

МОДУЛЬ 2 ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Лекция 2.1

ВВЕДЕНИЕ

Генерация электричества – процесс получения электроэнергии из источников первичной энергии. Особенностью электричества является то, что оно не является первичной энергией, свободно присутствующей в природе в значительных количествах, и ее необходимо производить. Производство электричества происходит, как правило, с помощью генераторов на промышленных предприятиях, которые называются электростанциями (рис. 1).

В электроэнергетике генерация электроэнергии является первым этапом доставки электроэнергии конечным пользователям, другие этапы – передача, распределение, накопление и восстановление энергии на гидроаккумулирующих электростанциях.



Рис. 1. Турбогенератор

Основной принцип выработки электроэнергии был открыт в 1820-х и начале 1830-х годов британским ученым Майклом Фарадеем. Его метод, который используется и сегодня, заключается в том, что в замкнутом проводящем контуре при движении этого контура между полюсами магнита, возникает электрический ток.

С развитием техники экономически выгодной стала следующая схема производства электричества. Электрические генераторы, установленные на электростанции, централизованно вырабатывают электрическую энергию в виде переменного тока. С помощью силовых трансформаторов электрическое напряжение вырабатываемого переменного тока повышается, что позволяет передавать его по проводам с низкими потерями. На месте потребления электрической энергии, напряжение переменного тока снижается с помощью

понижающих трансформаторов и передаётся потребителям. Электрификация наряду с бессемеровским способом выплавки стали стала основой Второй промышленной революции. Основные изобретения, сделавшие электричество общедоступным и незаменимым, сделали Томас Алва Эдисон и Никола Тесла.

Производство электроэнергии на центральных электростанциях началось в 1882 году, когда на станции Пёрл-стрит в Нью-Йорке паровой двигатель, приводил в движение динамомашину, которая производила постоянный ток, для освещения Пёрл-стрит. Новая технология была быстро внедрена во многих городах по всему миру, которые быстро перевели осветительные фонари на электрическую энергию. Вскоре после этого электрические лампы стали широко использоваться в общественных зданиях, на предприятиях и для питания общественного транспорта, (трамваев и поездов). С тех пор производство электрической энергии в мире постоянно возрастает.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕРВИЧНЫХ ПРИРОДНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ И НЕВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Естественные (природные) источники, из которых энергия черпается для приготовления ее в нужных видах для различных технологических процессов, называются *энергетическими ресурсами*.

Различают следующие виды основных энергетических ресурсов: атомная энергия, водная энергия (то есть гидравлическая), энергия излучения солнца, энергия ветра, химическая энергия топлива.

Начиная с 50-х годов, неуклонно росла доля атомной энергии в топливно-энергетическом балансе индустриально развитых стран. Своеобразным пиком «атомного энтузиазма» явились 70-е годы, когда во многих странах мира были приняты грандиозные программы развития атомной энергетики. В середине 80-х годов крупнейшими продуцентами атомной энергетики в мире явились США, Франция, СССР, Великобритания, Канада, ФРГ, Испания, Бельгия. Но после ряда серьезных аварий на АЭС в США и в особенности после Чернобыльской аварии, ряд стран решили вообще отказаться от АЭС (Ирландия, Люксембург, Дания, Новая Зеландия, Австралия), другие страны решили ликвидировать уже построенные атомные реакторы (Швеция, Филиппины, Австрия). Однако США, Франция, ФРГ, Великобритания продолжают с разным успехом держать курс на развитие атомной энергетики.

На 1985 год в мире успешно работало около 280 АЭС, еще 230 АЭС находились на стадии строительства. По данным Информационной системы Международного агентства по

атомной энергии (МАГАТЭ) по энергетическим реакторам, на конец 1994 года в 30 странах эксплуатировалось 432 АЭС общей мощностью 340 ГВт. На них было произведено тогда около 17 % общемирового производства электро-энергии. И хотя темпы развития ядерной энергетики в последние годы в большинстве стран замедлились, тем не менее, в конце 1994 года в 15 странах сооружалось 48 АЭС.

