторым оценкам он составляет около 1820 млрд. кВт/ч в год и распространен на значительной территории страны.

Ветровой атлас Казахстана представлен на рисунке 3.2. На карте ярким цветом выделены зоны высокой ветровой активности – богатые месторождения гигантских объемов энергии.

Казахстан относится к III и IV районам по скоростным показателям ветра, имеет более десяти мест со средней годовой скоростью ветра 8–10 м/с, являющихся богатыми «месторождениями» энергии.

При обосновании возможности строительства крупных ВЭС в том или ином районе используются детальные метеорологические данные, с помощью которых оценивается возможное годовое производство электроэнергии ветровыми турбинами.



Wind atlas of Kazakhstan

Рисунок 3.2 - Ветровой атлас Казахстана

Использование энергии ветра как отрасли энергетики в Казахстане отсутствует. Обширная территория Казахстана с низкой плотностью населения, где более 5 тысяч посёлков и большое количество крестьянских хозяйств, зимовок скота не обеспечены электроэнергией. Потери электроэнергии в сетях при питании мелких удалённых потребителей от центральных энергосистем достигают 20–30%. В связи с увеличением спроса на электроэнергию и генерирующую мощность, тарифы будут продолжать увеличиваться и могут составить 4,8-6 тенге/кВт/ч для удалённых регионов, что могло бы сделать использование ветроэнергетики коммерчески привлекательным уже сейчас.

Лекция 4. Гидроэнергетика. Малая гидроэнергетика

Содержание лекции: энергетический потенциал водного потока; ГЭС - устройство и работа; гидротурбины, экология гидроэнергетики, малые ГЭС.

Цель: осветить технические средства преобразования энергии водного потока; казахстанская «малая» гидроэнергетика - вектор развития.

Термин «гидроэнергетика» определяет область энергетики, использующую энергию текущей или падающей воды рек, каналов, искусственных гидросооружений. Эта энергия преобразуется чаще в электрическую, очень редко - в механическую (помимо этого, человечество умеет извлекать энергию из океанских течений, волн, приливов/отливов, рассеянной теплоты вод).

Стоимость вырабатываемой на гидроэлектростанциях электроэнергии ниже выдаваемой ТЭС. Вырабатываемую ГЭС энергию очень легко регулировать, что очень важно при их использовании в энергосистемах с большими колебаниями нагрузки.

Компоненты ГЭС. Для превращения речного стока в гидроэнергетические ресурсы и электроэнергию необходимы [2].

- водохранилище, образующееся при перегораживании русла реки плотиной, создающей напор воды (верхний бьеф) перед турбиной;
- деривация – каналы и трубопроводы, подающие воду в турбины;
- турбины, преобразующие, поступательное движение воды во вращательное движение ротора, отработавшая вода сливается (нижний бьеф);
- электрогенераторы, вращаемые ротором турбины.

Водоохранилище отличается от естественного водоема – озера - тем, что оно сооружается на реке специально для регулирования речного стока и имеет переменный уровень, зависящий от количества поступающей воды и пропуска ее через турбины ГЭС.

Небольшие гидроэлектростанции, расположенные в стороне от основного русла реки и соединенные с ней подводящим и отводящим каналами (так называемые деривационные гидростанции), имеют вместо плотин невысокую подпорную стенку, то есть не требуют создания водохранилищ. Такие ГЭС, как правило, сооружаются в горной местности.

Вода, проходящая через турбины ГЭС, отдает им кинетическую энергию, в которую превращается потенциальная энергия, обуславливаемая напором $H, м$. Пусть $Q, м^3/с$ есть объем воды, падающей на лопасть в единицу времени; $\rho, кг/м^3$ — плотность воды; тогда масса падающей воды равна $\rho Q, кг/с$ и отдаваемая ею мощность равна:

$$P_0 = \rho g H, \quad (4.1)$$

где g — ускорение силы тяжести, $м/с^2$.

Гидротурбины. Они бывают двух типов: *реактивные* - рабочее колесо которых полностью погружено в воду и вращается в основном за счет разности давлений до и за колесом; *активные* - рабочее колесо их вращается в воздухе натекающим на его лопасти потоком воды, т. е. кинетической энергией этого потока. Коэффициент полезного действия гидротурбин достигает 90% [3].

Реактивная гидротурбина может работать при реверсировании генератора как насос, закачивая воду обратно в водохранилище (технология гидроаккумулирующей станции- ГАЭС, в пик нагрузок станция срабатывает запас воды, при провалах- закачивает воду с нижнего бьефа на верхний бьеф энергию из сети) с коэффициентом полезного действия около 80%.

В классе активных гидротурбин наибольшее распространение получили, так называемые, ковшовые гидротурбины.

Гидротурбины условно подразделяют на малые, средние и крупные:

- к малым относятся гидротурбины (гидроагрегаты), мощность которых не превышает 1МВт;
- к средним относятся гидротурбины мощностью от 1МВт до 15 МВт;
- крупными называются гидротурбины, которые имеют мощность большую чем 15МВт.

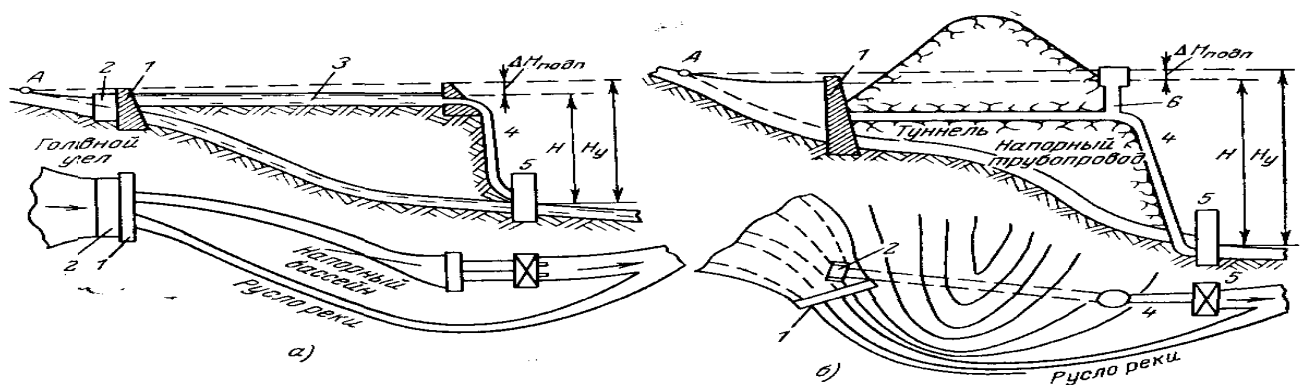
Существуют понятия «большая» и «малая» гидроэнергетика. На больших ГЭС устанавливается несколько крупных агрегатов общей установленной мощностью сотни мегаватт. Надо сказать, что время гигантомании в гидроэнергетике ушло.

Наиболее сложными проблемами большой гидроэнергетики являются: ущерб, наносимый окружающей среде (вывод больших земельных площадей из хозяйственного оборота, страдает рыбное хозяйство, изменяется климат региона и т.д.); заиливание плотин; коррозия гидротурбин (поэтому, например, не прекращаются споры о достоинствах и недостатках Асуанской ГЭС в Египте).

В настоящее время вектор развития гидроэнергетики Казахстана повернул в сторону развития малой гидроэнергетики в южных и юго-восточных областях, богатых горными быстрыми реками. Сейчас в РК в широкой номенклатуре выпускаются гидротурбогенераторы для микро- и миниГЭС мощностью от 1 кВт. Во многих случаях автономное энергообеспечение выгоднее, удобнее и надежнее.

Малые ГЭС. Вода к ним подаётся, как правило, через деривацию. Такие ГЭС делятся на два типа: с безнапорной и с напорной деривацией. Сооружения деривационных ГЭС располагаются на двух бьефах – верхнем – головной водозабор и нижнем – стационарном, соединенных между собой трубопроводами и/или каналами.

