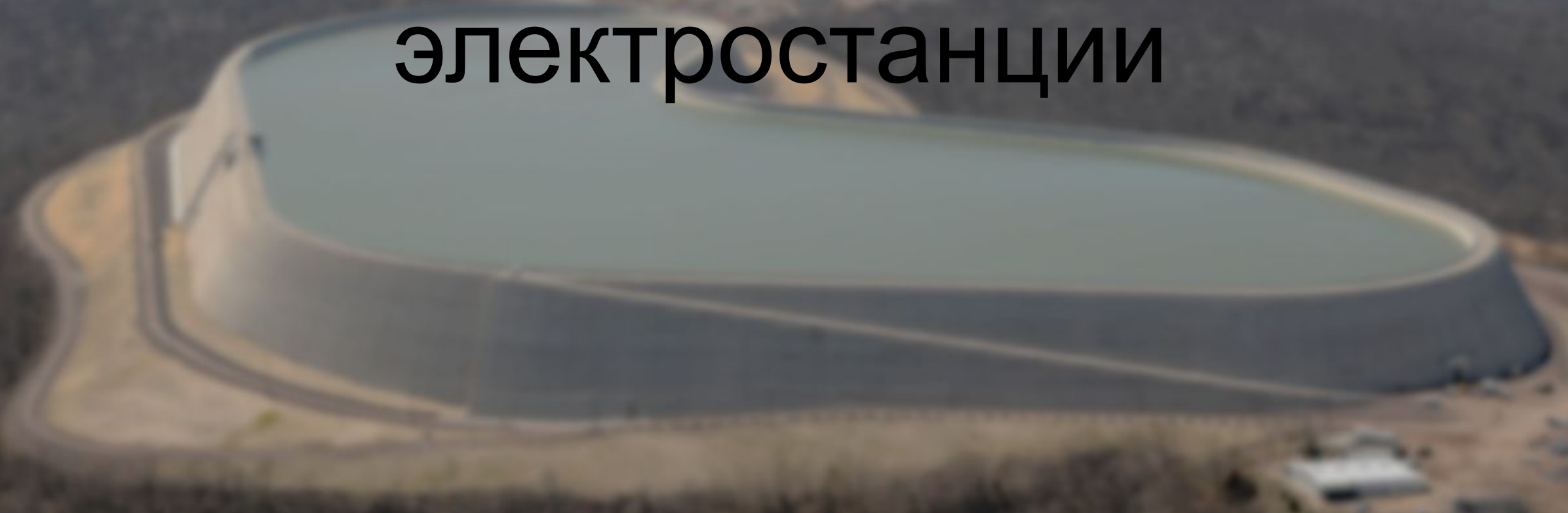


# Гидроаккумулирующие электростанции



# История

Строительство ГАЭС было начато в Западной Европе в конце XIX в. – в 1882 г. в Швейцарии близ г. Цюриха была сооружена установка Леттем с двумя насосами мощностью по 51,5 кВт, накачивающими воду на высоту 153 м в резервуар емкостью 18 тыс. м<sup>3</sup>. В 1894 г. на прядильной фабрике в Италии была введена в работу установка Крева-Луино мощностью 50 кВт с напором 64 м, работавшая по недельному циклу аккумуляирования: запасенный в субботу и воскресенье объем воды срабатывался в рабочие дни.

К 1900 г. в Германии, Австрии и Италии было построено еще несколько ГАЭС мощностью по 50 – 100 кВт. В 1912 г. в этих странах насчитывалось 7 ГАЭС с единичной мощностью агрегатов до 3 МВт, установленных по раздельной схеме. Это были преимущественно малые установки, назначением которых было повышение суточной выработки ГЭС, не имевших водохранилищ достаточной емкости.



До 1925 г. внедрение насосного аккумулирования шло сравнительно медленными темпами. Тем не менее в период с 1912 по 1930 г. было построено 32 ГАЭС, часть которых оборудована трехмашинными агрегатами. Первые относительно крупные ГАЭС были сооружены в конце 1920-х гг.: высоконапорная ГАЭС Трёморджо мощностью 11 МВт в Италии с максимальным напором 905 м и ГЭС – ГАЭС Вегиталь в Швейцарии с мощностью турбинного режима 67 МВт, сезонным регулированием стока и гидроаккумулированием.





