**Источники Энергии.**

**ТЕПЛОВАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ (ТЭС),** *электростанция,* вырабатываю­щая электрическую энергию в результате пре­образования тепловой энергии, выделяю­щейся при сжигании органического топлива. Первые ТЭС появились в кон. 19 в (в 1882 — в Нью-Йорке, 1883 — в Петер­бурге, 1884 — в Берлине) и получили преимущественное распространение. В сер. 70-х гг. 20 в. ТЭС — основной вид элек­трической станций. Доля вырабатываемой ими электроэнергии составляла: в СССР и США св. 80% (1975), в мире около 76% (1973).

Среди ТЭС преобладают *тепловые паротурбинные электростанции* (ТПЭС), на которых тепловая энергия исполь­зуется в парогенераторе *для* получения водяного пара высокого давления, приводящего во вра­щение ротор *паровой турбины,* соединён­ный с ротором электрического генерато­ра (обычно *синхронного генератора).* В СССР на ТПЭС производится (1975) ~99% электроэнергии, вырабатываемой ТЭС. В качестве топлива на таких ТЭС используют уголь (преимущественно), мазут, природный газ, лигнит, торф, сланцы. Их кпд достигает 40%, мощ­ность -3 *Гвт;* в СССР создаются ТПЭС полной проектной мощностью до 5-6 *Гвт.*

ТПЭС, имеющие в качестве привода электрогенераторов *конденсационные тур­бины* и не использующие тепло отра­ботавшего пара для снабжения тепловой энергией внешних потребителей, называют *конденсационными электростанциями* (официальное назв. в СССР — Государственная рай­онная электрическая станция, или *ГРЭС).* На ГРЭС вырабатывается около 2/3 электро­энергии, производимой на ТЭС. ТПЭС оснащенные теплофикационными турби­нами и отдающие тепло отработавшего пара промышленным или коммунально-бытовым потребителям, называют *теплоэлектроцент­ралями* (ТЭЦ); ими вырабатывается около

1/3 электроэнергии, производимой на ТЭС.

ТЭС с приводом электрогенератора от *газовой турбины* называют *газотурбинными электростанциями* (ГТЭС). В камере сгорания ГТЭС сжигают газ или жидкое топливо; продукты сгорания с темпера­турой 750—900 "С поступают в газо­вую турбину, вращающую электрогене­ратор. Кпд таких ТЭС обычно составляет 26—28%, мощность — до нескольких со­тен *Мвт.* ГТЭС обычно применяются для покрытия пиков электрической нагрузки.*.*

ТЭС с *парогазотурбинной установ­кой,* состоящей из паротурбинного и газо­турбинного агрегатов, называют парогазовой электростанцией (ПГЭС), кпд которой может достигать 42 — 43%. ГТЭС и ПГЭС также могут отпу­скать тепло внешним потребителям, т. е. работать как ТЭЦ.

Иногда к ТЭС условно относят *атом­ные электростанции* (АЭС), электро­станции с *магнитогидродинамическими генераторами* (МГДЭС) и *геотермиче­ские электростанции.*

*.*

*.*

**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 энергию движущейся под напором воды в механическую энергию вращения которая, в свою очередь, преобразуется в электрическую энергию.

Напор ГЭС создается концентрацией падения реки на используемом участке плотиной(рис1), либо *деривацией* (рис. 2), либо плотиной и дери­вацией совместно (рис. 3). Основное энергетическое оборудование ГЭС размещается в здании ГЭС: в машинном зале электростанции — *гидроагрегаты,* вспомогательное оборудование, устройства автоматического управления и контроля; в центральном посту управления — пульт оператора-диспетчера или *автооператор гидро­электростанции.* Повышающая *транс­форматорная подстанция* размещается как внутри здания ГЭС, так и в отдельных зда­ниях или на открытых площадках. *Рас­пределительные устройства* зачастую располагаются на открытой площадке. Здание ГЭС может быть разделено на секции с одним или несколькими агрегатами и вспомогательным оборудованием, отделённые от смежных частей здания. При здании ГЭС или внутри него создаётся монтаж­ная площадка для сборки и ремонта раз­личного оборудования и для вспомогательных операций по обслуживанию ГЭС.

По установленной мощности (в *.Мвт)* различают ГЭС мощные (св. 250), сред­ние (до 25) и малые (до 5). Мощность ГЭС зависит от напора *На* (разности уровней верхнего и нижнего *бьефа),* расхода воды, используемого в гидротурбинах, и кпд гидроагрегата . По ряду причин (вследствие, например сезонных изменений уровня воды в во­доёмах, непостоянства нагрузки энерго­системы, ремонта гидроагрегатов или гидротехнических сооружений и т. п.) напор и расход воды непрерывно меняются, а кроме того, меняется расход при регули­ровании мощности ГЭС. Различают го­дичный, недельный и суточный циклы режима работы ГЭС.

По максимально используемому напо­ру ГЭС делятся на высоконапорные (более 60 *м),* средненапорные (от 25 до 60 *м)* и низконапорные (от 3 до 25 *м).* На равнинных реках напоры редко пре­вышают 100 *м ,* в горных условиях посредством плотины можно создавать напоры до 300 *м* и более, а с помощью дерива­ции — до 1500 *м.* Классификация по напору приблизительно соответствует ти­пам применяемого энергетического оборудова­ния: на высоконапорных ГЭС применяют ковшовые и радиально-осевые турби­ны с металлическими спиральными камера­ми; на средненапорных — поворотнолопастные и радиально-осевые турбины с железобетонными и металлическими спираль­ными камерами, на низконапорных — поворотнолопастные турбины в железо­бетонных спиральных камерах, иногда горизонтальные турбины в капсулах или в открытых камерах. Подразделение ГЭС по используемому напору имеет при­близительный, условный характер.