Безнапорная деривация выполняется в виде открытого канала. У стационарного узла канал, переходит в напорный бассейн; напорная деривация состоит из закрытых туннелей и трубопроводов (рисунок 4.1).

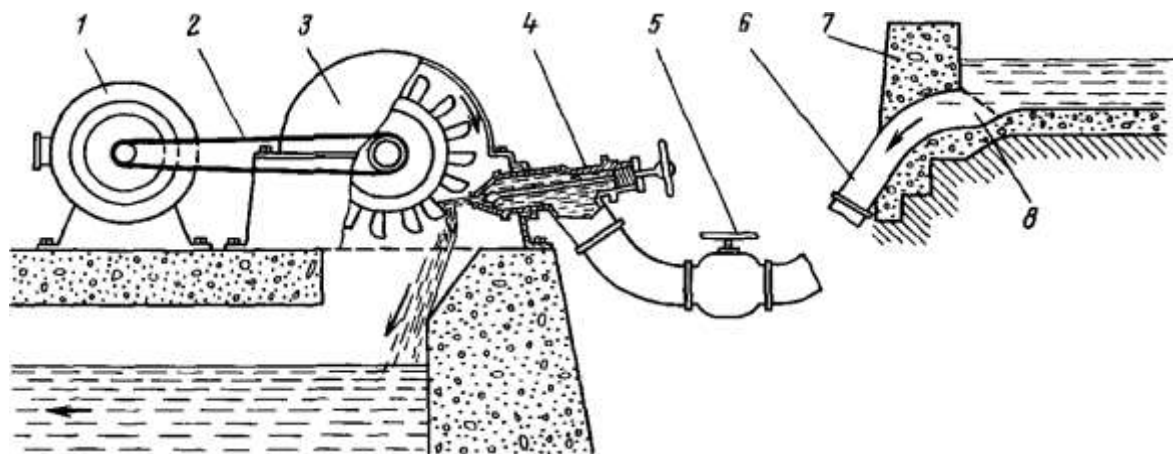


1 – плотина; 2 – водоприемник; 3- деривация; 4 – турбинные трубопроводы; 5 – здание ГЭС; 6 - уравнительный резервуар.

а – с безнапорной деривацией; б – с напорной деривацией.

Рисунок 4.1 - Деривационные схемы

На малых ГЭС большое применение нашли активные ковшовые гидротурбины. Схема работы такой турбины (Алматинской ГЭС-1) приведена на рисунке 4.2. Вода с верхнего бьефа 8 подводится трубопроводом 6 к рабочему колесу 3 с ковшами. Ковши при вращении колеса 3 «принимают» струю воды. Внутри сопла 4 расположена регулирующая игла для установки мощности струи.



1 - электрогенератор, 2 - приводной ремень; 3 - гидротурбина; 4 - сопло; 5 - вентиль, 6 - деривация; 7 - подпорная стенка; 8 - верхний бьеф, решетка.

Рисунок 4.2 - Схема гидроэлектростанции с ковшовой гидротурбиной (Алматинская ГЭС-1)

Ковшовые турбины используются в диапазоне напора 300 – 1770 м с диаметром рабочего колеса до 7,5 м. Известна турбина мощностью 300 МВт. Для комплектации ГЭС малой мощности применяются также активные

двукратные турбины. Они хороши своей простотой (рисунок 3). Вода дважды попадает на рабочий орган (отсюда название). Такие турбины мощностью от 1 до 250 кВт применяют при напорах от 2 до 100 м.

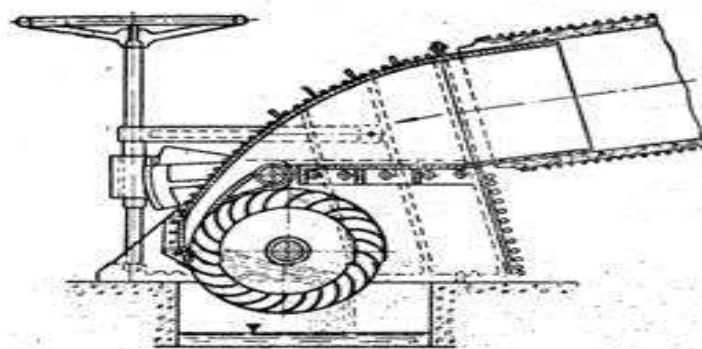


Рисунок 4.3 - Двукратная турбина

Полный КПД гидроэнергетической установки. Каждый из отдельно взятых процессов превращения потенциальной мощности водотока P_0 в электрическую мощность P_e , происходящих в гидроэнергетических установках, достаточно эффективен, однако в целом потери энергии оказываются значительными. Отношение P_e/P_0 запишем в виде [3]:

$$\frac{P_e}{P_0} = \eta_n \eta_t \eta_g,$$

где η_n – коэффициент использования напора, $\eta_n = 0,95 \dots 0,97$;

η_t – КПД турбины, $\eta_t = 0,87 \dots 0,9$;

η_g – КПД генератора, $\eta_g = 0,95 \dots 0,97$.

Кроме того, потери неизбежны и при распределении и потреблении электроэнергии.

Гидравлический таран. В основном современные гидроэнергетические установки используются для производства электроэнергии, хотя имеются установки и другого назначения, например, гидравлический таран. Он успешно заменяет электронасосы в неэлектрифицированных районах для подачи воды из равнинных рек. Гидравлический таран, используя кинетическую энергию потока воды, позволяет поднимать ее на значительную высоту. Например, поток с напором $H=2$ м способен поднять 10% своего расхода на высоту $h=12$ м. Это очень удобный способ заполнения, например, емкостей водонапорных башен в сельской местности. Масса воды M из реки подается вниз по наклонному трубопроводу, при этом ее потенциальная энергия MgH превращается в кинетическую, за счет неё подается вода в бак. КПД гидротаранов составляет примерно 60%. Он с несколько меньшим КПД может работать и от водопровода.

Лекция 5. Использование энергии биомассы

Содержание лекции: биомасса; возобновляемые ресурсы биомассы; использование энергии биомассы; технологии биомассы.

Цель: рассмотреть понятие «биомасса», проанализировать биомассу как энергетический ресурс, описать биотехнологии.

Биомассой называют всю «живую» материю на Планете. Биомасса-продукт фотосинтеза, и постоянно воссоздаётся сиянием Солнца. Это один из наиболее популярных и универсальных ресурсов на Земле. Биомасса является не только источником пищи, но и энергии, стройматериалов, бумаги, тканей и многого другого. Она используется для энергетических целей (получение тепла) с момента обретения человеком огня. Так было (и есть) тысячелетиями. В Европе до середины XX века кухонные плиты топили топливными брикетами. Сегодня топливо из биомассы может использоваться для различных целей: обогрев жилищ, производство электроэнергии и топлива для автомобилей.

Биомасса является эффективным непрерывно возобновляемым источником энергии. Ежегодно на Земле, посредством фотосинтеза, образуется около 120 млрд. тонн сухого органического вещества, что эквивалентно более 40 млрд. тонн нефти. На современном технологическом уровне ресурс биомассы может перекрыть 6-10% энергетических потребностей промышленно развитых стран [7].

Запасы биомассы в различных видах есть почти во всех регионах мира, и почти в каждом из них может быть налажена ее переработка в энергию и топливо.

Все виды ископаемого топлива, которые потребляет человечество, - уголь, нефть, природный газ, сланцы - представляют собой древнюю биомассу. В течение миллионов лет остатки растений превращались в топливо. Оно невозобновляемо.

Другое важное различие между биомассой и ископаемыми видами топлива определяется их воздействием на окружающую среду. Продукты разложения растений попадают в почву и атмосферу. ископаемое же топливо «заперто» глубоко под землей и воздействует на атмосферу будучи сожженным или переработанным.

Использование биомассы может проводиться в следующих направлениях:

- прямое сжигание;
- производство биогаза из сельскохозяйственных и бытовых отходов;
- производство этанола и метанола в качестве моторного топлива.

