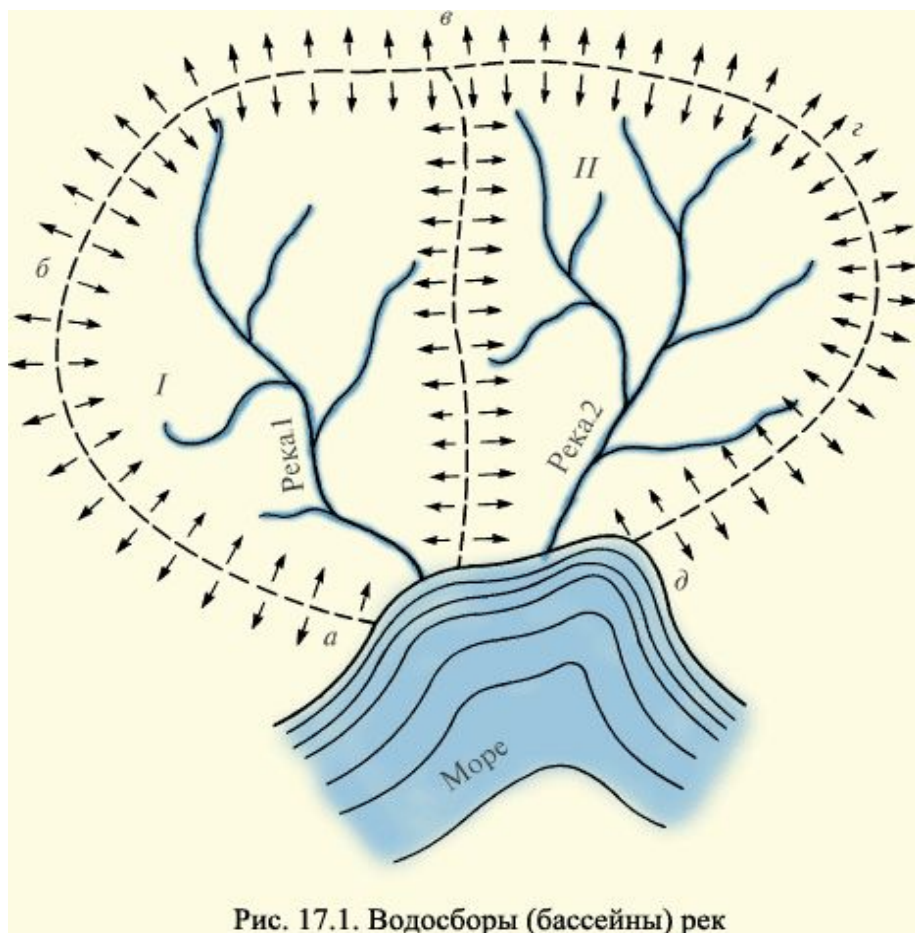




# Гидроэнергетика

# Гидравлическая энергия



Гидравлическая энергия является *возобновляемым источником энергии*.

Территория, с которой стекает вода в реку, называется *водосборным бассейном* данной реки.

Линия — а, б, в, г, д, проходящая по повышенным местам и отделяющая друг от друга соседние бассейны, называется *водораздельной линией* или *водоразделителем* (см. рис.).

### Данные о речном стоке отдельных стран мира

Страна	Площадь территории, млн км <sup>2</sup>	Суммарный средний многолетний объем стока, км <sup>3</sup> /год	Удельная водность в среднем за год с 1 км <sup>2</sup> , л/с
Россия	17,075	4000	7,4
Бразилия	8,51	5300	11,9
США	9,36	2850	9,8
Китай	9,90	2600	8,3
Канада	9,98	1500	24,0
Норвегия	0,32	368	35,8
Франция	0,551	343	19,7
Югославия	0,256	123	15,2
Польша	0,312	58	5,9