По схеме использования водных ре­сурсов и концентрации напоров ГЭС обыч­но подразделяют на русловые, приплотинные, деривационные с напорной и без­напорной деривацией, смешанные, гидроаккумулирующие и приливные. В русловых и приплотинных ГЭС напор воды создаётся плотиной, пе­регораживающей реку и поднимающей уровень воды в верхнем бьефе. При этом неизбежно некоторое затопление долины реки. В случае сооружения двух плотин на том же участке реки площадь затопле­ния уменьшается. На равнинных реках наибольшая экономически допустимая площадь затопления ограничивает высо­ту плотины. Русловые и приплотинныс ГЭС строят и на равнинных многоводных реках и на горных реках, в узких сжатых долинах.

В состав сооружений русловой ГЭС, кроме плотины, входят здание ГЭС и во­досбросные сооружения (рис. 4). Состав гидротехнических сооружений зависит от вы­соты напора и установленной мощности. У русловой ГЭС здание с размещенными в нём гидроагрегатами служит продолже­нием плотины и вместе с ней создаёт напорный фронт. При этом с одной сто­роны к зданию ГЭС примыкает верхний бьеф, а с другой — нижний бьеф. Под­водящие спиральные камеры гидротурбин своими входными сечениями заклады­ваются под уровнем верхнего бьефа, выходные же сечения отсасывающих труб погружены под уровнем нижнего бьефа.

В соответствии с назначением *гидроузла* в его состав могут входить судоходные *шлюзы* или *судоподъёмник, рыбопро­пускные сооружения,* водозаборные соо­ружения для ирригации и водоснабже­ния. В русловых ГЭС иногда единственным сооружением, пропускающим воду, является здание ГЭС. В этих случаях по­лезно используемая вода последовательно проходит входное сечение с мусорозадер-живающими решётками, спиральную ка-

меру, гидротурбину, отсасывающую тру­бу, а по спец. водоводам между сосед­ними турбинными камерами произво­дится сброс паводковых расходов реки. Для русловых ГЭС характерны напоры до 30—40 *м*  к простейшим русловым ГЭС относятся также ранее строившиеся сель­ские ГЭС небольшой мощности. На круп­ных равнинных реках основное русло пере­крывается земляной плотиной, к которой примыкает бетонная *водосливная пло­тина* и сооружается здание ГЭС. Такая компоновка типична для многих отечественных ГЭС на больших равнинных реках. *Волж­ская ГЭС* им. 22-го съезда КПСС— наиболее крупная среди станций русло­вого типа.

При более высоких напорах оказывает­ся нецелесообразным передавать на зда­ние ГЭС гидростатичное давление воды. В этом случае применяется тип плотиной ГЭС, у которой напорный фронт на всём протяжении перекрывается плотиной, а здание ГЭС располагается за пло­тиной, примыкает к нижнему бьефу (рис. 5). В состав гидравлической трассы меж­ду верхним и нижним бьефом ГЭС тако­го типа входят глубинный водоприёмник с мусорозадерживающей решёткой, тур­бинный водовод, спиральная камера, гидротурбина, отсасывающая труба. В качестве дополнит, сооружений в состав узла могут входить судоходные сооруже­ния и рыбоходы, а также дополнительные водо­сбросы Примером подобного типа станций на многоводной реке служит *Братская ГЭС* на реке Ангара.

Другой вид компоновки приплотинных ГЭС, соответствующий горным усло­виям, при сравнительно малых рас­ходах реки, характерен для *Нурекской ГЭС* на реке Вахш (Ср. Азия), проектной мощностью 2700 *Мвт.* Здание ГЭС от­крытого типа располагается ниже пло­тины, вода подводится к турбинам по одному или нескольким напорным туннелям*.* Иногда здание ГЭС размещают ближе к верх­нему бьефу в подземной (подземная ГЭС) выемке. Такая компоновка целе­сообразна при наличии скальных осно­ваний, особенно при земляных или на­бросных плотинах, имеющих значит. ширину. Сброс паводковых расходов производится через водосбросные тун­нели или через открытые береговые водо­сбросы.

В деривационных ГЭС кон­центрация падения реки создаётся по­средством деривации; вода в начале ис­пользуемого участка реки отводится из речного русла водоводом, с уклоном, зна­чительно меньшим, чем ср. уклон реки на этом участке и со спрямлением изги­бов и поворотов русла. Конец деривации подводят к месту расположения здания ГЭС. Отработанная вода либо возвраща­ется в реку, либо подводится к след. де­ривационной ГЭС. Деривация выгодна тогда, когда уклон реки велик. Деривац. схема концентрации напора в чистом виде (бесплотинный водозабор или с низкой водозаборной плотиной) на практике приводит к тому, что из реки забирается лишь небольшая часть её стока. В других случаях в начале деривации на реке соору­жается более высокая плотина и созда­ётся водохранилище; такая схема кон­центрации падения паз. смешанной, т. к. используются оба принципа создания на­пора. Иногда, в зависимости от местных условий, здание ГЭС выгоднее распола­гать на некотором расстоянии от конца используемого участка реки вверх по течению; деривация разделяется по от­ношению к зданию ГЭС на подводящую и отводящую. В ряде случаев с помощью деривации производится переброска сто­ка реки в соседнюю реку, имеющую бо­лее низкие отметки русла. Характер­ным примером является Ингурская ГЭС, где сток реки Ингури перебрасывается туннелем в соседнюю реку Эрисцкали (Кавказ).