О производстве синтетического моторного топлива более подробно рассказано в лекции 8.

При рассмотрении энергетического потенциала к биомассе относят все формы биологических материалов и отходов, которые могут быть

использованы для получения энергии. Некоторые виды биомассы имеют теплотворные характеристики схожие с традиционными топливами.

Биомасса как источник энергии имеет такие преимущества:

- истощение запасов традиционных видов топлива и постоянный рост цен на них делает биомассу все более привлекательным видом топлива;
- CO_2 - нейтральность возобновляемых видов топлива, что становится все более актуальным в связи с глобальным изменением климата;
- биомасса является локальным источником энергии, который может использоваться для организации местного энергоснабжения;
- зольность биомассы значительно ниже, чем угля. Важно, что в золе биомассы обычно не содержатся тяжелые металлы и другие загрязнители, поэтому она может вноситься в почву в качестве ценного удобрения.

Древесина и древесные отходы (опилки, порубочные остатки, щепа) - наиболее известный пример сжигаемой биомассы. Кроме древесины используются: отходы полеводства (солома зерновых колосовых, стебли кукурузы и др.), отходы животноводства (гобар - кизяк), бумажные отходы, энергетические растения (быстрорастущие деревья, например, тополь, ива и травы, водоросли), а также метан, добытый из твердых бытовых отходов и муниципальных сточных вод.

Использование биомассы даже при одинаковой стоимости процесса предпочтительней, чем газификация угля ввиду низкого содержания серы. Использование биомассы как ресурса для производства тепловой и электроэнергии, на транспорте и в иных целях не приводит к возрастанию концентрации CO_2 и SO_2 в атмосфере, увеличению парникового эффекта; эмиссия NH_x может быть снижена использованием современных технологий.

Поскольку биомасса представляет собой твердое топливо, ее можно сравнивать с углем. Теплота сгорания сухой биомассы составляет 14...18 МДж/кг, что сопоставимо с характеристикой экибастузского угля (10...20 МДж/кг).

В тропических странах биомасса сегодня - главный тепловой ресурс для сельского населения. Там вырубаются леса на дрова для приготовления пищи, этот процесс представляет угрозу глобальному климату. Используемые сегодня дровяные очаги имеют КПД 14-15%. Применением более совершенных устройств он повышается до 35-50%, т. е. сокращается расход топлива более чем в 3 раза.

Современные ТЭС и ТЭЦ, использующие биомассу в виде древесины, растительных отходов, топливных брикетов, имеют КПД 20-25%. В США такие электростанции функционируют для производства электроэнергии и тепла и имеют общую мощность 8 ГВт. Мощность миниТЭС (ТЭЦ) для фермерского хозяйства может составлять несколько десятков киловатт, для небольшого поселения - 100. На более крупных объектах (фермах) экономия за счет использования древесины настолько значительна, что здесь устанавливают автоматические котлы, сжигающие гранулы и брикеты.

Древесные гранулы являются относительно новым и привлекательным видом топлива. Гранулы обычно делаются из отходов (опилок и стружек) и используются в широких масштабах в системах централизованного теплоснабжения. Они производятся прессованием и имеют 1-3 см в длину и около 1 см в диаметре. Гранулы имеют низкую влажность (менее 10%) и высокую теплоту сгорания (16...18 МДж/кг) по сравнению с другими видами древесного топлива. После прессования уменьшается объем, в результате увеличивается энергетическая плотность топлива. Процесс сжигания гранул очень эффективен и легко поддается автоматизации.

Для Казахстана перспективными считаются технологии сжигания соломы. Для повышения энергетической плотности её прессуют в pellets (гранулы). В таком виде её теплота сгорания составляет 14...16 МДж/кг.

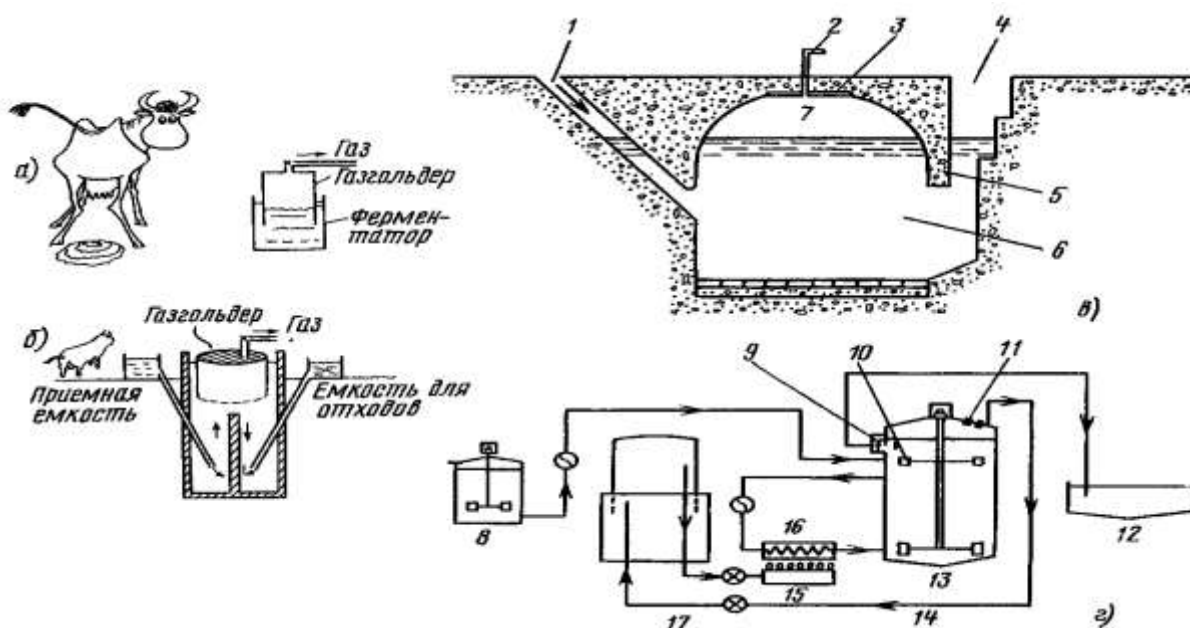
За последние 10 лет эффективность ручных котлов увеличилась от 50% до 75-90%, эффективность автоматических котлов выросла с 60% до 85-92%.

Отходы лесопереработки и сельского хозяйства могут обеспечить топливом электростанции малой мощности (до 1 МВт). Для ТЭС большей мощности выращиваются энергетические плантации. Там культивируются быстрорастущие сорта тополя и ивы. При урожайности 15 т/га сухой биомассы и теплоте сгорания 15 МДж/кг с гектара получают энергию (электрическую) 25 200 кВт·ч (что равносильно 2,7 т у.т.) в год.

Всё большее распространение получают биогазовые технологии. Биогаз — смесь CH_4 и CO_2 , образующаяся при разложении биомассы в специальных устройствах - биогазогенераторах (рисунок 5.1). Энергия, получаемая при сжигании биогаза, может достигать от 60 до 90% исходной, которой обладает сухой исходный материал. В естественных условиях разложение любых видов биомассы, и в том числе навоза животных, происходит в почвенном гумусе путем распада на элементарные соединения под действием разлагающих организмов, грибов, бактерий. Для этого процесса предпочтительны сырость, тепло и отсутствие света. На конечной стадии процесса полное разложение происходит под действием аэробных и анаэробных бактерий. Аэробные бактерии развиваются преимущественно в присутствии кислорода, с их участием углерод биомассы окисляется до CO_2 . В замкнутых объемах с недостаточным поступлением кислорода из внешней среды развиваются анаэробные бактерии, также существующие за счет разложения углеводов. В результате их деятельности углерод делится между полностью окисленным CO_2 и полностью восстановленным CH_4 . Питательные вещества, такие как растворимые соединения азота, сохраняются в качестве удобрений [7].

