

## **Тема 6. ИСЧЕРПАЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ НЕДР**

**Цель:** дать понятие исчерпаемости ресурсов, проследить географию размещения основных месторождений топливных ресурсов мира, дать характеристику различных типов электростанций, их КПД, сроков службы и окупаемости.

### **План занятия:**

1. Ископаемые и возобновляемые энергетические.
2. Виды топлива, их состав и теплота сгорания.
3. Характеристики различных типов электростанций, их КПД, сроки службы и окупаемости.

**Ключевые определения:** КПД, теплота сгорания, возобновляемые источники.

Ископаемые ресурсы - это запасы топлива в недрах земли. Мировой запас угля оценивается в 9-11 трлн.т. (условного топлива) при добыче более 4,2 млрд./год. Наибольшие разведанные месторождения уже находятся на территории США, СНГ, ФРГ, Австралии. Общегеологические запасы угля на территории СНГ составляют 6 трлн.т. /50% мировых/, в т.ч. каменные угли 4,7 и бурые угли – 2,1 трлн.т. Ежегодная добыча угля – более 700 млн.т., из них 40% открытым способом. Мировой запас нефти оценивается в 840 млрд.т. условного топлива, из них 10% - достоверные и 90% - вероятные запасы. Основной поставщик нефти на мировой рынок – страны Ближнего и Среднего Востока. Они располагают 66% мировых запасов нефти, Северная Америка – 4%, Россия – 8-10%. Отсутствуют месторождения нефти в Японии, ФРГ, Франции и многих других развитых странах.

Запасы природного газа оцениваются в 300-500 трлн. м<sup>3</sup>. Потребление энергоресурсов в мире непрерывно повышается. В расчете на 1 человека потребление энергии за период 1990-2000 г.г. увеличилось в 5 раз. Однако это потребление энергоресурсов осуществляется крайне неравномерно. Примерно 70% мировой энергии потребляют промышленно развитые страны, в которых проживает около 30% населения Земли. В среднем на 1 человека приходится в Японии 1,5-5 т., в США – около 7т., а в развивающихся странах 0,15-0,3т. в нефтяном эквиваленте.

Человечество ещё, по крайней мере, 50 и более лет сможет обеспечить значительную часть своих потребностей в различных видах энергии за счет органического топлива. Ограничить чрезмерное их потребление могут два фактора:

- очевидная исчерпаемость запасов топлива;
- осознание неизбежности глобальной катастрофы из-за увеличения вредных выбросов в атмосферу.

**К ресурсам возобновляемой энергии относятся:**

- сток рек, волны, приливы и отливы, ветер как источники механической энергии;
- градиент температур воды морей и океанов, воздуха, недр земли /вулканов/ как источники тепловой энергии;
- солнечное излучение как источник лучистой энергии;
- растения и торф как источник химической энергии.

**Топливо** - вещество, выделяющее при определенных экономически целесообразных условиях большое количество тепловой энергии, которая в дальнейшем используется непосредственно или преобразуется в другие виды энергии.

Топливо бывает:

- горючее- выделяет тепло при окислении, окислитель- обычно O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, азотистая кислота, перекись водорода и пр.
- расщепляющееся или ядерное топливо (основа ядерной энергетики <sup>235</sup>U (уран 235)).

Горючее делят на **органическое** и **неорганическое**. Органическое горючее- углерод и углеводород. Горючее бывает **природное** (добытое в недрах земли) и **искусственное** (переработанное природное). Искусственное в свою очередь делится на **композиционное** (полученное механической переработкой естественного, бывает в виде гранул, эмульсий, брикетов) и **синтетическое** (произведенное путем термохимической переработки естественного - бензин, керосин, дизельное топливо, угольный газ и т.д.).

Более 90% потребляемой энергии образуется при сжигании естественного органического топлива 3 видов:

- ◆ твердое топливо (уголь, торф, сланцы).
- ◆ жидкое топливо (нефть и газоконденсаты).
- ◆ газообразное топливо (природный газ,  $\text{CH}_4$ , попутный газ нефти).

Органическое топливо состоит из следующих составляющих: горючая составляющая (органические ингредиенты - C, H, O, N, S) и негорючая составляющая (состоит из влаги, минеральной части).