# Гидрограф и сток

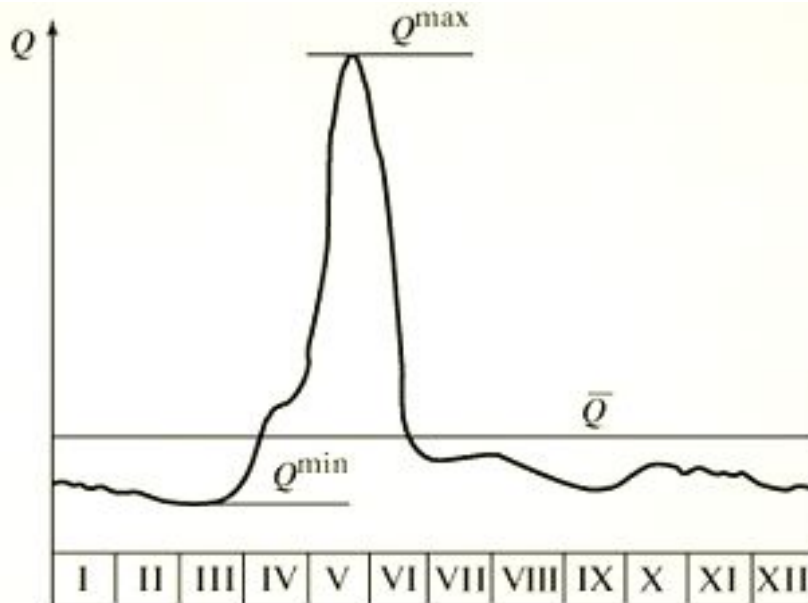
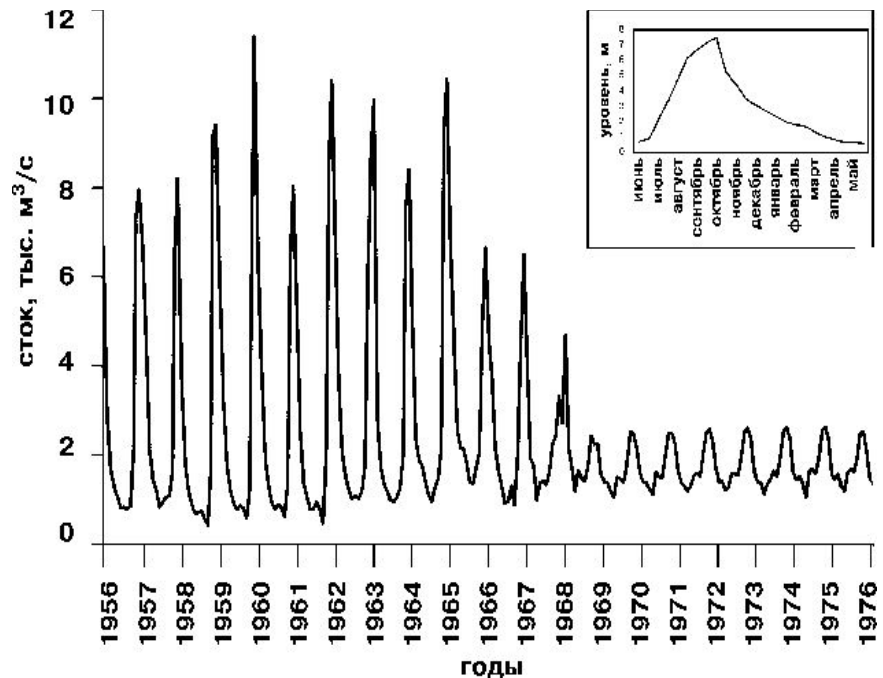


Рис. 17.2. Типичный гидрограф реки снегового питания



Гидрограф реки Нил за 20-летний период

- Хронологический график изменения расходов воды во времени называется *гидрографом*.
- Гидрограф характеризуется *максимальным, минимальным и средним значениями расхода* воды за рассматриваемый период.
- Суммарный объем воды, прошедший через поперечное сечение водотока от какого-либо начального момента времени  $t_0$  до некоторого конечного  $t_k$ , называется *стоком  $W$* .

# Гидроэнергетические ресурсы

- Гидроэнергетические ресурсы подразделяют на **потенциальные (теоретические), технические и экономические.**
- **Потенциальные гидроэнергетические ресурсы** — это теоретические запасы. Они подсчитываются в предположении, что весь сток будет использован для выработки электроэнергии без потерь при преобразовании гидравлической энергии в электрическую, т.е. коэффициент полезного действия  $\eta = 1$ .
- Мировые потенциальные гидроэнергетические ресурсы оцениваются в 35 трлн. кВт · ч в год и 4000 ГВт среднегодовой мощности. Потенциальные ресурсы России составляют 2896 млрд кВт · ч при среднегодовой мощности 330 ГВт.