Получение биогаза становится экономически оправданным и предпочтительным, когда соответствующий биогазогенератор работает на переработке существующего потока отходов. Примерами подобных потоков могут служить стоки канализационных систем, свиноферм, крупного рогатого скота, скотобоен и т. п. Известно, сколько и когда поступит отходов, и остается лишь переработать их в биогаз и удобрения.

Получение биогаза возможно в установках самых разных масштабов. Оно особенно эффективно на агропромышленных комплексах, где целесообразно добиваться реализации полного экологического цикла. В таких комплексах навоз подвергают анаэробному сбраживанию с последующей аэробной обработкой в открытых бассейнах. Биогаз используют для приведения в действие механизмов, транспортных средств, электрогенераторов, для обогрева. После аэробной ферментации полностью обработанные отходы, до того как быть использованными в качестве удобрений, могут подаваться в рыбные садки и пруды для разведения водоплавающей птицы.



- 1-ввод материала; 2-газопровод; 3 - съемная крышка; 4 - вывод переработанного материала;
 5 - разделительная стенка; 6 -ферментатор (бетон); 7- газ; 8 - приемник биоматериала;
 9 - клапан; 10 - мешалка; 11- стекло; 12 - емкость для продуктов переработки;
 13 -газогенератор; 14- подача газа; 15 - горелка; 16 - теплообменник;
 17 - водяной газгольдер.

Рисунок 5.1- Разновидности биогазогенераторов

Теплота сгорания исходного материала (в сухом виде) составляет около 16 МДж/кг. Только около 10% потенциальной теплоты сгорания теряется в процессе сбраживания. Таким образом, КПД конверсии составляет 90%.

Существуют три уровня температур, предпочтительных для определенных видов бактерий. Сбраживание при более высоких температурах идет быстрее, чем при низких, и характеризуется примерно удвоением выхода газа на каждые 5°C. Низший уровень температуры — около 20°C, средний — около 30°C, высший — около 55°C. Сбраживание длится около 14 дней. В странах с умеренным климатом среду для сбраживания следует подогреть до температуры примерно 35°C.

Лекция 6. Геотермальная энергетика. Использование рассеянной теплоты грунтов, вод и воздуха

Содержание лекции: геотермальные ресурсы, их природа; виды геотермальных месторождений; технологии использования геотермальных ресурсов; ГеоТЭС.

Цель: показать ценность геотермальных ресурсов; проанализировать геотермальные технологии и сооружения.

Геотермальная теплота считается неисчерпаемой, экологически чистой энергией. Раскалённая магма восходит из недр Земли и местами подходит близко к дневной поверхности. Геотермальные месторождения размещаются вблизи границ литосферных плит и районов геологической активности [9].

Геотермальные месторождения можно подразделить на два основных вида. Наиболее эффективны и в наибольшей степени освоены такие геотермальные месторождения, в которых горячий сухой пар выходит на дневную поверхность, однако такие месторождения менее распространены. В большинстве районов мира извлекаемые геотермальные флюиды представляют собой смесь пара и горячей воды (в сущности, горячий рассол, так как они содержат большое количество растворенных химических веществ).

Тепловыересурсы недр Земли отличаются широким распространением и близостью к потребителю (добыча геотермальной энергии возможна на территории ее использования), что определяет возможность их использования в отдаленных необжитых районах для производства электроэнергии и тепла для промышленных, сельскохозяйственных и жилищно-коммунальных объектов. Одна скважина с дебитом 50 л/с и давлением воды на дневной поверхности порядка 9 бар может вырабатывать электрическую мощность 3,0 - 3,5 кВт и обеспечивать тепловой энергией в объеме до 9 - 10 Гкал/ч.

Геотермальные тепловые электростанции (ГеоТЭС) располагая постоянными энергоресурсами, легко автоматизируются, в случае ЧП аварийная зона ограничивается территорией, прилегающей к станции. Стоимость электрической и тепловой энергии ГеоТЭС может быть намного ниже стоимости энергии обычных ТЭС. На рисунке 6.1 показана схема потоков вещества и энергии на современной ГеоТЭС [4].

Для повышения дебита (отдачи) геотермального месторождения применяют специальные технологии. Один из способов, которому уделяется большое внимание в последнее время, известен под названием гидравлического разрыва пласта. Он состоит в том, что холодная вода нагнетается в скважину, пока не вступит в контакт с горячей сухой скальной породой; в результате порода разрушается и вода проникает в образовавшиеся трещины. По соседству с нагнетательной скважиной бурят до самой зоны разрушения вторую скважину для выхода горячей воды. Достигшая

поверхности вода протекает через теплообменник, где вырабатывается пар, а затем ее снова нагнетают в зону разрушения, чтобы она там нагрелась.

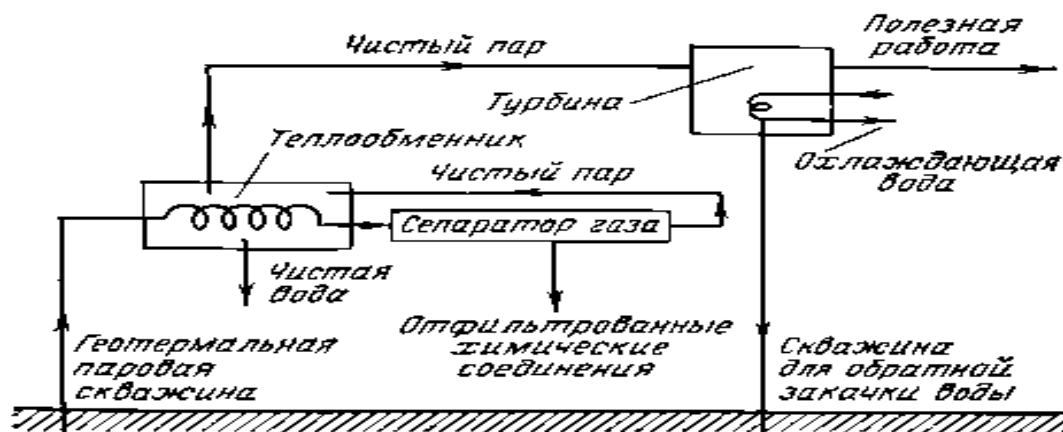


Рисунок 6.1 - Схема потоков вещества и энергии ГеоТЭС

Очень удобно использовать теплоту гидротермальных источников напрямую. В разрезе Планеты это выглядит так (%): теплоснабжение-33; бассейны и бальнеология-15; рыбоводство-13; кондиционирование воздуха-4; тепличное хозяйство-12; тепловые насосы-12; промышленность-10; сушка сельхозпродуктов -1. По мере эксплуатации дебит и теплоотдача скважины падают, в таких случаях тепловые насосы (изначально замышлявшиеся для «сбора» рассеянной теплоты грунтов, вод, воздуха) позволяют использовать для нужд теплоснабжения термальные месторождения с температурой 3-4⁰С. О них ниже.

При всех плюсах геотермальной энергетики могут наблюдаться негативные проявления. К ним относятся: вероятность стимулирования землетрясений в результате гидравлического разрыва пласта; просадка почвы вследствие отбора воды из подстилающих пород; сильный шум, создаваемый паром при расширении в испарительных камерах с мгновенным вскипанием или в теплообменниках, выброс вредных газов; трудности с ликвидацией отработанного рассола.

Прогнозные (технически достижимые) геотермальные ресурсы всех осадочных бассейнов Казахстана превышают 4 трл. т у.т. Большая часть (86%) этих ресурсов сконцентрирована в пяти юго-западных областях Казахстана (Мангистауской – 36%, Западно-Казахстанской - 19%, Актюбинской – 13%, Атырауской - 11%, Кызылординской – 7%), значительными прогнозными ресурсами располагают также Алматинская (163 млрд. т у.т.) и Шымкентская (148 млрд.т у.т.) области, на которые приходится 8% общих ресурсов. В северо-восточной части Казахстана наибольшими ресурсами обеспечена Павлодарская область (99 млн.т у.т.).