Доля электроэнергии, производимой на АЭС, в восемнадцати странах мира превышает 20 %, в восьми – 40 % и в трех (Франция, Бельгия, Литва) – 50 %.

Первая в мире АЭС опытно-промышленного назначения мощностью 5 МВт была пущена в СССР 27 июня 1954 г. в г. Обнинске.

Доля выработки электроэнергии атомными станциями в России составляет около 16 % всей производимой электроэнергии. При этом в Европейской части страны доля атомной энергетики достигает 30 %, а на Северо-западе – 37 %. В РФ десять атомных станций: Балаковская АЭС, Белоярская АЭС, Билибинская АЭС, Калининская АЭС, Кольская АЭС, Курская АЭС, Ленинградская АЭС, Нововоронежская АЭС, Ростовская АЭС, Смоленская АЭС. На сегодняшний день находятся в стадии строительства Балтийская, Курская АЭС-2, Нижегородская, Костромская, Воронежская АЭС.

Гидроэнергетические установки подразделяются на: гидроэлектростанции, использующие энергию рек; приливные электростанции, использующие энергию приливов и отливов морей и океанов (ПЭС); гидроаккумулирующие станции (ГАЭС), способные накапливать и использовать энергию искусственных водоемов и озер.

Гидравлические электростанции, используют энергию падения водных потоков (см. рис. 2). Гидроэнергетика играет важную роль в структуре производства электроэнергии в мире (18,8 %) и в большинстве регионов. К числу ведущих стран по выработке электроэнергии ГЭС относятся: Китай – 1260, Россия – 850, Бразилия – 806, Канада – 536 ТВт·ч.

Первой ГЭС построенной в СССР по плану ГОЭЛРО была Днепровская ГЭС (рис. 3–5). Строительство ее началось в 1927 году в районе г. Запорожье. Последний 9-й агрегат был пущен в 1933 году. Мощность ГЭС – 560 МВт. Строительство водохранилища для ГЭС похорило знаменитые днепровские пороги (около 30 каменных гряд и десятков водоворотов), которые затрудняли судоходство по Днепру. Плотина гидроэлектростанции подняла уровень воды на 37,5 метра, образовав водохранилище емкостью 3 млрд м³. Во время войны плотина ДнепроГЭСа была взорвана и восстановлена после войны. В 1969 г. началось сооружение станции ДнепроГЭС-2 мощностью 836 МВт. ДнепроГЭС и поныне является флагманом энергетики Украины, чего, например, нельзя сказать о Чернобыльской АЭС.