# Гидроэнергетические ресурсы

- **Технические гидроэнергетические ресурсы** всегда меньше потенциальных, так как они учитывают потери:
  1. напоров — гидравлические в водоводах, бьефах, на неиспользуемых участках водотоков;
  2. расходов — испарение из водохранилищ, фильтрацию, холостые сбросы и т.п.;
  3. энергии в оборудовании.
- Они характеризуют техническую возможность получения энергии на современном этапе.
- Технические гидроэнергетические ресурсы России составляют 1670 млрд кВт · ч в год, в том числе по малым ГЭС — 382 млрд кВт · ч в год. Выработка электроэнергии на действующих ГЭС России в 2002 г. составила 170,4 млрд кВт · ч, в том числе на малых ГЭС — 2,2 млрд кВт · ч.

# Гидроэнергетические ресурсы

- ***Экономические гидроэнергетические ресурсы*** — это часть технических ресурсов, которую по современным представлениям целесообразно использовать в обозримой перспективе. Они существенно зависят от прогресса в энергетике, удаленности ГЭС от места подключения к *энергосистеме*, обеспеченности рассматриваемого региона другими энергетическими ресурсами, их стоимостью, качеством и т.п.

# Типы гидроэнергетических установок

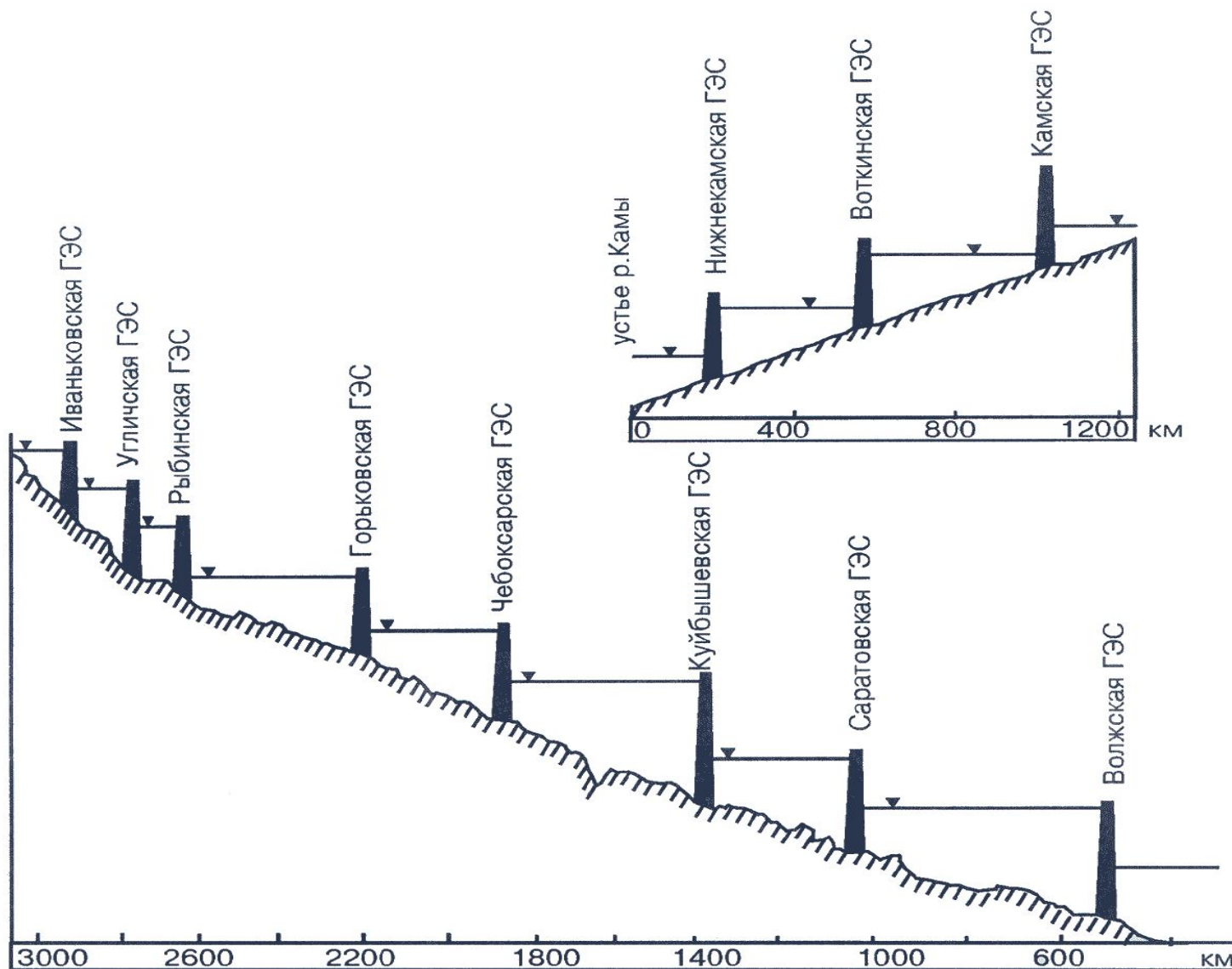
- **Гидроэнергетическая установка (ГЭУ)** предназначена для преобразования механической энергии водного потока в электрическую энергию или, наоборот, электрическая энергия преобразуется в механическую энергию воды.
- Различают следующие основные типы гидроэнергетических установок:
  - гидроэлектростанции (ГЭС);
  - насосные станции (НС);
  - гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС);
  - комбинированные электростанции ГЭС—ГАЭС;
  - приливные электростанции (ПЭС).