Однако, масштабы использования имеющихся геотермальных ресурсов Казахстана весьма незначительны и ограничиваются сельскохозяйственными

и коммунально-бытовыми целями. Оперативные запасы термальных вод, для целей тепловодоснабжения по трем участкам Сырдарьинского бассейна (Туркестан, Арысь и Шаульдер), составляют 35 тыс.м³/сут. а запасы Жаркентской площади оценены в 4,5 тыс.м³/сут. Субтермальные воды с температурой менее 40⁰С применяются для раннего полива сельхозугодий (Павлодарская, Алматинская, Жамбылская и Южно-Казахстанская области).

Температура горных пород, залегающих на глубине 5 км для большей части территории Казахстана превышает 90⁰С, а в южных областях (Мангистауская, Алматинская, Шымкентская) и северной части Павлодарской области достигает 140-180⁰С, что создает перспективу дальнейшего развития тепловых систем со скважинными теплообменниками и электростанций с использованием петротермальных ресурсов [2].

Для использования низкопотенциальной рассеянной теплоты иссякающих термальных скважин (и не только их) применяются тепловые насосы (ТН), теплонасосные установки (ТНУ).

Тепловой насос — устройство для переноса тепловой энергии от низкопотенциального источника (с низкой температурой) к источнику более высокой температуры. Термодинамически тепловой насос представляет собой обращенную холодильную машину. Если в холодильнике основной целью является производство холода путём отбора теплоты из какого-то объёма испарителем, а конденсатор осуществляет сброс теплоты в окружающую среду, то в тепловом насосе картина обратная. Конденсатор является теплообменным аппаратом, выделяющим теплоту для потребителя (теплоносители- вода, воздух), а испаритель — теплообменником, утилизирующим низкопотенциальную теплоту (он её «собирает», «концентрирует»), находящуюся в водоемах, грунтах, воздухе и т. д. Соответственно, по виду теплоносителя во входном и выходном контурах ТНУ делят на шесть типов: «грунт—вода», «вода—вода», «воздух—вода», «грунт—воздух», «вода—воздух», «воздух—воздух». Чем выше температура низкопотенциального источника теплоты (она должна быть, хотя бы, 3...5⁰С), тем с большей эффективностью работает тепловой насос.

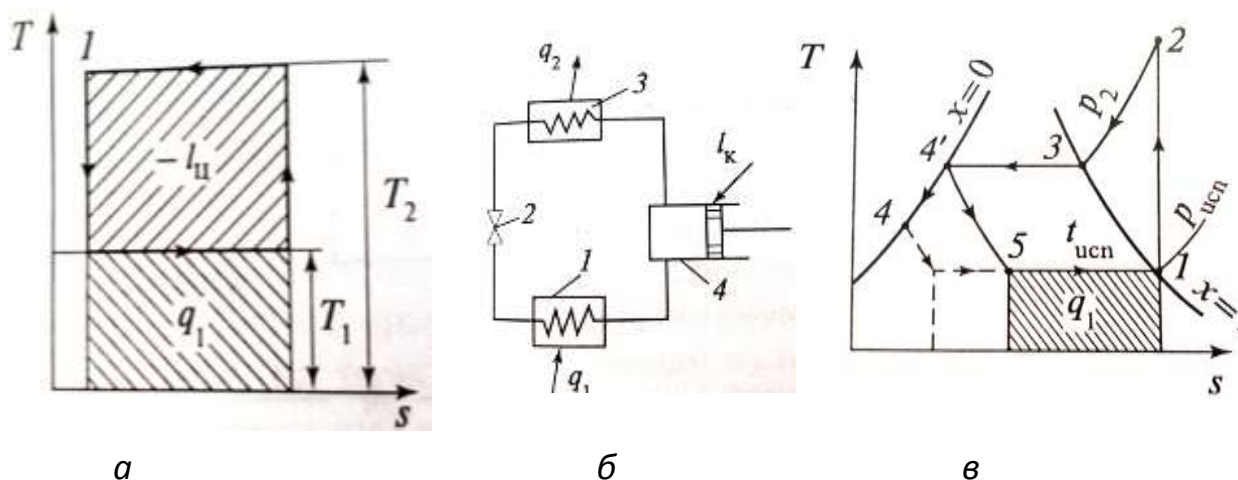
Теплоту повышенного температурного потенциала, полученную с помощью ТНУ, можно использовать как для нужд отопления в системах теплоснабжения, так и для получения электроэнергии в турбогенераторе.

Идеальным циклом ТНУ является обратный цикл Карно (рисунок 6.2,а). Здесь теплота q_1 передается от тела с температурой T_1 к телу с температурой T_2 , ($T_1 < T_2$) за счет внешней (механической) работы цикла $l_{ц}$.

Реальные ТН подразделяют на два основных типа: компрессорные и абсорбционные. Наибольшее распространение получили первые, в них рабочим телом (хладагентом) являются парообразные вещества (аммиак и фреоны, хладоны) с низкой (-30...-35⁰С) температурой кипения [10].

Схема устройства парокомпрессорного ТН представлена на рисунке 6.2,б. Рабочим для такого ТН является обратный цикл Ренкина, он представлен на рисунке 6.2,в.

Компрессор 4 засасывает из испарителя 1 сухой насыщенный или слегка перегретый пар хладагента и адиабатно сжимает его до давления p_2 (процесс 1 – 2). Из компрессора перегретый пар поступает в конденсатор 3, где охлаждается до температуры конденсации t_k (процесс 2– 3) и конденсируется (процесс 3-4'-4), отдавая в согреваемую среду теплоту q_2 . После конденсации жидкий хладагент подвергается дросселированию в специальном клапане 2 (процесс 4'-5). Полученный влажный пар при давлении $p_{исп}$ поступает в испаритель, где испаряется при температуре $t_{исп}$, забирая теплоту низкотемпературной среды q_1 (процесс 5 – 1). Далее цикл повторяется.



а – обратный цикл Карно; б - схема установки; в – цикл в T; s – координатах.

Рисунок.6.2 - Идеальный цикл компрессорного ТН и холодильной установки

Отметим: при необходимости многие ТНУ могут быть «реверсированы» и работать в режиме холодильника, кондиционера воздуха. Увеличение хладопроизводительности возможно при дополнительном переохлаждении жидкости в конденсаторе (процесс 4' – 4 на рисунке 6.2,в).

Эффективность теплового насоса характеризуется коэффициентом трансформации теплоты (рисунок 6.2):

$$\mu_q = q_2/|l_{ц}| = 1 + \varepsilon, \quad (6.1)$$

где q_2 -теплота отдаваемая в согреваемую среду;
 $l_{ц}$ -внешняя работа цикла (работа компрессора);
 ε - холодильный коэффициент ($\varepsilon = q_1/|l_{ц}|$).

Для реальных тепловых насосов коэффициент μ_q находится в пределах 3-5. Это означает, что при затрате 1 кВт·ч механической энергии (работы) можно получить 3-5кВт·ч теплоты температурного потенциала T_2 , используя низкопотенциальную теплоту с температурой T_1 .

Лекция 7. Атомная энергетика

Содержание лекции: атомная энергия; атомная энергетика - технологии, угрозы и вопросы безопасности; предпосылки для развития в Казахстане.

Цель: показать «плюсы» и «минусы» атомной энергетике. Вектор развития атомной энергетике в Казахстане.

Ядерная энергия и механизм тепловыделения. Ядерная энергия освобождается в виде тепловой энергии громадной плотности (один кг ядерного топлива обеспечивает получение тепловой мощности 2000 кВт в течение года) в процессе торможения продуктов деления или синтеза атомных ядер. Их кинетическая энергия поглощается веществом теплоносителя и превращается в теплоту, которая используется как и в ТЭС.