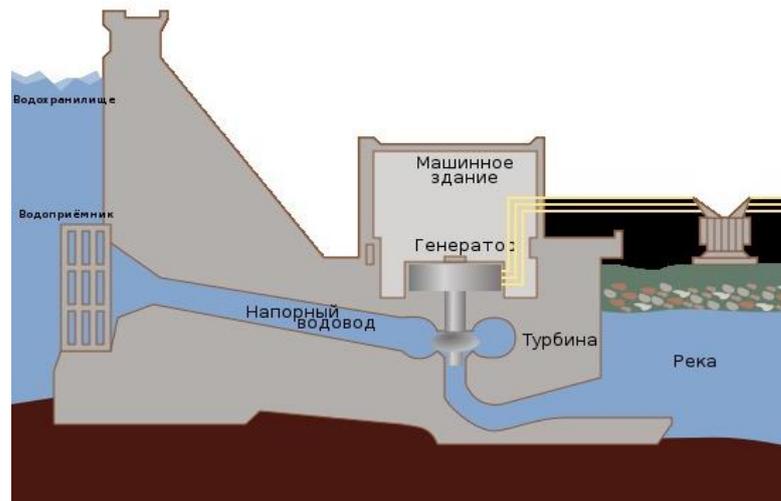


Рис. 2. Схема работы ГЭС



Рис. 3. Плотина и машзал Днепровской ГЭС

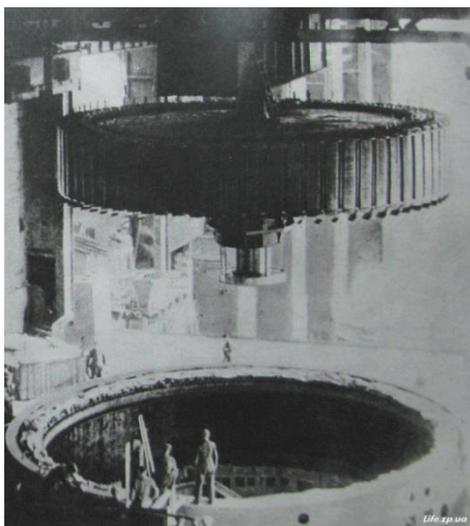


Рис. 4. Установка ротора в турбину

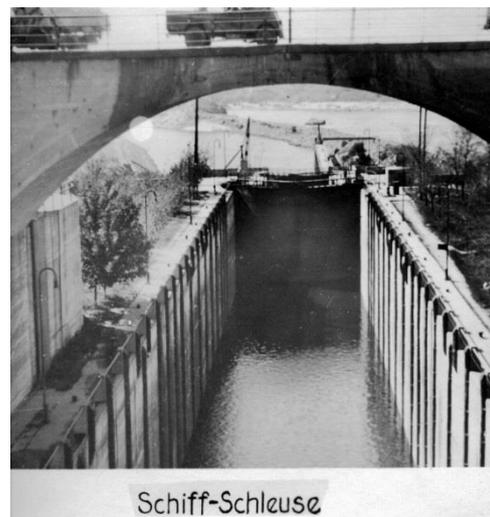


Рис. 5. Шлюз ДнепрОЭС

В начале 60-х в СССР приступили к постройке крупнейшей в России – Саяно-Шушенской ГЭС (рис. 6). Строительство плотины такого типа в каньоне такой полноводной реки, как Енисей, и в условиях сурового климата Сибири не имеет аналогов в мировой практике. Здесь возведена уникальная арочно-гравитационная плотина высотой 245 м, которая признана самым прочным в мире сооружением данного типа. Плотина рассчитана на сопротивление давлению в 18 млн тонн со стороны полностью заполненного паводковой водой резервуара. По новизне инженерных решений Саяно-Шушенская ГЭС на сегодняшний день превосходит практически все другие объекты гидроэнергетического строительства. При радиусе 600 м и длине по гребню 1074 м ее плотина имеет ширину в основании 105,7 м, на гребне 25 м. Это самая мощная ГЭС в России на сегодняшний день. Десять гидроагрегатов общей мощностью 6400 МВт вырабатывают самую дешевую электрическую энергию. В 2009 году на станции произошла [крупнейшая в истории российской гидроэнергетики авария](#), ставшая причиной гибели 75 человек. Восстановление станции завершилось 12 ноября 2014 года.

Саяно-Шушенская гидроэлектростанция имени П.С. Непорожного – крупнейшая по установленной мощности электростанция России, 9-я – среди действующих гидроэлектростанций в мире (на январь 2016 г.).

В бассейне реки Параны на границе Бразилии с Парагваем располагается крупнейшая в мире гидроэлектростанция Итайпу (рис. 7). Название Итайпу переводится с языка местных аборигенов гуарани как «звук камня».