# Типы гидроэнергетических установок

- **Гидроэлектростанция** — это предприятие, на котором гидравлическая энергия преобразуется в электрическую.
- Основными сооружениями ГЭС на равнинной реке являются *плотина*, создающая водохранилище и сосредоточенный перепад уровней, т.е. напор, и *здание ГЭС*, в котором размещаются гидравлические турбины, генераторы, электрическое и механическое оборудование. В случае потребности строятся водосбросные и судоходные сооружения, водозаборы для систем орошения и водоснабжения, рыбопропускные сооружения и т.п.
- Вода под действием тяжести по водоводам движется из верхнего бьефа в нижний, вращая рабочее колесо турбины. Гидравлическая турбина соединена валом с ротором генератора. Турбина и генератор вместе образуют *гидроагрегат*. В турбине гидравлическая энергия преобразуется в механическую энергию вращения на валу агрегата, а генератор преобразует эту энергию в электрическую.
- Все построенные ГЭС, особенно обладающие крупными *водохранилищами*, играют решающую роль в обеспечении *надежности, устойчивости и живучести* Единой энергетической системы России.
- Большой интерес в мире и в России в настоящее время вызывает возможность создания малых ГЭС.

# Продольный профиль каскада ГЭС и водохранилищ на реках Волге и Каме

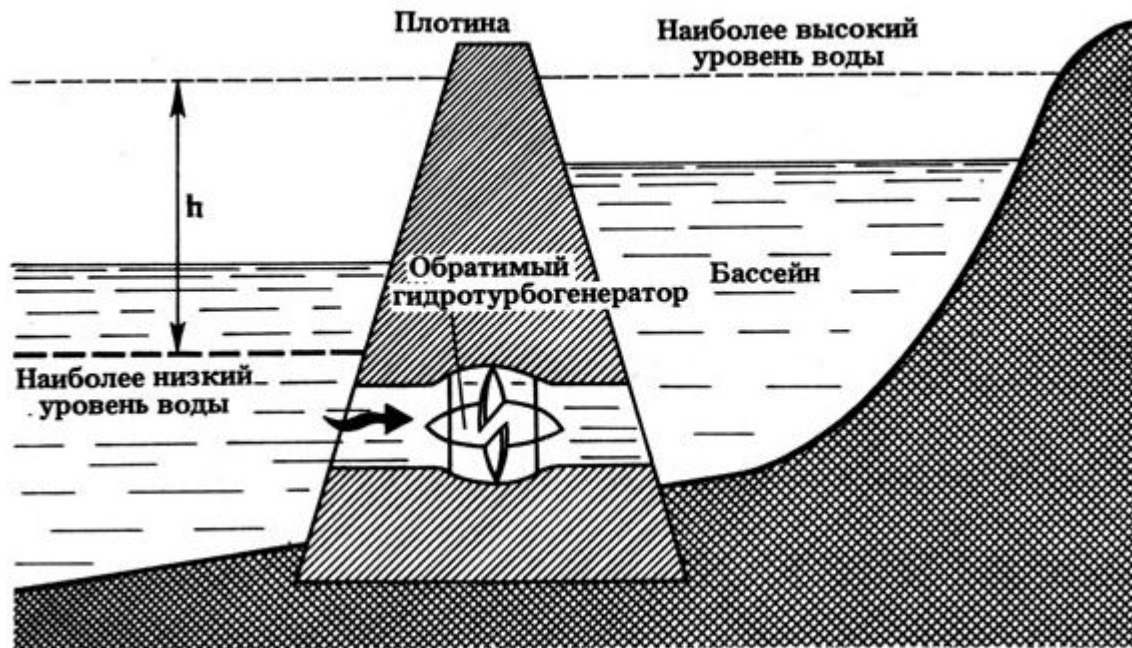


# Типы гидроэнергетических установок

- **Гидроаккумулирующая электростанция**  