Известно, что полная энергия связи — энергия, выделяющаяся при делении ядра на отдельные протоны и нейтроны или, что то же самое, энергия, выделяющаяся при синтезе ядра из отдельных протонов и нейтронов (при ядерном синтезе выделяется неизмеримо больше энергии, но управляемый термоядерный синтез пока не осуществлен, водородная бомба не в счёт). Если известна масса m ядра, состоящего из Z протонов и $A-Z$ нейтронов, то его полная энергия связи будет равна

$$E_{св} = [m_p Z + m_n (A - Z) - m] c^2, \quad (7.1)$$

где m_p — масса протона;

m_n — масса нейтрона;

A — массовое число, равное числу протонов и нейтронов в ядре;

c — скорость света.

Так, для урана 238 $E_{св} = 1780$ МэВ, кислорода 16 $E_{св} = 127,2$ МэВ, дейтрона, состоящего из одного протона и одного нейтрона, $E_{св} = 2,2$ МэВ.

Удельная энергия связи ядра — энергия, приходящаяся на один нуклон (общее название для протона и нейтрона), для большинства ядер ($A = 50...90$) она примерно постоянна и составляет 8,5 МэВ.

В области тяжелых ядер она уменьшается, достигая значения 7,6 МэВ для урана. Таким образом, наиболее стабильными оказываются элементы с массовыми числами приблизительно от 20 до 200, поэтому энергетически выгодно производить деление тяжелых ядер и синтез легких. Чтобы освобождение ядерной энергии началось, надо подвести некоторую начальную энергию — энергию активации E_a .

Не обладая зарядом, нейтрон оказался идеальным снарядом для деления ядер, открытым О. Ганом и Ф. Штрассманом (Германия, 1939 г.).

По скоростям движения различают медленные (тепловые) нейтроны, энергия которых $E_n = 0,03...0,5$ эВ (скорость несколько тысяч метров в секунду), промежуточные - $E_n = 1 \cdot 10^3$ эВ и быстрые - $E_n = 10^5$ эВ и более.

Энергия активации зависит от вида ядер и применяемых «снарядов». Так, ^{235}U , ^{233}U и ^{239}Pu делятся под действием тепловых нейтронов, а ^{232}Th и ^{238}U — при бомбардировке быстрыми нейтронами.

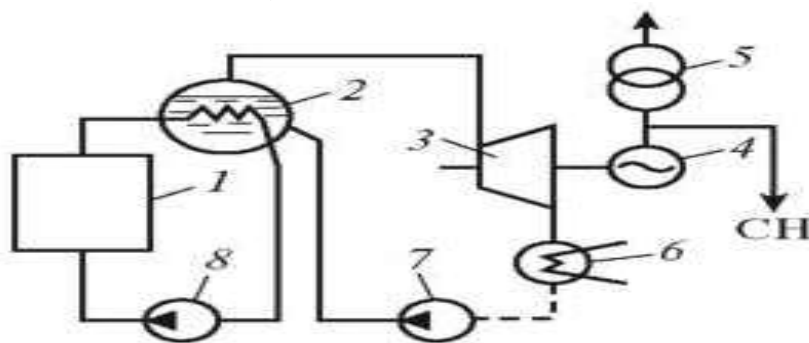
Ядро, поглотившее нейтрон, возбуждается и, подобно жидкой капле, начинает колебаться и делиться. Для возникновения необходимо, чтобы в каждом последующем акте деления участвовало больше нейтронов, чем в предыдущем. В атомных реакторах нейтроны замедляются в специальных средах (веществах — замедлителях, они могут и теплоносителями) — воде, тяжелой воде, бериллии, графите и др. Интенсивность цепной реакции регулируется графитовыми стержнями. Ядерное топливо поступает на АЭС в виде ТВЭЛов (тепловыделяющих элементов).

На атомных станциях используют ядерные реакторы (они выполняют функцию котлоагрегатов ТЭС) следующих основных типов [11]:

- 1) РБМК (реактор большой мощности, канальный) — реактор на тепловых нейтронах, водографитовый;
- 2) ВВЭР (водо-водяной энергетический реактор) — реактор на тепловых нейтронах с водой под давлением, корпусного типа;
- 3) БН (быстрые нейтроны) — реактор на быстрых нейтронах с жидкометаллическим натриевым теплоносителем.

Единичная мощность ядерных энергоблоков достигла 1500 МВт. Она ограничивается не столько техническими соображениями, сколько условиями безопасности при авариях с реакторами. Поэтому на АЭС устанавливается по несколько энергоблоков.

Технологическая схема АЭС зависит от типа реактора, вида теплоносителя и замедлителя, а также от ряда других факторов. Схема может быть одноконтурной, двухконтурной и трехконтурной (в обособленном контуре циркулирует теплоноситель, не взаимодействующий с другими в целях радиационной безопасности).

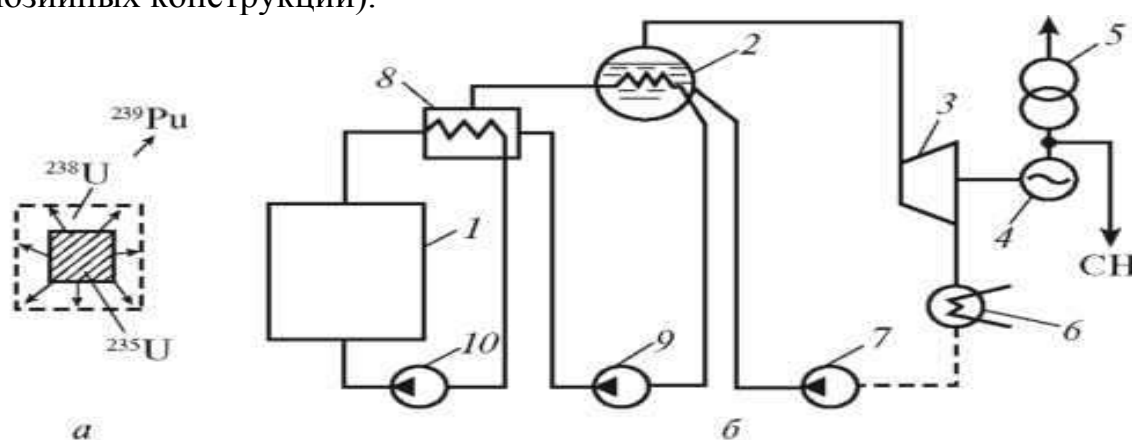


1 – реактор; 2 – парогенератор; 3 – турбина; 4 – генератор; 5 – трансформатор; 6 – конденсатор турбины; 7 – конденсационный (питательный) насос; 8 – главный циркуляционный насос; СН – собственный нужды.

Рисунок 7.1 - Принципиальная технологическая схема АЭС с реактором типа ВВЭР

На рисунке 7.1 в качестве примера представлена двухконтурная схема АЭС для электростанций с реакторами ВВЭР. Видно, что эта схема близка к схеме КЭС, однако вместо парогенератора на органическом топливе здесь используется ядерная установка.

Перспективными являются АЭС с реакторами на быстрых нейтронах (БН), которые могут использоваться для получения тепла и электроэнергии, а также для воспроизводства ядерного горючего. Технологическая схема энергоблока такой АЭС представлена на рисунке 7.2. АЭС не имеют выбросов дымовых газов и не имеют отходов в виде золы и шлаков. Однако удельные тепловыделения в охлаждающую воду у АЭС больше, чем у ТЭС, вследствие большего удельного расхода пара, а следовательно, и больших удельных расходов охлаждающей воды. Поэтому на большинстве новых АЭС теплота охлаждающей воды отводится в атмосферу посредством градирен (башенных жалюзийных конструкций).



1-7 — аналогичны указанным на рисунок 7.1; 8 — теплообменник натриевых контуров; 9 — насос нерадиоактивного натрия; 10 — насос радиоактивного натрия
а — принцип выполнения активной зоны реактора; **б** — технологическая схема

Рисунок 7.2 - Принципиальная технологическая схема АЭС с реактором типа БН

Электрическая мощность атомной установки определяется из выражения

$$N_{э} = Q_T \cdot \eta_1 \cdot \eta_{oi} \cdot \eta_M \cdot \eta_G \cdot \eta_{с.н.}, \quad (7.2)$$

где Q_T - теплота выделяемая в активной зоне реактора;

$\eta_{с.н.}$ - КПД реактора;

η_{oi} — относительный внутренний КПД турбины;

η_M — механический КПД;

η_G — КПД электрического генератора;

$\eta_{с.н.}$ - КПД оборудования собственных нужд установки.