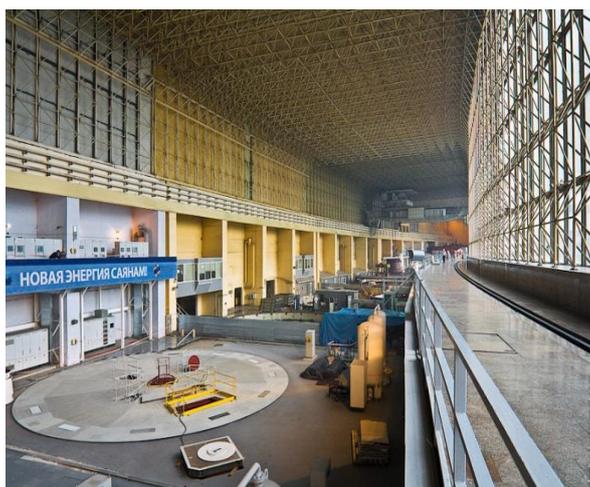


Рис. 6. Машинный зал Саяно-Шушенской ГЭС



Рис. 7. Плотина ГЭС Итайпу

В 1973 году Бразилия и Парагвай заключили совместное соглашение о строительстве станции, которая снабжала бы электроэнергией обе страны. Но только в 1991 г. Итайпу вышла на проектную мощность, когда в строй вступил последний, 18-й генераторный блок.

Сегодня электростанция Итайпу обеспечивает 79 % электроэнергии, потребляемой Парагваем, и 26 % электроэнергии потребляемой Бразилией.

В 2007 г. были введены в строй еще два генератора мощностью 700 МВт и мощность электростанции на сегодняшний день составляет 14000 МВт (для сравнения: вторая по мощности в мире гидроэлектро-станция Гури (Венесуэла) – 10200 МВт, Гранд-Куле (США) – 6500 МВт, Саяно-Шушенская – 6400 МВт.

Протяженность комбинированной главной плотины электростанции составляет 7,7 км, ширина 400 м, высота – 196 м (это высота 65-этажного дома), площадь водохранилища – 1350 км² и глубина 100 м. Бетонный водосброс с максимальным потоком в 62200 м³/с. Шлюзов нет. Коэффициент полезного действия (КПД) гидротурбин составляет 93,8%. Максимальное годовое производство электроэнергии 98,3 млрд кВт·ч было достигнуто в 2012 году.

Стоимость сооружения Итайпу экспертами первоначально оценивалась в 4,4 млрд долл., но из-за неэффективной политики сменявших друг друга диктаторских режимов реально составила 15,3 млрд долл.

Станция Итайпу уступила первое место в декабре 2007 года ГЭС «Три ущелья» (рис. 8).

Плотина ГЭС «Три ущелья» в Китае перекрыла реку Янцзы и стала самой большой плотиной в мире. Янцзы – «Голубая река» – третья великая река нашей планеты, после Нила и Амазонки. Ее протяженность – 6380 км.

Три ущелья, или по-китайски Санься, – название местности в среднем течении Янцзы, где в узкой долине реки сходятся с трех сторон ущелья Цютань, Уся и Силин. Протяженность этой области 193 км (рис. 9).



Рис. 8. Водосбросная плотина ГЭС «Три ущелья»

Главная цель, ради которой затеяно строительство ГЭС, – это уменьшение опасности наводнений. Из зоны затопления переселено 1,2 млн человек. При создании водохранилища было затоплено 27820 га обрабатываемых земель, под воду ушли города Ваньсянь и Ушань. На подготовку зоны затопления ушло около половины общих затрат проекта, оцениваемых в 22,5 млрд долл. Кроме того, подъем реки выше плотины улучшил речное судоходство и позволил использовать на Янцзы крупные суда водоизмещением до 10000 тонн (рис. 10).

Огромная ГЭС призвана решить и другую проблему – уменьшить выбросы в атмосферу вредных веществ. Три четверти производимой в Китае электроэнергии вырабатывается тепловыми электростанциями, работающими на угле, и колоссальное потребление угля Китаем – 1,6 млрд тонн в 2000 году представляло собой огромную угрозу окружающей среде. ГЭС «Три ущелья» позволит ежегодно сэкономить целую угольную шахту с мощностью выработки 50 млн тонн угля в год.