Сооружения безнапорных де­ривационных ГЭС состоят из трёх основных групп: водозаборное соору­жение, водоприёмная плотина и собствен­но деривация (канал, лоток, безнапорный туннель). Дополнит, сооружениями на ГЭС с безнапорной деривацией являются отстойники и бассейны суточного регули­рования, напорные бассейны, холостые водосбросы и турбинные водоводы. Крупнейшая ГЭС с безнапорной подводящей деривацией — ГЭС Роберт-Мозес (США) с мощностью 1950 *Мвт,* а с безнапорной отводящей деривацией — Ингурская ГЭС (СССР) мощностью 1300 *Мвт.*

На ГЭС с напорной дерива­цией водовод (туннель, металлическая, деревянная или железобетонная труба) прокладывается с несколько большим про­дольным уклоном, чем при безнапорной деривации. Применение напорной подводящей деривации обу­словливается изменяемостью горизон­та воды в верхнем бьефе, из-за чего в процессе эксплуатации изменяется и внутренний напор деривации. В состав соору­жений ГЭС этого типа входят: плотина, водозаборный узел, деривация с напор­ным водоводом, станционный узел ГЭС с уравнительным резервуаром и турбин­ными водоводами, отводящая деривация в виде канала или туннеля (при подзем­ной ГЭС). Крупнейшая ГЭС с напорной подводящей деривацией — Нечако-Кемано (Канада) проектной мощностью 1792 *Мвт.*

ГЭС с напор ной отводящей деривацией применяется в усло­виях значит, изменений уровня воды в реке в месте выхода отводящей дерива­ции или по экономическим соображениям, В этом случае необходимо сооружение уравнительного резервуара (в начале отводя­щей деривации) для выравнивания не­установившегося потока воды в реке. Наиболее мощная ГЭС (350 *Мвт)* этого типа — ГЭС Харспронгет (Швеция),

Особое место среди ГЭС занимают *гидроаккумулирующие электростанции* (ГАЭС) и *приливные электростанции* (ПЭС). Сооружение ГАЭС обусловлено ростом потребности в пиковой мощности в крупных энергетических системах, что и определяет генераторную мощность, тре­бующуюся для покрытия пиковых на­грузок. Способность ГЛЭС аккумулиро­вать энергию основана на том, что сво­бодная в энергосистеме в некоторрый пе­риод времени (провала графика потреб­ности) электрическая энергия используется агрегатами ГАЭС, которые, работая в ре­жиме насоса, нагнетают воду из водохра­нилища в верхний аккумулирующий бас­сейн. В период пиков нагрузки аккуму­лированная т. о. энергия возвращается в энергосистему (вода из верхнего бассей­на поступает в напорный трубопровод и вращает гидроагрегаты, работающие в режиме генератора тока). Мощность отд. ГАЭС с такими обратимыми гидроагрега­тами достигает 1620 *Мвт* (Корнуолл, США).

ПЭС преобразуют энергию морских приливов в электрическую. Электроэнер­гия приливных ГЭС в силу некоторых особенностей, связанных с периодичным ха­рактером приливов и отливов, может быть использована в энергосистемах лишь совместно с энергией регулирующих электростанций, которые восполняют про­валы мощности приливных электростан­ций в течение суток или месяцев. В 1967 во Франции было завершено стро­ительство крупной ПЭС на реке Ране (24 агрегата общей мощностью 240 *Мвт).* В СССР в 1968 в Кислой Губе (Кольский п-ов) вступила в строй первая опытная ПЭС мощностью 0,4 *Мвт,* на которой ныне проводятся эксперименталь­ные работы для будущего строительства ПЭС.

По характеру использования воды и условиям работы различают ГЭС на бытовом стоке без регулирования, с суточным, недельным, сезонным (годовым) и многолетним регулированием. Отдельные ГЭС или каскады ГЭС, как прави­ло, работают в системе совместно с *конденсационными электростанциями* (КЭС), теплоэлектроцентралями (ТЭЦ), *атомными электростанциями* (АЭС), газотурбинными установками (ГТУ), причём в зависимости от характера уча­стия в покрытии графика нагрузки энер­госистемы ГЭС могут быть базисными, полупиковыми и пиковыми*.*

Важнейшая особенность гидроэнергетических ресурсов по сравнению с топливно-энергетическими ресурсами — их непрерывная возобновляемость. Отсутствие потребности в топливе для ГЭС определяет низ­кую себестоимость вырабатываемой на ГЭС электроэнергии. Поэтому сооруже­нию ГЭС, несмотря на значительные, удельные капиталовложения на 1 *квт* установлен­ной мощности и продолжительные сроки строи­тельства, придавалось и придаётся боль­шое значение, особенно когда это связано с размещением электроёмких производств.

Одни из первых гидроэлектрических уста­новок мощностью всего в несколько сотен Втбыли сооружены в 1876—81 в Штангассе и Лауфене (Германия) и в Грейсайде (Ан­глия). Развитие ГЭС и их промышленное исполь­зование тесно связано с проблемой пере­дачи электроэнергии на расстояние: как правило, места, наиболее удобные для сооружения ГЭС, удалены от основных потре­бителей электроэнергии. Протяжённость существовавших в то время линий электро­передач не превышала 5—10 *км,* самая длинная линия 57 *км.* Сооружение линии электропередачи (170 *км)* от Лауфенской ГЭС до Франкфурта-на-Майне (Герма­ния) для снабжения электроэнергией Международный электротехнический выставки (1891) открыла широкие возможности для развития ГЭС. В 1892 промышленный ток дала ГЭС, построенная на водопаде в Бюлахе (Швейцария), почти одновременно в 1893 были построены ГЭС в Гелыпене (Шве­ция), на реке Изар (Германия) и в Кали­форнии (США). В 1896 вступила в строй Ниагарская ГЭС (США) постоянного то­ка; в 1898 дала ток ГЭС Рейпфельд (Гер­мания), а в 1901 стали под нагрузку гид­рогенераторы ГЭС Жонат (Франция).