Общепринятое слово "горючее" - это топливо, предназначенное для сжигания (окисления). Обычно слово "топливо" и "горючее" воспринимаются как адекватные, т.к. чаще всего "топливо" и бывает представлено "горючим". Однако следует знать и другие разновидности топлива. Так, металлы алюминий, магний, железо и др. при окислении так же могут выделять много теплоты. Окислителем вообще могут быть кислород воздуха, чистый кислород и его модификации (атомарный, озон), азотная кислота, перекись водорода и т.д.

Сейчас в основном используется ископаемое органическое горючее с окислителем - кислородом воздуха.

Различают три стадии преобразования исходного органического материала:

- ◆ торфяная стадия - распад высокомолекулярных веществ, синтез новых; при частичном доступе кислорода образуется торф и уголь, без доступа кислорода - нефть и газы;
- ◆ буроугольная стадия - при повышенной температуре и давлении идет полимеризация веществ, обогащение углеродом;
- ◆ каменноугольная стадия - дальнейшая углефикация.

Жидкая смесь углеводородов мигрировала сквозь пористые породы, при этом образовались месторождения нефти, газа; высокое содержание минеральных примесей приводило к возникновению горючих сланцев.

Твердое и жидкое органическое топливо характеризуется сложностью химического состава, поэтому обычно дается только процентное содержание (элементный или элементарный процентный состав топлива) химических элементов, без указания структур соединений.

Основной элемент, выделяющий теплоту при окислении - это углерод C, менее - водород H. Особое внимание следует уделять сере S. Она заключена как в горючей, так и в минеральной части топлива. При сжигании сера влияет на коррозионную активность продуктов сгорания, поэтому это - нежелательный элемент. Влага W в продуктах сгорания представлена внешней ("мокрое" топливо), кристаллогидратной, образованной при окислении водорода. Минеральная часть A - это различные окислы, соли и другие соединения, образующие при сжигании золу.

Состав твердого и жидкого топлива выражается в % по массе, при этом за 100% могут быть приняты:

- 1) рабочая масса - используемая непосредственно для сжигания;
- 2) аналитическая масса - подготовленная к анализу;
- 3) сухая масса - без влаги;
- 4) сухая беззольная масса;
- 5) органическая масса.

Поэтому, например:

$$C^P + H^P + S^P + N^P + A^P + W^P = 100$$

Состав топлива необходим для определения важнейшей характеристики топлива -- теплоты сгорания топлива (теплотворная способность топлива).

**Теплота сгорания топлива** -- это количество тепловой энергии, которая может выделиться в ходе химических реакций окисления горючих компонентов топлива с газообразным кислородом, измеряется в кДж/кг для твердого и жидкого, в кДж/м<sup>3</sup> - для газообразного топлива.

При охлаждении продуктов сгорания влага может конденсироваться, выделяя теплоту парообразования. Поэтому различают высшую  $Q_B^P$  - без учета конденсации влаги, и низшую  $Q_H^P$  - теплоту сгорания, при этом:

$$Q_H^P = 339,1C^P + 1035,94H^P - 108,86(O^P - S^P) - 24,6W^P$$

Средние теплоты сгорания, кДж/кг(кДж/м<sup>3</sup>)  $Q_H^P$

|                    |       |
|--------------------|-------|
| мазут .....        | 40200 |
| соляр.....         | 42000 |
| торф.....          | 8120  |
| бурый уголь.....   | 7900  |
| антрацит.....      | 20900 |
| природный газ..... | 35800 |

Для сравнения различных видов топлива их приводят к единому эквиваленту - **условному топливу**, имеющему теплоту сгорания 20308 кДж/кг (7000 ккал/кг). Для пересчета реального топлива в условное используется тепловой эквивалент:

$$K = \frac{Q_H^P}{29308}$$

- для угля в среднем - 0,718;
- газа природного - 1,24;
- нефти - 1,43;
- мазут - 1,3;
- торфа - 0,4;
- дров - 0,25.

Твердое органическое топливо по степени углефикации делится на древесину, торф, бурый уголь, каменный уголь, антрацит.

Важной характеристикой, влияющей на процесс горения твердого топлива, является выход летучих веществ (убыль массы топлива при нагреве его без кислорода при 850°C в течение 7 мин). По этому признаку угли делят на бурые (выход летучих более 40%), каменные (10 - 40%), антрациты (менее 10%).