Рис. 9. Район трех ущелий



Рис. 10. Судоходство на Янцзы

Год начала строительства ГЭС – 1992, годы ввода агрегатов 2003–2012. На ГЭС установлено 32 турбоагрегата мощностью 700 МВт, общая электрическая мощность – 22500 МВт. Станция имеет двухниточный шлюз с пятью камерами. Высота плотины 185 м, длина плотины 2309 м. В сооружение заложен запас прочности, который позволит плотине выдержать 10-бальное землетрясение. Толщина стены дамбы, сделанной из железобетона повышенной прочности, достигает 100 м. Она почти пополам перерезала течение Янцзы.

Строительство ГЭС «Три ущелья» стало самым честолюбивым строительным проектом современного Китая и одновременно одним из наиболее спорных в мире. Но стоит сказать, что за счет выработки электроэнергии колоссальные затраты на сооружение ГЭС окупятся за 10 лет после окончания строительства.

Гидроэнергетические установки являются самыми экономичными. Их КПД достигает 93 %, а стоимость одного кВт·ч в 5–6 раз дешевле, чем при других способах получения электроэнергии. Они используют неисчерпаемый бесплатный источник энергии, обслуживаются минимальным количеством работников, хорошо регулируются.

В Южной Африке гидроэлектростанции производят 80 % всей электроэнергии, вчетверо больше, чем тепловая энергетика, и более чем в 50 раз больше, чем атомная.

Но, стоит сказать, что дальнейшее развитие ГЭС ограничено, т.к. в ряде районов мира и у нас в России водные ресурсы почти полностью использованы.

В России и странах Содружества Независимых Государств (СНГ) 16 крупных ГЭС мощностью 1000 МВт и более, в том числе в России – Красноярская, Братская, Саяно-Шушенская, Усть-Илимская ГЭС; в США – 12 ГЭС.

Приливные электростанции используют энергию приливов и отливов волны, образующейся в морях и океанах в результате сил притяжения, действующих между Землей, Луной и Солнцем (Кислогубская ПЭС). Недостатком ПЭС является большая стоимость их сооружения, а работают они только во время прилива и отлива.

Гидроаккумулирующие электростанции используют гидравлическую энергию, которую они сами накапливают, аккумулируют, перекачивая воду в специальный бассейн, и в необходимое время преобразовывают ее в электрическую, тем самым уменьшая или снимая кратковременные пиковые нагрузки. Кратковременность работы объясняется сравнительно небольшими объемами бассейнов.

Электрическая энергия на базе нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ) до последнего времени производилась в ограниченных масштабах. Доля НВИЭ в структуре мирового производства на начало 1999 г. составляла 1,5%. Основной причиной было отсутствие технических решений, имеющих достаточно высокую экономическую

эффективность. В последние годы использование НВИЭ для производства электроэнергии получило развитие. Западноевропейские страны планируют увеличить производство электроэнергии на базе НВИЭ к 2015 г. в среднем более чем на 10 %, особенно за счет использования энергии ветра (ВЭС) (см. рис. 11).

Определено, что энергию ветра можно широко использовать всюду, где его скорость превышает 3 м/с. У нас в стране к таким районам относятся: Азово-Черноморская зона, побережье Каспийского моря, Нижнее Поволжье, южная часть Западной Сибири, побережье озера Байкал, Приморский край, остров Сахалин, побережье Охотского моря, Камчатка, Курильская гряда, побережье Северного Ледовитого океана, где среднегодовая скорость ветра достигает 5...10 м/с в течение 270...320 суток в год. Для преобразования энергии ветра выпускаются опытно-промышленные серии ветроагрегатов: АВЭУ-6 мощностью 4 кВт для скоростей ветра до 50 м/с, АВЭУ-4 мощностью 1 кВт для умеренных скоростей ветра и АВЭУ-12 мощностью 16 кВт для расчетной скорости 10 м/с. Разрабатываются агрегаты с электрическими генераторами переменного тока мощностью 30 и 100 кВт, а также до 30 тыс. кВт с вертикальной осью и лопастями.