В России существовали, но так и не бы­ли реализованы детально разработанные проекты ГЭС русских учёных Ф. А. Пироцкого, И. А. Тиме, Г. О. Графтио, И. Г. Александрова и др., предусмат­ривавших, в частности, использование порожистых участков рек Днепр, Вол­хов, Западная Двина, Вуокса и др. Так, напр., уже в 1892—95 русским инженером В. Ф. Добротворским были составлены проекты сооружения ГЭС мощностью 23,8 *Мвт* на реке Нарова и 36,8 *Мвт* на водопаде

Б. Иматра. Реализации этих проектов препятствовали как косность царской бюрократии, так и интересы частных капиталистических групп, связанных с топливной промышленностью. Первая промышленная ГЭС в России мощностью около 0,3 *Мвт* (300 *квт)* была построена в 1895—96 под руководством русских инженеров В.Н.Чиколсва и Р. Э. Классона для электро­снабжения Охтинского порохового завода в Петербурге. В 1909 закончилось строи­тельство крупнейшей в дореволюционной Рос­сии Гиндукушской ГЭС мощностью 1,35 *Мвт* (1350 *квт)* на р. Мургаб (Туркмения). В период 1905—17 всту­пили в строй Саткинская, Алавердинская, Каракультукская, Тургусунская, Сестроредкая и др. ГЭС небольшой мощ­ности. Сооружались также частные фаб­рично-заводские гидроэлектрические установ­ки с использованием оборудования ино­странных фирм.

1-я мировая война 1914—18 и связан­ный с ней интенсивный рост промышленности некоторых западных стран повлекли за собой раз­витие действовавших и строительство новых энергопромышленных центров, в т. ч. на базе ГЭС. В результате мощность ГЭС во всём мире к 1920 достигла 17 тыс. *Мвт,* а мощ­ность отдельных ГЭС, напр. Масл-Шолс (США), Иль-Малинь (Канада), превысила 400 *Мвт* (400 тыс. *квт).*

Общая мощность ГЭС России к 1917 составляла всего около 16 *Мвт:* самой круп­ной была Гиндукушская ГЭС. Строи­тельство мощных ГЭС началось по су­ществу только после Великой Октябрьской социалистической революции. В восстановит. период (20-е гг.) в соответствии с планом *ГОЭЛРО* были построены первые круп­ные ГЭС — Волховская (ныне *Волхов­ская ГЭС* им. В. И. Ленина) и *ЗемоАечальская ГЭС* им. В. И. Ленина. В годы первых пятилеток (1929—40) всту­пили в строй ГЭС — Днепровская, Нижнесвирская, Рионская и др.

К началу Великой Отечеств, войны 1941—45 было введено в эксплуатацию 37 ГЭС общей мощностью более 1500 *Мвт.* Во время войны было приостановлено на­чатое строительство ряда ГЭС общей мощ­ностью около 1000 *Мвт* (1 млн. квт). Значит, часть ГЭС общей мощностью около 1000 *Мвт* оказалась разрушенной или демонтированной. Началось соору­жение новых ГЭС малой и средней мощ­ности на Урале (Широковская, Верхотурская, Алапаевская, Белоярская и др. ), в Средней Азии (Аккавакские, Фархадская, Саларская, Нижнебуэсуйские и др.), на Северном Кавказе (Майкопская, Орджоникидзевская, Краснополянская), в Азербайджане (Мингечаурская ГЭС), в Грузии (Читахевская ГЭС) и в Армении (Гюмушская ГЭС). К кон. 1945 в Совет­ском Союзе мощность всех ГЭС, вместе с восстановленными, достигла 1250 *Мвт,* а годовая выработка электроэнергии — 4,8 млрд. *квт-ч.*В начале 50-х гг. развернулось стро­ительство крупных гидроэлектростанций на р. Волге у города. Горького, Куйбышева и Волгограда, Каховской и Кременчугской ГЭС на Днепре, а также Цимлян­ской ГЭС на Дону. Волжские ГЭС им. В. И. Ленина и им. 22-го съезда КПСС стали первыми из числа наиболее мощ­ных ГЭС в СССР и в мире. -Во 2-й пол. 50-х гг. началось строительство Брат­ской ГЭС на реке Ангаре и *Красноярской ГЭС* на р. Енисее. С 1946 .по 1958 в СССР были построены и восстановлены 63 ГЭС общей мощностью 9600 *Мвт.* За семилетие 1959—65 было введено 11 400 *Мвт* новых гидравлических мощностей и суммарная мощность ГЭС достигла 22200 *Мвт* (табл. 1). К 1970 в СССР продолжалось строительство 35 промышленных ГЭС (суммарной мощностью 32 000 *Мвт),* в т. ч. 11 ГЭС единичной мощностью свы­ше 1000 *Мвт:* Саяно-Шушенская, Крас­ноярская, Усть-Илимская, Нурекская, Ингурская, Саратовская, Токтогульская, Нижнекамская, Зейская, Чиркейская, Чебоксарская.

В 60-х гг. наметилась тенденция к сни­жению доли ГЭС в общем мировом производстве электроэнергии и всё большему использованию ГЭС для покрытия пико­вых нагрузок. К 1970 всеми ГЭС мира производилось около 1000 млрд. *квт-ч* электроэнергии в год, причём начиная с 1960 доля ГЭС в мировом производстве сни­жалась в среднем за год примерно на 0,7% . Особенно быстро снижается доля ГЭС в общем производстве электроэнергии в ранее традиционно считавшихся «гидроэнер­гетическими» странах (Швейцария, Ав­стрия, Финляндия, Япония, Канада, от­части Франция), т. к. их экономический гидроэнергетический потенциал практи­чески исчерпан.

Несмотря на снижение доли ГЭС в общей выработке, абсолютные значения производства электроэнергии и мощности ГЭС непрерывно растут вследствие строитель­ства новых крупных электростанций. В 1969 в мире насчитывалось свыше 50 дей­ствующих и строящихся ГЭС единичной мощностью 1000 *Мвт* и выше, причём 16 из них — в Советском Союзе.