К 1940 г. было введено в эксплуатацию более 40 ГАЭС. Преобладающей схемой основного гидроэнергетического оборудования стали трехмашинные агрегаты горизонтального исполнения с единичной мощностью агрегатов в турбинном режиме до 50 МВт. Первая обратимая гидромашина с поворотной лопастью с рабочим колесом диаметром 1,77 м и неподвижным направляющим аппаратом была введена в 1934 г. на ГАЭС Бальденей в Руре (Германия): мощность в турбинном режиме 1,32 МВт при 256 об/мин и в насосном режиме 1,47 МВт при 326 об/мин; напор 8,5 – 10 м. В этот же период началось строительство ГАЭС в США: в 1928 г. была введена ГАЭС – ГАЭС Рокки-Ривер мощностью 25 МВт при максимальном напоре 74 м.



После Второй мировой войны гидроаккумуляция широко начало применяться также в Великобритании, Испании, США, Японии и других странах. В 1945 – 1960 гг. построено 27 ГАЭС мощностью 35 – 240 МВт. В этот период получили широкое распространение обратимые гидромашины, особенно в США и Японии, где все ГАЭС, за исключением самых ранних, оборудованы такими машинами.

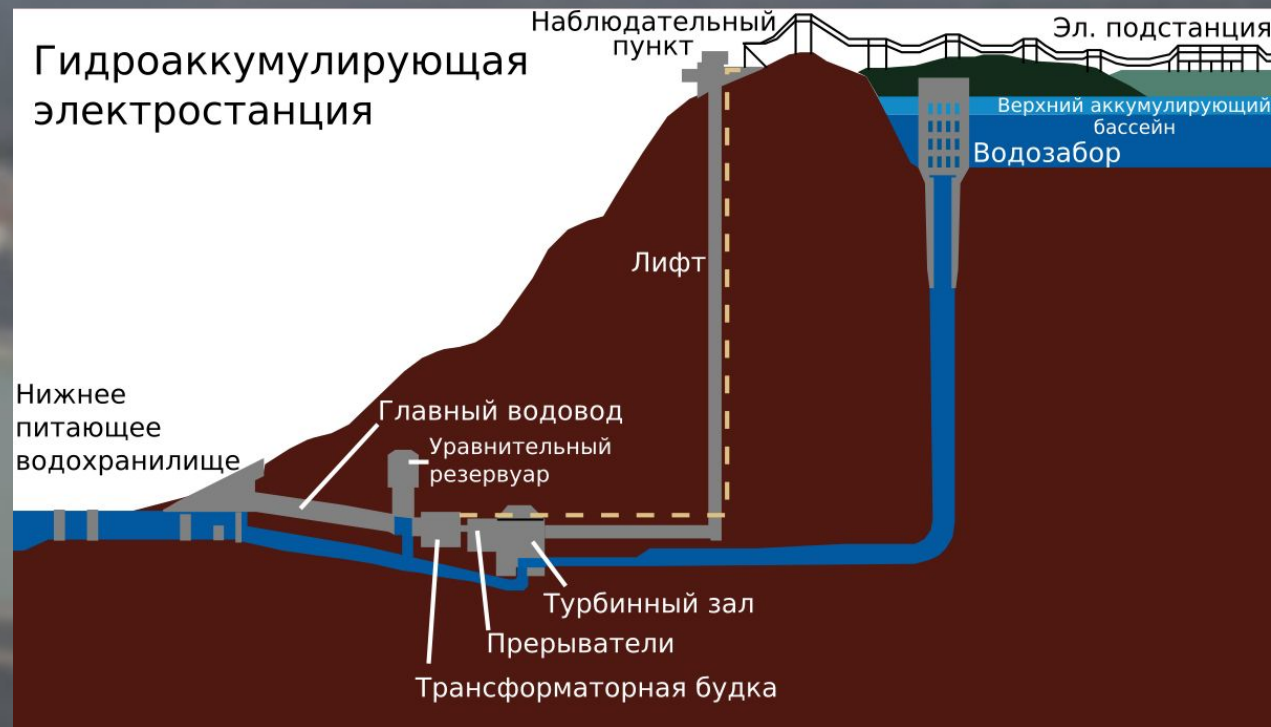
Достоинства ГАЭС как источника маневренной мощности предопределили их быстрое развитие во всем мире. Темп строительства и ввода ГАЭС резко возрос в 1960-е гг. в связи с широким распространением АЭС и ТЭС с турбоблоками большой единичной мощности и ограниченными возможностями регулирования, а также вследствие истощения гидроресурсов в некоторых странах.