Воспламеняемость антрацитов поэтому хуже, но  $Q_H^P$  выше. Это надо учитывать при организации процесса сжигания.

**Зола** - порошкообразный горючий остаток, образующийся при полном окислении горючих элементов, термического разложения и обжига минеральных примесей.

**Шлак** - спекшаяся зола.

Эти продукты сгорания оказывают большое влияние на КПД топочного оборудования (загрязнения, зашлаковка), надежность работы (разрушение обмуровок, пережог труб).

Нефть в сыром виде редко используется как топливо, чаще всего для этой цели идут нефтепродукты. В зависимости от температуры перегонки нефтепродукты делят на фракции: бензиновые

(200-225°C); керосиновые (140-300°C); дизельные (190-350°C); соляровые (300-400°C); мазутные (более 350°C). В котлах котельных и электростанций обычно сжигается мазут, в бытовых отопительных установках - печное бытовое (смесь средних фракций).

К природным газам относится газ, добываемый из чисто газовых месторождений, газ конденсатных месторождений, шахтный метан и др. Основной компонент природного газа - метан. В энергетике используется газ, концентрация  $\text{CH}_4$  в котором выше 30% (за пределами взрывоопасности).

Искусственные горючие газы - результат технологических процессов переработки нефти и других горючих ископаемых (нефтезаводские газы, коксовый и доменный газы, сжиженные газы, газы подземной газификации угля и др.).

Из композиционных топлив, как наиболее употребительное, можно назвать брикеты - механическая смесь угольной или торфяной мелочи со связующими веществами (битум и др.), спрессованная под давлением до 100 МПа в специальных прессах.

Синтетическое топливо (полукокс, кокс, угольные смолы) в Беларуси не используется.

Расщепляющееся топливо - вещество, способное выделять большое количество энергии за счет торможения продуктов деления тяжелых ядер (урана, плутония). В качестве ядерного топлива используется природный изотоп урана  $^{235}\text{U}$ , доля которых во всех запасах урана менее 1%.

Природное топливо располагается в земной коре. Запасы угля в мире оцениваются в 14 триллионов тонн (Азия - 63%, Америка - 27%). Основные запасы угля - Россия, США, Китай. Все количество угля можно представить в виде куба со стороны 21 км; из него ежегодно "выедается" человеком на свои разносторонние нужды "кубик" с ребром 1,8 км. Очевидно, при таком темпе потребления этого угля хватит на срок порядка 1000 лет. Поэтому, в общем разговоры о топливных и энергетических кризисах скорее имеют политическую, чем ресурсную подоплеку. Другое дело - уголь тяжелое, неудобное топливо, имеющее много минеральных примесей, что усложняет его использование, но главное - запасы его распределения крайне неравномерно.

Общеизвестны страны, обладающие самыми богатыми месторождениями нефти, при этом разведанные запасы нефти все время увеличиваются; прирост идет в основном за счет морских шельфов. Если некоторые страны берегут свои запасы в земле (США), другие (Россия) интенсивно их "выкачивают". Общие запасы нефти в мире ниже, чем угля, но более удобное для использования топливо, особенно в переработанном виде. После подъема через скважину нефть подается потребителям в основном нефтепроводами, железной дорогой, танкерами, расстояние может достигать нескольких тысяч километров. Поэтому в себестоимости нефти существенную долю имеет транспортная составляющая. Энергосбережение при добычи и транспортировке жидкого топлива заключается в уменьшении расхода электроэнергии на прокачку (удаление вязких парафинистых компонентов, нагрев нефти, применение экономичных насосов, увеличение диаметров нефтепроводов).

Природный газ располагается в залежах, представляющих собой купола из водонепроницаемого слоя (типа глины), под которым в пористой среде (передатчик) под давлением находится газ, состоящая в основном из  $\text{CH}_4$ . На выходе из скважины газ очищается от песчаной взвеси, капель конденсата и других включений и подается на магистральный газопровод диаметром 0,5...1,5 м длиной несколько тысяч километров. Давление газа в газопроводе поддерживается на уровне 5 МПа при помощи компенсаторов, установленных через каждые 100...150 км. Компрессоры вращаются газовыми турбинами, потребляющими газ, общий расход газа составляет 10...12% от всего прокачиваемого. Поэтому транспорт газообразного топлива весьма энергозатратен. Транспортные расходы намного ниже для сжигания газа, но и доля его потребления мала. Энергосбережение при добычи и транспорте газообразного топлива заключается в использовании передовых технологий бурения, очистки, распределения, повышения экономичности газотурбинных установок для привода компрессоров магистралей.