Коэффициент использования установленной мощности на АЭС (80%) значительно превышает этот показатель у ГЭС или ТЭС.

Обязательным в ядерных технологиях является захоронение радиоактивных отходов. Это делается в специальных могильниках, которые исключают возможность воздействия радиации на людей.

Чтобы избежать влияния возможных радиоактивных выбросов АЭС на людей и окружающую среду при авариях и природных катаклизмах (не забудем Чернобыль, Фукусиму), применяются специальные меры по повышению надежности оборудования (мощная радиационная защита, дублирование систем безопасности и др.), а вокруг станции создается санитарно-защитная зона.

В долгосрочной перспективе атомная энергия в Казахстане может рассматриваться в качестве альтернативы топливной энергетике. На территории республики сосредоточены крупнейшие запасы урана (до 29 % мировых пасов) и осуществлялась добыча до 70 % уранового сырья атомно-промышленного комплекса бывшего Союза, что составляло 1,4 млн.т. К 2027 г. Казахстан планирует стать самым крупным поставщиком урана в мире.

Первая в мире АЭС — Обнинская была пущена в 1954 г. в СССР. Единственная атомная электростанция Казахстана работала в Актау, она работала на оборонную промышленность бывшего СССР, а также опресняла воду для населения и промышленных предприятий. Сейчас она выведена из эксплуатации в связи с исчерпанием ресурса. Итак, для Казахстана ядерная энергетика не является традиционной. В своем последнем Послании народу Казахстана Глава государства подтвердил необходимость и намерения начать в стране развитие ядерной энергетике. Намечается строительство АЭС в Курчатове Восточно- Казахстанской области. На территории бывшего Семипалатинского полигона находятся в эксплуатации три из четырех исследовательских реактора, которые не имеют аналогов в мире и предназначены в том числе для отработки и испытаний ядерных ракетных двигателей, исследований в области реакторного материаловедения и безопасной эксплуатации АЭС.

Применение атомной энергии позволит расширить энергетические ресурсы, способствуя этим сохранению ресурсов органического топлива. Оно обещает снизить стоимость электрической энергии, что особенно важно для районов, удаленных от источников топлива, уменьшить загрязнение атмосферы, разгрузить транспорт от перевозки топлива, помочь в электрификации и развитии новых технологий (например, опреснении морской воды и расширении ресурсов пресной воды). При использовании АЭС отсутствует выброс золы с дымовыми газами, в атмосферу не выбрасываются окислы серы, азота, углекислый газ, это позволяет снизить «парниковый эффект», ведущий к глобальному изменению климата. В связи с проблемой загрязнения воздушной среды важно отметить целесообразность внедрения также атомных ТЭЦ, так как ТЭЦ обычно располагаются вблизи тепловых потребителей, промышленных узлов и крупных населенных пунктов, где чистота среды особенно необходима [4].

Лекция 8. Нетрадиционные жидкие и газообразные топлива

Содержание лекции: нетрадиционное сырье для получения жидкого и газообразного топлива; топливо из угля, сланцев, биомассы и т.д.

Цель: показать значительные запасы нетрадиционного сырья для производства новых видов топлива; описать технологические процессы, экономический и экологический эффект.

К новым нетрадиционным видам топлива относят: нефть «синтетическую» и газ, полученные из угля; дополнительные углеводородные ресурсы, представленные органической составляющей горючих сланцев, битуминозных пород; моторное топливо из биомассы, а также водород.

Уголь, горючие сланцы и битуминозные породы являются главными перспективными источниками получения жидкого и газообразного топлива. Потенциальные запасы содержащегося в них углеводородного сырья намного превосходят известные запасы нефти и природного газа.

Большое значение имеет создание современной технологии получения синтетического жидкого топлива на базе огромных запасов бурых и каменных углей. Фашистская Германия в годы Второй мировой войны на базе Рурского каменноугольного бассейна наладила производство такого бензина. Перспективными технологическими процессами переработки углей являются:

1) Высокоскоростной пиролиз (полукоксование) - процесс последовательного нагрева предварительно измельченного до пылевидного состояния угля сначала газовым до температуры 300°C (сушка), а затем твердым теплоносителем до температуры 650°C (разложение с выделением основной массы паров смол и тяжелых углеводов). При взаимодействии с твердым теплоносителем происходит теплообмен с высокими скоростями. Это позволяет резко интенсифицировать процесс по сравнению с традиционными схемами полукоксования и обеспечить более чем в 2 раза больший выход продуктов пиролиза. В результате такого интенсивного разложения получают полукокс (68%), энергетический газ (15%) и смолу (17%). Установлена возможность выделения из смолы до 47% дистиллятной части, из которой около 50% отгоняется в виде бензина. Жидкое топливо из тяжелой части смолы могут быть получены при ее замедленном коксовании.

2) Гидрогенизация — процесс получения жидких и газообразных продуктов из углей под давлением 10 МПа, при температуре 420...430 °С и объемной скорости 0,8... 1ч⁻¹ в присутствии катализаторов (солей железа и молибдена) и добавок ингибиторов радикальной полимеризации.

В настоящее время уголь предварительно сушат газовым теплоносителем в вихревых камерах, проводят механохимическую подготовку углемасляных суспензий, шламы сжигают.

Количество органической массы угля (ОМУ), превращаемое в жидкие и газообразные продукты, составляет 90...92%. Жидкие продукты с температурой кипения до 300°C подвергаются переработке с применением

процессов гидроочистки и гидрокрекинга с получением высокооктанового бензина и дизельного топлива, выход которых составляет 45...50% по отношению к исходной ОМУ.

Значительным резервом дополнительного жидкого углеводородного сырья являются битуминозные породы. Это комплексное органоминеральное сырье, которое при термическом воздействии выделяет органическую составляющую, являющуюся заменителем нефти, а минеральные остатки после отделения «синтетической» нефти являются прекрасным сырьем для строительной и дорожной индустрии.

Месторождения и скопления битуминозных пород многочисленны по всему миру. В связи с плохой изученностью, прогнозные запасы России варьируют от 20 до 30 млрд. тонн. Для Казахстана данных нет.

Сланцевые породы содержащие газ и нефть залегают на больших глубинах, нежели традиционные газовые месторождения и газ содержится в порах, что исключало его экономически обоснованную добычу.

Современные технологии дают такую возможность. Производится вертикальное бурение до залегания пласта; по вхождению в сланцевый слой бурение становится горизонтальным, обычно бурение ведется на 1,5 тыс. метров. По всей длине горизонтальной скважины проводятся многочисленные взрывы, это ведет к появлению в породе большого числа трещин и разломов. Далее под мощным давлением в скважину подается вода с песком и специальными химикатами. В ходе процесса, известного как гидравлический разрыв пласта, происходит его разрушение. Затем вода откачивается и вслед за ней из скважины поступает газ. В основном, это метан.

Добычу газа из сланцев ведут крупные страны: Россия, США, Китай, Бразилия и др. В США рассматриваются 8 экспортных проектов по производству сжиженного газа до 120 млн тонн в год. При их реализации Соединенные Штаты превратятся в крупнейшего мирового экспортера газа, обойдя Катар, который производит «всего» 77 млн. тонн газа в год. США готовы поставлять танкерами сжиженный газ в Европу.

КНР обладает запасами в 25 трлн. куб. метров сланцевого газа, что позволяет стране обеспечить потребности в этом виде топлива на 200 лет. На Китай приходится пятая часть всех мировых запасов сланцевого газа.

Широко доступная и разнообразная сырьевая база, полностью отработанная и освоенная технология производства, сжижения и транспорта газа являются основой его дальнейшего энергетического использования.