Дальнейшее развитие гидроэнергетического строительства в СССР предусматривает сооружение каскадов ГЭС с комплексным использованием водных ре­сурсов в целях удовлетворения нужд сов­местно энергетики, водного транспорта, водоснабжения, ирригации, рыбного хозяйствава и пр. Примером могут служить Днепров­ский, Волжско-Камский, Ангаро-Енисейский, Севанский и др. каскады ГЭС.

Крупнейшим районом гидроэнергостроительства СССР до 50-х гг. 20 в. тради­ционно была Европейская часть территории Союза, на долю которойрой приходилось около 65% элек­троэнергии, вырабатываемой всеми ГЭС СССР. Для современного гидроэнергостроительства характерно: продолжение строитель­ства и совершенствование низко и средне-напорных ГЭС на реках Волге, Каме, Днепре, Даугаве и др., строительство крупных высоконапорных ГЭС в трудно­доступных р-нах Кавказа, Ср. Азии, Вост. Сибири и т. п., строительство сред­них и крупных деривационных ГЭС на горных реках с большими уклонами с использованием переброски стока в со­седние бассейны, но главное — строи­тельство мощных ГЭС на крупных реках Сибири и Д. Востока — Енисее, Ангаре, Лене и др. ГЭС, сооружаемые в богатых гидроэнергоресурсами р-нах Сибири и Д. Востока, вместе с тепловыми электро­станциями, работающими на местном органическом топливе (природный газ, уголь, нефть), станут основной энергетической базой для снабжения дешёвой электроэнергией раз­вивающейся промышленности Сибири, Средней Азии и Европейской части СССР.

**атомная ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ (АЭС)**, электростанция, в которой атомная (ядер­ная) энергия преобразуется в элект­рическую. Генератором энергии на АЭС является атомный реактор (см. *Ядер­ный 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 233U, 235U, 239Pu) *При делении 1 г изотопов урана или плутония высво­бождается 22 500 квт • ч,* что эквивалентно энергии, содержащейся в 2800 *кг* услов­ного топлива. Установлено, что мировые энергетические ресурсы ядерного горючего (уран, плутоний и др.) существенно превышают энергоресурсы природных запасов органического, топлива (нефть, уголь, природный газ и др.). Это открывает широкие перспективы для удовлетворе­ния быстро растущих потребностей в топ­ливе. Кроме того, необходимо учиты­вать всё увеличивающийся объём потреб­ления угля и нефти для технологических целей мировой химической промышленности, которая становится серьёзным конкурентом тепло­вых электростанций. Несмотря на откры­тие новых месторождений органического топ­лива и совершенствование способов его добычи, в мире наблюдается тенденция к относительному, увеличению его стоимости. Это создаёт наиболее тяжёлые условия для стран, имеющих ограниченные запасы топлива органического происхождения. Очевидна необходимость быстрейшего развития атомной энергетики, края уже занимает заметное место в энергетическом балансе ряда промышленных стран мира.

Первая в мире АЭС опытно-промышленного на­значения (рис. 1) мощностью 5 *Мвт* была пущена в СССР 27 июня 1954 г. в г. Обнинске. До этого энергия атомного ядра использовалась в военных це­лях. Пуск первой АЭС ознаменовал от­крытие нового направления в энергети­ке, получившего признание на 1-й Международной научно-технической конференции по мирному использованию атомной энер­гии (август 1955, Женева).

В 1958 была введена в эксплуатацию 1-я очередь Сибирской АЭС мощностью 100 *Мвт* (полная проектная мощность 600 *Мвт).* В том же году развернулось строительство Белоярской АЭС, а 26 апреля 1964 генератор 1-й очереди (блок мощностью 100 *Мвт)* выдал ток в Свердловскую энергосистему, 2-й блок мощностью 200 *Мвт* сдан в эксплуата­цию в октябре 1967. Отличительная особенность Белоярской АЭС — перегрев пара (до получения нужных параметров) непосредственно в ядерном реакторе, что позволило применить на ней обычные современные турбины почти без всяких переделок.

В сентябре 1964 был пущен 1-й блок Ново­воронежской АЭС мощностью 210 *Мвт.* Себестоимость 1 *квт • ч* электроэнергии (важнейший экономический показатель ра­боты всякой электростанции) на этой АЭС систематически снижалась: она составляла 1,24 коп. в 1965, 1,22 коп. в 1966, 1,18 коп. в 1967, 0,94 коп. в 1968. Первый блок Нововоронежской АЭС был построен не только для промышленного поль­зования, но и как демонстрация объект для показа возможностей и преимуществ атомной энергетики, надёжности и безо­пасности работы АЭС. В ноября 1965 в г. Мелекессе Ульяновской обл. вступила в строй АЭС с *водо-водяным реактором* «кипящего» типа мощностью 50 *Мвт.,* реактор собран по одноконтурной схе­ме, облегчающей компоновку станции. В декабре 1969 был пущен второй блок Нововоронежской АЭС (350 *Мвт).*

За рубежом первая АЭС промышленного назна­чения мощностью 46 *Мвт* была введена в эксплуатацию в 1956 в Колдер-Холле (Англия). Через год вступила в строй АЭС 1 мощностью 60 *Мвт.* в Шиппингпорт (США).

Принципиальная схема АЭС с ядерным реактором, имеющим водяное охлаждение, приведена на рис. 2. Тепло, выделяется в *активной зоне* реактора, *теплоносителем* вбирается водой *(теплоносителем)* 1-г контура, которая прокачивается через реактор циркуляционным насосом *г* Нагретая вода из реактора поступав в теплообменник (парогенератор) *3,* где передаёт тепло, полученное в реакторе воде 2-го контура. Вода 2-го контура испаряется в парогенераторе, и образуется пар поступает в турбину *4.*

Наиболее часто на АЭС применяют 4 типа реакторов на тепловых нейтронах 1) водо-водяные с обычной водой в качестве замедлителя и теплоносителя; 2) графито-водные с водяным теплоносителем и графитовым замедлителем; 3) тяжеловодные с водяным теплоносителем и тяжёлой водой в качестве замедлителя 4) графито-газовые с газовым теплоноси­телем и графитовым замедлителем.