Для всех видов топлива коэффициент извлечения из недр составляет 0,3...0,6, а для его увеличения требуются существенные затраты.

Основные типы электростанций.

**Электрическая станция** – предприятие или установка, вырабатывающая электроэнергию путем преобразования других видов энергии.

Электрические станции вырабатывают электрическую и тепловую энергию для нужд народного хозяйства страны и коммунально-бытового обслуживания. В зависимости от источника энергии различают:

- тепловые электростанции (ТЭС);
- гидроэлектрические станции (ГЭС);
- атомные станции (АЭС) и др.

**Тепловые электрические станции.**

К тепловым электрическим станциям относятся конденсационные электростанции (КЭС) и теплоэлектроцентрали (ТЭЦ).

В состав государственных районных электростанций (ГРЭС), обслуживающих крупные промышленные районы, как правило входят конденсационные электростанции, используется органическое топливо и не вырабатывается тепловой энергии наряду с электрической. ТЭЦ работают также на органическом топливе, но в отличие от КЭС наряду с электроэнергией производят горячую воду и пар для нужд теплофикации.

До настоящего времени ТЭС производят основную часть вырабатываемой энергии. По существующим оценкам ТЭС потребляют свыше трети добываемого в мире топлива.

На этих станциях могут применяться различные виды топливных ресурсов: твёрдые: угли и горючие сланцы, жидкие: мазут, дизельное и газотурбинное топливо и газообразные: природный газ – наиболее экологически чистое энергетическое топливо.

На протяжении многих лет наблюдался рост мощностей электростанций по экологическим соображениям. При увеличении мощности электростанции значительно снижаются удельные затраты на сооружение водоснабжения, на железнодорожные пути и автодороги, на подсобно-вспомогательные сооружения. Большое значение имеет также увеличение единичной мощности агрегатов электростанций. Наиболее эффективным техническим средством для достижения высоких экономических показателей ТЭС является повышение параметров пара. Экономическую эффективность мощных энергоблоков с высокими параметрами пара можно проиллюстрировать такими данными: электростанции с блоками по 300 МВт на 240 атм обеспечивают экономию топлива почти на 44% по сравнению с электростанциями, соорудившимися по плану ГОЭЛРО с агрегатами по 10-16 МВт на 16-18 атм. ТЭС оказывают отрицательное влияние на окружающую среду, осуществляя выбросы продуктов сгорания, золы тепловые сбросы, выбросы загрязнённых сточных вод.

**Гидроэлектростанции.** В своё время бывший СССР занимал второе место в мире по уровню развития гидроэнергетики.

Одной из основных экономических особенностей эксплуатации ГЭС является высокая производительность труда. Затраты труда на единицу мощности на них почти в 10 раз меньше, чем на ТЭС (с учётом затрат труда на добычу топлива и его транспорт).

Гидроэлектростанции сооружались каскадами, тогда полнее используются энергетические ресурсы. В бывшем СССР крупнейшим каскадом ГЭС являлся Ангарский и Енисейский. ГЭС часто относят к энергоустановкам, использующим возобновляемые источники энергии. Однако по сравнению с другими видами природных ресурсов преобразование гидроэнергии в электричество приводит к значительным воздействиям на окружающую среду. Для ГЭС необходимо сооружать значительные водохранилища в верхнем бьефе перед платиной, что приводит к существенному затоплению прилегающей территории и влияет на рельеф побережья в зоне станции.

Атомные электрические станции.

В настоящее время в мире работает 425 атомных реакторов. В 1993г. Франция получала от АЭС 72,9% электроэнергии, Бельгия – 65%, Швеция – 45%, ФРГ – 30,1%, Япония – 37,7%, Украина – 25%, США – 22,3%, Канада – 15,2%.