По данным на 1970 г., в 29 странах мира насчитывалось 148 эксплуатируемых ГАЭС суммарной мощностью 15,3 млн кВт. Из этой мощности на долю США приходилось 3640 МВт, что составляло 1,2 % мощности всех электростанций страны. К 1980 г. эта доля выросла до 4 % (32 ГАЭС, 14 млн кВт) и в стадии проектирования находилось еще 33 ГАЭС, а к 1990 г. – до 5,6 % (37,3 млн кВт). Более половины ГАЭС построено в Германии, Японии, США, Швейцарии и других странах Западной Европы. В частности, в Японии количество эксплуатируемых ГАЭС составляет около 50, в Германии – более 30. Доля ГАЭС в энергосистемах Западной Европы с 1,0 % в 1970 г. (6 млн кВт) к 1980 г. увеличилась до 4 % (26 млн кВт). Кроме того, в 1970 г. в стадии строительства находилось еще 48 ГАЭС общей мощностью около 22 млн кВт.

# Устройство

ГАЭС характеризуются работой в двух режимах: насосном и турбинном (генераторном). В насосном режиме вода из нижнего водоема перекачивается гидроагрегатами ГАЭС в верхний водоем. В насосном режиме ГАЭС обычно работает в ночной период, когда в связи со снижением нагрузки в энергосистеме имеется избыток электроэнергии, которую и потребляет ГАЭС (заполняет провальную часть суточного графика нагрузок). В турбинном режиме вода из верхнего водоема сбрасывается в нижний через агрегаты ГАЭС, а вырабатываемая электроэнергия подается в энергосистему потребителям. В турбинном режиме ГАЭС работают в периоды максимальной нагрузки в энергосистеме (обычно в часы вечернего и утреннего пиков в суточном графике нагрузок).



# Типы

- **ГАЭС простого аккумулирования**, или «чистые» ГАЭС, характерным признаком которых является практически полное отсутствие притока воды в верхний водоем (рис. 2.8, а). Такая схема используется на большинстве ГАЭС, например на Киевской мощностью 230 МВт, Ладингтон (США) – 1872 МВт (рис. 2.9), строящейся Днестровской – 2270 МВт (рис. 2.10), Загорской (Россия) – 1200 МВт (рис. 2.11), Динорвик (Англия) – 1800 МВт, Tianhuangping (Китай) – 1836 МВт (рис. 2.12).
- **ГАЭС смешанного типа**, или ГЭС-ГАЭС, с притоком воды в верхний водоем, при сработке которого в турбинном режиме обеспечивается дополнительная выработка электроэнергии (см. рис. 2.8, б).
- **ГАЭС с неполной высотой подкачки воды в верхний водоем**. Такие ГАЭС используются при переброске стока из одной реки в другую путем закачки воды насосной станцией в верховой водоем на водоразделе и сброса ее через агрегаты ГЭС в низовой водоем на другой реке (см. рис. 2.8, в), а также при устройстве на реке двух рядом расположенных водохранилищ с перекачкой воды агрегатами ГАЭС из верхнего водохранилища на реке в самый верхний водоем, размещенный на более высоких отметках, и сбросом воды через агрегаты ГАЭС в нижнее водохранилище на реке.



Существенным преимуществом ГАЭС простого аккумулирования является возможность их строительства не только на крупных реках с использованием уже существующих водохранилищ в качестве нижнего водоема, но и вдали от крупных рек на небольших реках, где имеются благоприятные топографические условия для создания напора, вблизи от крупных ТЭС и АЭС, что позволяет повысить надежность их работы в энергосистеме, снизить затраты на сооружение ДЭП.



# Классификация ГАЭС

- по совмещению ГАЭС с обычными ГЭС - совмещенные и несовмещенные;
- по схеме концентрации напора - приплотинные и деривационные;
- по величине действующего напора - низконапорные (40-60 м), средненапорные (120-150 м) и высоконапорные (свыше 200 м);
- по компоновке элементов гидроузла - с наземными, подземными или полуподземными машинными зданиями;
- по конструкции напорных водоводов - с открытым или подземным расположением;
- по конструкции верхнего и нижнего бассейнов - с искусственно сооружаемыми или естественными бассейнами (в том числе могут быть использованы бассейны ГЭС, ТЭС или АЭС);
- по наличию естественной приточности - с приточностью в верхний бассейн, с приточностью в нижний бассейн;
- по типу (компоновке) основного гидроэнергетического оборудования - с двухмашинными, трехмашинными или четырехмашинными гидроагрегатами;
- по длительности цикла насосного аккумулирования - с суточным, недельным и сезонным (годовым) циклом работы.



# Двухмашинные, Трёхмашинные и Четырёхмашинные ГАЭС

- В двухмашинных ГАЭС связка турбина – генератор работает как в генераторном режиме, так и в насосном (насос – мотор).
- В трёхмашинных ГАЭС имеется один мотор-генератор, который либо принимает мощность отдельной турбины, либо передаёт момент отдельному насосу.
- В четырёхмашинных ГАЭС имеется турбина, совмещённая с генератором, и мотор, совмещённый с насосом.