Выбор преимущественно применяемого типа реактора определяется главным образом на­копленным опытом в реактороносителе а также наличием необходимого промышленного оборудования, сырьевых запасов и т. л. В СССР строят главным образом графито-водные и водо-водяные реакторы. На АЭС США наибольшее распространение получили водо-водяные реакторы. Графито-газо­вые реакторы применяются в Англии. В атомной энергетике Канады преобла­дают АЭС с тяжеловодными реакторами.

В зависимости от вида и агрегатного со­стояния теплоносителя создается тот или иной термодинамический цикл АЭС. Выбор верх­ней температурной границы термодинамического цикла определяется максимально допусти­мой темп-рой оболочек *тепловыделяющих элементов* (ТВЭЛ), содержащих ядерное го­рючее, допустимой темп-рой собственно ядер­ного горючего, а также свойствами теплоноси­теля, принятого для данного типа реактора. На АЭС. тепловой реактор которой охлаждает­ся водой, обычно пользуются низкотемпера­турными паровыми циклами. Реакторы с газовым теплоносителем позволяют применять относительно более экономичные циклы водяного пара с повышенными начальными дав­лением и темп-рой. Тепловая схема АЭС в этих двух случаях выполняется 2-контурной: в 1-м контуре циркулирует теплоноситель, 2-й контур — пароводяной. При реакторах с кипящим водяным или высокотемпературным газовым теплоносителем возможна одно­контурная тепловая АЭС. В кипящих реак­торах вода кипит в активной зоне, полученная пароводяная смесь сепарируется, и насыщенный пар направляется или непосредственно в турбину, или предварительно возвращается в активную зону для перегрева.

 (рис. 3). В высокотемпературных графито-газовых реакторах возможно применение обычного газотурбинного цикла. Реактор в этом случае выполняет роль камеры сго­рания.

При работе реактора концентрация де­лящихся изотопов в ядерном топливе постепенно уменьшается, и топливо выгорает. Поэтому со временем их заме­няют свежими. Ядерное горючее пере­загружают с помощью механизмов и при­способлений с дистанционным управлением. Отработавшее топливо переносят в бас­сейн выдержки, а затем направляют на переработку.

К реактору и обслуживающим его си­стемам относятся: собственно реактор с *биологической защитой, теплообменни­ки, насосы* или газодувные установки, осуществляющие циркуляцию теплоноси­теля; трубопроводы и арматура циркуляции контура; устройства для перезагруз­ки ядерного горючего; системы спец. вентиляции, аварийного расхолаживания и др.

В зависимости от конструктивного ис­полнения реакторы имеют отличит, осо­бенности: в *корпусных реакторах* топливо и замедлитель расположены внутри корпу­са, несущего полное давление теплоно­сителя; в *канальных реакторах* топливо, охлаждаемые теплоносителем, устанавли­ваются в спец. трубах-каналах, пронизы­вающих замедлитель, заключённый в тонкостенный кожух. Такие реакторы применяются в СССР (Сибирская, Белоярская АЭС и др.),

Для предохранения персонала АЭС от радиационного облучения реактор окружают биологической защитой, основным материалом для которой служат бетон, вода, серпантиновый песок. Оборудование реакторного контура должно быть полностью герме­тичным. Предусматривается система конт­роля мест возможной утечки теплоноси­теля, принимают меры, чтобы появление не плотностей и разрывов контура не приводило к радиоактивным выбросам и загрязнению помещений АЭС и окружаю­щей местности. Оборудование реакторно­го контура обычно устанавливают в герметичных боксах, которые отделены от остальных помещений АЭС биологической защитой и при работе реактора не обслу­живаются, Радиоактивный воздух и не­большое количество паров теплоносителя, обусловленное наличием протечек из контура, удаляют из необслуживаемых помещений АЭС спец. системой вентиляции, в которой для исключения возможно­сти загрязнения атмосферы предусмот­рены очистные фильтры и газгольдеры выдержки. За выполнением правил ра­диационной безопасности персоналом АЭС сле­дит служба дозиметрического контроля.

При авариях в системе охлаждения реактора для исключения перегрева и нарушения герметичности оболочек ТВЭЛов предусматривают быстрое (в течение несколько секунд) глушение ядер­ной реакции; аварийная система расхо­лаживания имеет автономные источники питания.

Наличие биологической защиты, систем спец. вентиляции и аварийного расхо­лаживания и службы дозиметрического контро­ля позволяет полностью обезопасить обслуживающий персонал АЭС от вред­ных воздействий радиоактивного облу­чения.

Оборудование машинного зала АЭС аналогично оборудованию машинного зала ТЭС. Отличит, особенность боль­шинства АЭС — использование пара сравнительно низких параметров, на­сыщенного или слабо перегретого.

При этом для исключения эрозионного повреждения лопаток последних ступеней турбины частицами влаги, содержащейся в пару, в турбине устанавливают сепари­рующие устройства. Иногда необходимо применение выносных сепараторов и промежуточных перегревателей пара. В связи с тем что теплоноситель и со­держащиеся в нём примеси при прохож­дении через активную зону реактора активируются, конструктивное решение оборудования машинного зала и системы охлаждения конденсатора турбины од­ноконтурных АЭС должно полностью исключать возможность утечки теплоно­сителя. На двухконтурных АЭС с высо­кими параметрами пара подобные требо­вания к оборудованию машинного зала не предъявляются.