Рис. 11. Ветровая электростанция (Украина). Мощность 9МВт (3×3 МВт), высота до оси генератора 94 м, диаметр рабочего колеса 112 м

В настоящее время суммарная установленная мощность работающих в мире ветроэнергетических установок (ВЭУ) составляет ~10 ГВт. Из введенных в 1998 г. 2,1 ГВт ВЭУ 75 % приходилось на западноевропейские страны (Германия, Дания, Великобритания, Нидерланды, Швеция, Испания).

Нидерланды известны ветряными мельницами. Даже сегодня их все еще сохраняется

более тысячи. Но нигде в мире вы не увидите так много ветряных мельниц, как поблизости от голландской деревни Киндердейк. Девятнадцать мельниц, сооруженных здесь около 1740 г., хорошо сохранились и по сей день.

Мельницы Киндердейка откачивали излишки воды из полей, которые расположены ниже уровня моря. В 1981 г. здесь сооружена электрическая станция, имеющая пропускную способность 1500 м³ воды в минуту. А ансамбль ветряных мельниц Киндердейка в 1997 году включен в список Всемирного наследия ЮНЕСКО.

Ветровая электростанция «Тюпкильды» мощностью 2,2 МВт сооружена в Туймазинском районе Республики Башкортостан. Энергии такой электростанции достаточно для обеспечения 500 средних жилищ.

Такое же местное значение имеют электростанции, использующие энергию солнечного излучения – солнечные электростанции (СЭС).

Первая солнечная электростанция в нашей стране построена на территории Крыма мощностью 5 МВт. Солнечный парогенератор Крымской СЭС расположен на башне высотой 70 м. На Земле установлены здание электростанции, зеркальные гелиостаты, оборудованные автоматической системой наблюдения за положением Солнца на небосводе. Солнечные лучи, отраженные от зеркал гелиостатов, концентрируются на парогенераторе и нагревают циркулирующую в нем воду до температуры 250 °С при давлении 4 МПа, благодаря чему приводятся в действие турбины, связанные с генераторами электрической энергии. На электростанции предусмотрена возможность аккумуляции тепла, что позволяет обеспечивать работу турбины в облачную погоду и ночью. Ежегодная выработка около 6 млн кВт·ч электроэнергии позволяет СЭС сберечь до 2 тыс. т условного топлива. Основным недостатком СЭС является их большая стоимость.

Особый интерес проявляется к геотермальной энергии, имеющей естественный выход на поверхность земли в виде горячей воды и пара. В нашей стране к числу наиболее перспективных геотермальных районов относятся обширные территории на Камчатке, Сахалине, Северном Кавказе, Закавказье, в Крыму и Курильских островах. На Камчатке уже действует первая в стране Паужетская парогидротермальная электростанция (ГеоТЭС) мощностью 11 тыс. кВт. На очереди строительство Мутновской ГеоТЭС, которая будет вырабатывать электроэнергию уже в промышленных масштабах. Проектная мощность этой электростанции 200 тыс. кВт, она будет крупнейшей в мире среди ГеоТЭС. Обратная закачка отработанных геотермальных вод в подземные пласты делает ГеоТЭС экологически безвредной, что имеет большое значение для нормальной жизни многочисленных рек Камчатки, богатых ценными породами рыбы.

Ежегодный прирост мощности на базе НВИЭ при условии ввода вновь проектируемых

ГеоТЭС в первой декаде XXI века превысила 10 ГВт.

Использование нетрадиционных источников энергии сдерживается низкой плотностью потоков энергии, снимаемой с единицы поверхности преобразующего оборудования, и невозможностью постоянного использования большинства из них.

Пока же основное количество электроэнергии производится на ТЭС, ГЭС и АЭС.