Имеет перспективу добыча природного газа из малоценных угольных пластов, наиболее подходящими являются занимающие промежуточное положение между бурыми и антрацитовыми. Таким углем богат Кузбасс. Распространенные варианты добычи - нагнетание воды для гидроразрыва пласта, закачка через скважину воздуха, воздействие на пласт электрическим током.

Необходимо отметить, что применение гидроразрыва пласта может вызывать землетрясения; просадку грунтов вследствие отбора содержимого пластов; деградацию почв вдоль трасс скважин.

Весьма заманчивыми выглядят технологии получения моторного топлива из биомассы (лекция 5). Большинство исследований по созданию моторного топлива из биомассы направлено на получение этанола из сахарного тростника, зерна и сахарной свеклы, а также рапсового метилового эфира из семян рапса. При урожайности семян рапса 3 т/га с 1 гектара можно получить 1 т моторного топлива и 2 т высококачественных кормов. Свойства моторного топлива, получаемого из семян рапса, близки к дизельному топливу, однако при использовании биодизельного топлива значительно снижены вредные выбросы. В Чехии производится 700000 т биодизельного топлива в год. Как показывает опыт Чехии и Германии, коммерциализация этой технологии при современных ценах на нефть может быть обеспечена только с помощью государственных субсидий. Производство рапсового биотоплива развивается и в Польше.

В последние годы наблюдается значительный прогресс в мелкомасштабном производстве жидкого автомобильного топлива из рапса, производится оборудование для этих целей.

Перспективной технологией производства моторного топлива является быстрый пиролиз с выходом топлива 80% к исходной массе растительного сырья. Это топливо имеет теплотворную способность 50% от дизельного топлива, оно может сохраняться, транспортироваться и использоваться в печах, паровых котлах и газотурбинных установках. Биотопливо может быть разделено на бензин, дизельное топливо и химические побочные продукты. По данным Р.Вильямса из университета г.Принстона (США), возможные объемы получаемой энергии с одного гектара составляют (в ГДж/га): для рапсового метилового эфира - 50; для этанола из пшеницы - 70, из сахарной свеклы - 135, сахарного тростника - 105; при получении этанола гидролизом древесины - 115, при получении этанола термохимической газификацией древесины - 160, при получении водорода газификацией древесины - 205.

Хорошо известна программа Бразилии, посвященная получению этанола, применяемого как моторное топливо для автотранспорта, из специально выращиваемого сахарного тростника. Разработана программа использования этанола в качестве альтернативного топлива, заменяющего до 20% бензина. Больше 7% продаваемого бензина содержит 10% добавки этанола, и 80% автопарка страны используют эту добавку.

В США также реализуется большая программа замены бензинового топлива этанолом, который получают путем переработки излишков кукурузы и других зерновых культур. Использование спирта в качестве топлива получило поддержку и в некоторых европейских странах, в частности, во Франции и Швеции.

Значительный интерес к спиртовым видам топлива, обусловлен рядом причин, из которых главными являются: в экологическом отношении такое топливо более приемлемо, чем синтетический бензин и другие не нефтяные виды топлива, хранение и распределение аналогично бензину, их применение дает возможность достичь повышения топливной экономичности двигателя.

Перспективным энергоносителем является также водород. Водород обладает очень высокой теплотой сгорания: при сжигании 1 г водорода получают 28,6 кал тепловой энергии (при сжигании 1 г бензина —11,2 кал), его можно транспортировать по трубопроводам, как природный газ. В Казахстане и России более 90% водорода получают из природного газа.

Уже разработаны и внедряются методы извлечения водорода из водородосодержащих газов различных производств: низкотемпературная конденсация, адсорбция, абсорбция, мембранная технология. Производство водорода этими методами значительно экономичнее, чем на специальных установках паровой конверсии углеводородных газов, считающихся наиболее дешевым методом производства водорода. Однако ожидается, что основным сырьевым источником получения водорода станет вода, для разложения которой может быть использовано тепло высокотемпературного ядерного реактора (ВТЯР) или же энергия из сетей при провалах нагрузки. В эти периоды водород вырабатывается и аккумулируется. Затем он сжигается в парогенераторах энергоустановок для выработки электроэнергии в часы максимальных нагрузок. Благодаря высокой теплоте сгорания водород является в этом случае идеальным агентом для аккумуляции энергии. Расчетные значения затрат на магистральный транспорт водорода на большие расстояния при той же передаваемой мощности оказываются в 3—5 раз ниже затрат на транспорт электроэнергии.

Главным преимуществом водородной энергетики является возможность экономии традиционного энергетического сырья за счет широкого использования водорода в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания (как в чистом виде, так и в виде добавок) и газотурбинных двигателей (авиатранспорт, электроэнергетика). И, что ценно, «выбросом» водородного двигателя является водяной пар.

Испытания показали, что в данное время более эффективно использовать водород в виде 5... 10% добавки к бензину, поскольку использование чистого водорода требует изменения конструкции двигателя, возникают сложные проблемы с безопасным хранением запаса водорода в «бензобаке» автомобиля. Такая смесь позволяет повысить топливную экономичность двигателя на 20...25%, снизить токсичность отработавших газов по CO в 15-20 раз, по углеводородам в 1,5-2,0 раза и окислам азота в 10 -15 раз [5,10,12].

В связи с отсутствием товарных ресурсов водорода на начальном этапе перевод автомобильного транспорта на бензоводородные композиции целесообразно проводить по определенным регионам, в которых имеются либо достаточные ресурсы вторичного водорода, являющегося побочным продуктом химических и нефтехимических производств, либо имеются достаточные ресурсы технологических газов, из которых может быть получен дешевый водород.

Список литературы

- 1 Дукенбаев К. Д. Нурекең Е. Энергетика Казахстана (технический аспект). - Алматы, 2001.-312 с.
- 2 Возобновляемые источники электроэнергии: Учебное пособие/ Б. В. Лукутин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 187 с.
- 3 Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учебное пособие/ В. Г. Лабейш. – СПб.: СЗТУ, 2003. -79 с.
- 4 Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Р.В. Городов, В.Е. Губин. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009.
- 5 Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Альтернативные источники энергии: Учебное издание. – М.: ИП РадиоСофт, 2014. – 248 с.: ил.
- 6 Қойшиев Т.Қ. Жаңғыртылатын энергия көздері: Оқулық.- Алматы: 2013.- 256 б.
- 7 Возобновляемые источники энергии: Учебное пособие/ В.Н. Мукажанов. - АУЭС. Алматы, 2010. – 80 с.
- 8 Габаров Б. А. Атомная энергетика XXI века.- М.: Издат. Дом МЭИ, 2013.- 205 с.
- 9 Водные ресурсы Казахстана в новом тысячелетии. UNDP-Казахстан. – Алматы, 2004.
- 10 Нетрадиционные возобновляемые источники энергии: Учебное пособие / Джумамухамбетов Н.Г., И.А. Ирышков, М.А. Жаналиева. – Алматы: Эверо, 2010 – 218 с. : ил.
- 11 Системы солнечного теплоснабжения / Ж. А. Жамалов, Е.С. Умбетов, М.М. Кунелбаев. – Алматы, 2010. – 180 стр.
- 12 Ерофеев В. Л., Семенов П.Д. Пряхин А.С. Теплотехника: Учебник для вузов.- М.: ИКЦ «Академкнига», 2008.- 488 с.

Рашид Салихович Сырлыбаев
Ирина Владимировна Казанина

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Конспект лекций
для студентов специальности
5В073100 - Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды

Редактор Н.М. Голева
Специалист по стандартизации Н.К. Молдабекова

Подписано в печать _____
Тираж 20 экз.
Объем 2,25 уч.-изд.л.

Формат 60x84 1/16
Бумага типографская №1
Заказ_____. Цена 1125 тг.

Копировально-множительное бюро
некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи»
050013, Алматы, ул. Байтурсынова, 126