В число специфичных требований к компоновке оборудования АЭС входят: минимально возможная протяжённость коммуникаций, связанных с радиоак­тивными средами, повышенная жёст­кость фундаментов и несущих конст­рукций реактора, надёжная организа­ция вентиляции помещений. показан раз­рез главного корпуса Белоярской АЭС с канальным графито-водным реакто­ром. В реакторном зале размещены: реактор с биологической защитой, запасные ТВЭЛы и аппаратура контроля. АЭС скомпонована по блочному принципу реактор—турбина. В машинном зале рас­положены турбогенераторы и обслужи­вающие их системы. Между машинным II реакторным залами размещены вспомогательные оборудование и системы управле­ния станцией.

Экономичность АЭС определяется её основным техническим показателями: единичная мощность реактора, энергонапря­жённость активной зоны, глубина вы­горания ядерного горючего, коэффецента ис­пользования установленной мощности АЭС за год. С ростом мощности АЭС удельные капиталовложения в псе (стои­мость установленного *кет)* снижаются более резко, чем это имеет место для ТЭС. В этом главная причина стремле­ния к сооружению крупных АЭС с большой единичной мощностью блоков. Для экономики АЭС характерно, что доля топливной составляющей в себестоимости вырабатываемой электроэнергии 30 - 40% (на ТЭС 60—70%). Поэтому круп­ные АЭС наиболее распространены в промышленно развитых районах с огра­ниченными запасами обычного топлива, а АЭС небольшой мощности — в трудно­доступных или отдалённых районах, напр. АЭС в пос. Билибино (Якут. ЛССР с электрической мощностью типового блока 12 *Мет.* Часть тепловой мощности реактора этой АЭС (29 Мет) расходу ст­оя на теплоснабжение. Наряду с выработ­кой электроэнергии АЭС используются также для опреснения морской воды. Так, Шевченковская АЭС (Казах. ССР) электрической мощностью 150 *Мвт* рассчи­тана на опреснение (методом дистилля­ции) за сутки до

150 000 *т* воды из Кас­пийского м.

В большинстве промышленно развитых стран (СССР, США, Англия, Фран­ция, Канада, ФРГ, Япония, ГДР и др.) по прогнозам мощность действующих и строящихся АЭС к 1980 будет доведена до десятков *Гвт.* По данным Международного атомного агентства ООН, опубликован­ным в 1967, установленная мощность всех АЭС в мире к 1980 достигнет 300 *Гвт.*

В Сов. Союзе осуществляется широкая программа ввода в строй крупных энер-гетич. блоков (до 1000 Мет) с реакторами на тепловых нейтронах. В 1948—49 были начаты работы по реакторам на бы­стрых нейтронах для промышленной АЭС. Физической особенности таких реакторов позволяют осуществить расширенное воспроизводство ядерного горючего (коэффициент воспроизводства от 1,3 до 1,7), что даёт возможность использовать не только 235U *,* но и сырье­вые материалы 238U и 232Th . Кроме того, реакторы на быстрых нейтронах не со­держат замедлителя, имеют сравнитель­но малые размеры и большую загрузку. Этим и объясняется стремление к интен­сивному развитию быстрых реакторов в СССР. Для исследований по быстрым реакторам были последовательно соору­жены экспериментальные и опытные реакторы БР-1, БР-2, БР-З, БР-5, БФС. Полученный опыт обусловил переход от исследований модельных установок к проектированию и сооружению промышленных АЭС на быстрых нейтронах (БН-350) в г. Шевченко и (БН-600) на Белоярской АЭС. Ведутся исследования реакторов для мощных АЭС, напр. в г. Мелексссе построен опытный реактор БОР-60.

 Крупные АЭС сооружаются и в ряде развивающихся стран (Индия, Паки­стан и др.).

На 3-й Международной научно-технической конференции по мирному использова­нию атомной энергии (1964, Женева) было отмечено, что широкое освоение ядерной энергии стало ключевой пробле­мой для большинства стран. Состояв­шаяся в Москве в августе 1968 7-я Мировая энергетическим конференция (МИРЭК-УП) подтвердила актуальность проблем выбо­ра направления развития ядерной энер­гетики на следующем этапе (условно 1980—2000), когда АЭС станет одним из оси. производителей электроэнергии.

*ЭНЕРГИЯ СОЛНЦА*

В последнее время интерес к проблеме использования сол­нечной энергии резко возрос, и хотя этот источник также отно­сится к возобновляемым, внимание, уделяемое ему во всем мире, заставляет нас рассмотреть его возможности отдельно.

Потенциальные возможности энергетики, основанной на использовании непосредственно солнечного излучения, чрезвычайно велики.

Заметим, что использование всего лишь 0.0125 % этого ко­личества энергии Солнца могло бы обеспечить все сегодняшние потребности мировой энергетики, а использование 0.5 % - пол­ностью покрыть потребности на перспективу.

К сожалению, вряд ли когда-нибудь эти огромные потенци­альные ресурсы удастся реализовать в больших масштабах. Одним из наиболее серьезных препятствий такой реализации является низкая интенсивность солнечного излучения. Даже при наилучших атмосферных условиях ( южные широты, чистое небо ) плотность потока солнечного излучения составляет не более 250 Вт/м2. По­этому, чтобы коллекторы солнечного излучения «собирали» за год энергию, необходимую для удовлетворения всех потребностей че­ловечества нужно разместить их на территории 130 000 км2 !

Необходимость использовать коллекторы огромных размеров, кроме того, влечет за собой значительные материальные затраты. Простейший коллектор солнечного излучения представляет собой зачерненный металлический ( как правило, алюминиевый ) лист, внутри которого располагаются трубы с циркулирующей в ней жид­костью. Нагретая за счет солнечной энергии, поглощенной кол­лектором, жидкость поступает для непосредственного использова­ния. Согласно расчетам изготовление коллекторов солнечного из­лучения площадью 1 км2, требует примерно 10^4 тонн алюминия. Доказанные же на сегодня мировые запасы этого металла оценива­ются в 1.17\*10^9 тонн.