Атомные электростанции не выбрасывают в атмосферу вредных веществ, вызывающих парниковый эффект или кислотные дожди, поэтому некоторые специалисты поспешили объявить ядерную энергетику экологически чистой. Чернобыльская катастрофа заставила пересмотреть планы развития атомной энергетики во многих государствах. Так, в США были аннулированы заказы на 173 новых блока АЭС, в Германии на 27, в Англии на 13, во Франции на 12.

Вот мнение иностранных экспертов: "Ядерная энергетика практически повсюду неконкурентна. Более жёсткими становятся экологические требования к АЭС. Экономисты Мирового банка заявляют, что атомная энергия не может соревноваться с энергией, производимой на тепловых станциях, стоит только подсчитать издержки от вывода из эксплуатации старых реакторов и утилизации отработанного топлива".

***Показатели энергосистемы Республики Беларусь:***

|  |                |
|--|----------------|
| Территория, тыс. км <sup>2</sup>                       | 208            |
| Численность населения, млн. чел                        | 10.3           |
| Потребление электроэнергии на душу населения, кВтч/год | 3107           |
| Производство электроэнергии                            | 24.8 млрд.кВтч |
| Потребление электроэнергии                             | 32.0 млрд.кВтч |
| Импорт электроэнергии                                  | 7.2 млрд.кВтч  |

***Отпуск тепловой энергии***

|                                    |                |
|------------------------------------|----------------|
| С паром на производственные нужды  | 10.0 млн. ГКал |
| С горячей водой на отопление и пр. | 25.6 млн. ГКал |
| Всего                              | 35.6 млн. ГКал |
| в т.ч. из отборов турбин           | 21.7 млн. ГКал |

***Установленная мощность электростанций:***

|                        |    |            |
|------------------------|----|------------|
| ◆ Конденсационные      | 2  | 3330.0 МВт |
| ◆ Теплоэлектроцентрали | 20 | 3879.9 МВт |
| ◆ Гидроэлектростанции  | 9  | 6.8 МВт    |
| ◆ Промышленные         | 9  | 88.0 МВт   |
| ◆ Энергосистема, всего | 40 | 7304.7 МВт |

***Протяжённость линий электропередач***

|                     |          |
|---------------------|----------|
| ◆ Напряжение 750 кВ | 418 км   |
| ◆ Напряжение 330 кВ | 3951 км  |
| ◆ Напряжение 220 кВ | 2279 км  |
| ◆ Напряжение 110 кВ | 15957 км |

***Протяжённость тепловых сетей***

|                     |           |
|---------------------|-----------|
| ◆ Магистральных     | 739.6 км  |
| ◆ Распределительных | 1285.0 км |

Примерно половина всей белорусской электроэнергии производится на двух ГРЭС – Березовской и Новолукомльской.

Новолукомльская ГРЭС была введена в эксплуатацию в 1969г. и 1974г. На ней установлено 8 турбин К-300-240, общая мощность которых составляет 3400 МВт. Помимо этого, здесь установлено 8 котлов ТГМП-114 и ТГМП-314 с производительностью 950 тонн пара в час каждый.

Березовская ГРЭС во всех отношениях скромнее. Строилась она ещё в начале 60-х, когда энергосистема Беларуси только начала создаваться. С 1960 по 1967г.г. здесь было введено в строй 6 турбин общей мощностью 920 МВт.

Причиной критики в адрес этих электростанций является неэкономичность их работы: КПД ГРЭС составляет 40-45%. Пар выбрасывается в атмосферу невостребованным.

По гораздо более экономичному циклу работают ТЭЦ /теплоэлектроцентрали/. Здесь пар не выбрасывается, и КПД ТЭЦ составляет 90%. Всего в РБ насчитывается 20 ТЭЦ. Их совокупная мощность более половины общей мощности белорусской энергосистемы. ТЭЦ в крупных городах строились с тем, чтобы обеспечивать энергопотребности предприятий города. Беларусь, расположенная в центре Европы, обладает достаточно хорошими возможностями вовлечения в энергобаланс различных возобновляемых источников энергии. Согласно оценкам специалистов, освоение характерных для Беларуси возобновляемых источников позволит произвести количество энергии, эквивалентное сжиганию 18-20 млн.т. условного топлива в год. Это более 50% от потребляемого в 1995г. топлива