Из написанного ясно, что существуют разные факторы, огра­ничивающие мощность солнечной энергетики. Предположим, что в будущем для изготовления коллекторов станет возможным приме­нять не только алюминий, но и другие материалы. Изменится ли ситуация в этом случае ? Будем исходить из того, что на от­дельной фазе развития энергетики ( после 2100 года ) все миро­вые потребности в энергии будут удовлетворяться за счет сол­нечной энергии. В рамках этой модели можно оценить, что в этом случае потребуется «собирать» солнечную энергию на площади от 1\*10^6 до 3\*10^6 км2. В то же время общая площадь пахотных зе­мель в мире составляет сегодня 13\*10^6 км2.

Солнечная энергетика относится к наиболее материалоемким видам производства энергии. Крупномасштабное использование солнечной энергии влечет за собой гигантское увеличение пот­ребности в материалах, а следовательно, и в трудовых ресурсах для добычи сырья, его обогащения, получения материалов, изго­товление гелиостатов, коллекторов, другой аппаратуры, их пере-

возки. Подсчеты показывают, что для производства 1 МВт\*год электрической энергии с помощью солнечной энергетики потребу­ется затратить от 10 000 до 40 000 человеко-часов. В традици­онной энергетике на органическом топливе этот показатель сос­тавляет 200-500 человеко-часов.

Пока еще электрическая энергия,рожденная солнечными луча­ми, обходится намного дороже, чем получаемая традиционными способами. Ученые надеются, что эксперименты,которые они прове­дут на опытных установках и станциях,помогут решить не только технические,но и экономические проблемы.

*Ветровая энергия.*

Огромна энергия движущихся воздушных масс.Запасы энергии ветра более чем в сто раз превышают запасы гидроэнергии всех рек планеты. Постоянно и повсюду на земле дуют ветры-от легко­го ветерка, несущего желанную прохладу в летний зной, до могу­чих ураганов, приносящих неисчислимый урон и разрушения. Всег­да неспокоен воздушный океан, на дне которого мы живем. Ветры, дующие на просторах нашей страны, могли бы легко удовлетворить все ее потребности в электроэнергии! Климатические условия позволяют развивать ветроэнергетику на огромной территории-от наших западных границ до берегов Енисея. Богаты энергией ветра северные районы страны вдоль побережья Северного Ледовитого океана, где она особенно необходима мужественным людям, обжи­вающим эти богатейшие края. Почему же столь обильный, доступ­ный да и экологически чистый источник энергии так слабо ис­пользуется? В наши дни двигатели, использующие ветер, покрыва­ют всего одну тысячную мировых потребностей в энергии.

Техника 20 века открыла совершенно новые возможности для ветроэнергетики, задача которой стала другой-получение элект­роэнергии. В начале века Н.Е.Жуковский разработал теорию вет­родвигателя, на основе которой могли быть созданы высокопроиз­водительные установки, способные получать энергию от самого слабого ветерка. Появилось множество проектов ветроагрегатов, несравненно более совершенных, чем старые ветряные мельницы. В новых проектах используются достижения многих отраслей знания.

В наши дни к созданию конструкций ветроколеса-сердца любой ветроэнергетической установки-привлекаются специалисты-са­молетостроители, умеющие выбрать наиболее целесообразный про­филь лопасти, исследовать его в аэродинамической трубе. Усили­ями ученых и инженеров созданы самые разнообразные конструкции современных ветровых установок.

*ЭНЕРГИЯ ЗЕМЛИ.*

Издавна люди знают о стихийных проявлениях гигантской энергии, таящейся в недрах земного шара. Память человечества хранит предания о катастрофических извержениях вулканов, унес­ших миллионы человеческих жизней, неузнаваемо изменивших облик многих мест на Земле. Мощность извержения даже сравнительно небольшого вулкана колоссальна, она многократно превышает мощ­ность самых крупных энергетических установок, созданных руками человека. Правда, о непосредственном использовании энергии вулканических извержений говорить не приходится-нет пока у лю­дей возможностей обуздать эту непокорную стихию, да и, к счастью, извержения эти достаточно редкие события. Но это про­явления энергии, таящейся в земных недрах, когда лишь крохот­ная доля этой неисчерпаемой энергии находит выход через огне­дышащие жерла вулканов.

Маленькая европейская страна Исландия-«страна льда» в дословном переводе-полностью обеспечивает себя помидорами, яб­локами и даже бананами! Многочисленные исландские теплицы по­лучают энергию от тепла земли, других местных источников энер­гии в Исландии практически нет. Зато очень богата эта страна горячими источниками и знаменитыми гейзерами-фонтанами горячей воды, с точностью хронометра вырывающейся из-под земли. И хотя не исландцам принадлежит приоритет в использовании тепла под­земных источников (еще древние римляне к знаменитым баням-тер­мам Каракаллы-подвели воду из-под земли), жители этой малень­кой северной страны эксплуатируют подземную котельную очень интенсивно. Столица - Рейкьявик, в которой проживает половина населения страны, отапливается только за счет подземных источ­ников.

Но не только для отопления черпают люди энергию из глубин земли. Уже давно работают электростанции, использующие горячие подземные источники. Первая такая электростанция, совсем еще маломощная, была построена в 1904 году в небольшом итальянском городке Лардерелло, названном так в честь французского инжене­ра Лардерелли,который еще в 1827 году составил проект исполь­зования многочисленных в этом районе горячих источников. Пос­тепенно мощность электростанции росла, в строй вступали все новые агрегаты, использовались новые источники горячей воды, и в наши дни мощность станции достигла уже внушительной величи­ны-360 тысяч киловатт. В Новой Зеландии существует такая электростанция в районе Вайракеи, ее мощность 160 тысяч кило­ватт. В 120 километрах от Сан-Франциско в США производит электроэнергию геотермальная станция мощностью 500 тысяч кило­ватт.

# Савинов А. 10 «Г»