предназначена для перераспределения во времени энергии и мощности в энергосистеме. В часы пониженных нагрузок ГАЭС работает как **насосная станция**. Она за счет потребляемой энергии перекачивает воду из нижнего бьефа в верхний и создает запасы гидроэнергии. В часы максимальной нагрузки ГАЭС работает как гидроэлектростанция. Вода из верхнего бьефа пропускается через турбины в нижний бьеф, и ГАЭС вырабатывает и выдает электроэнергию в энергосистему. ГАЭС потребляет дешевую электроэнергию, а выдает более дорогую энергию в период пика нагрузки, заполняет провалы нагрузки и снижает пики нагрузки в энергосистеме, позволяет работать агрегатам атомных и тепловых электростанций в наиболее экономичном и безопасном равномерном режиме.
- **ГЭС—ГАЭС** вырабатывает электроэнергию в период пика нагрузки за счет притока воды в верхний бьеф и за счет перекаченной из нижнего бьефа в верхний в период провалов нагрузки в энергосистеме.

# Типы гидроэнергетических установок

- **Приливные электростанции** преобразуют механическую энергию приливо-отливных колебаний уровня воды в море в электрическую энергию. В некоторых морских заливах приливы достигают 10—12 м.
- Технические ресурсы приливной энергии России оцениваются в 200—250 млрд кВт · ч в год и в основном сосредоточены у побережий Охотского, Берингова и Белого морей.



# Характеристика водохранилища

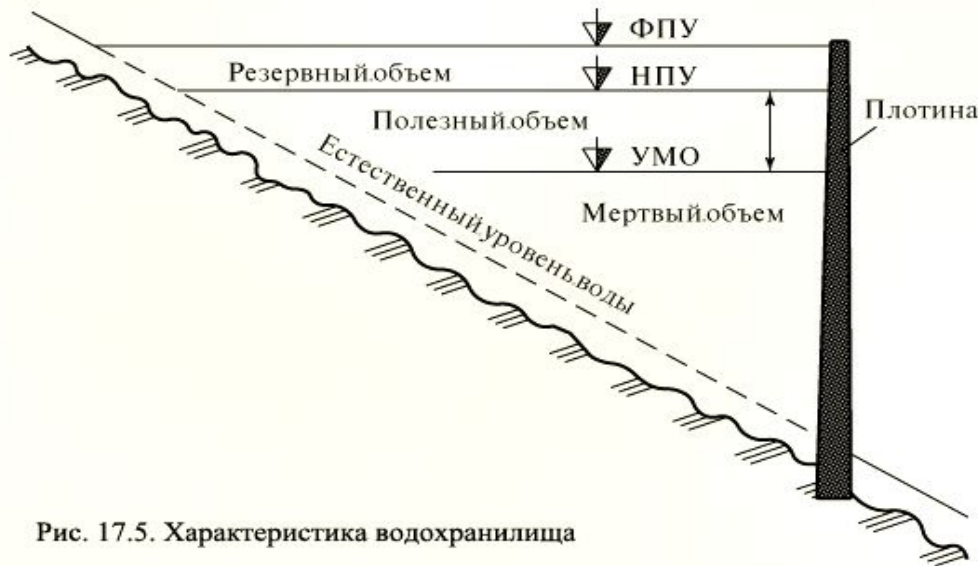


Рис. 17.5. Характеристика водохранилища

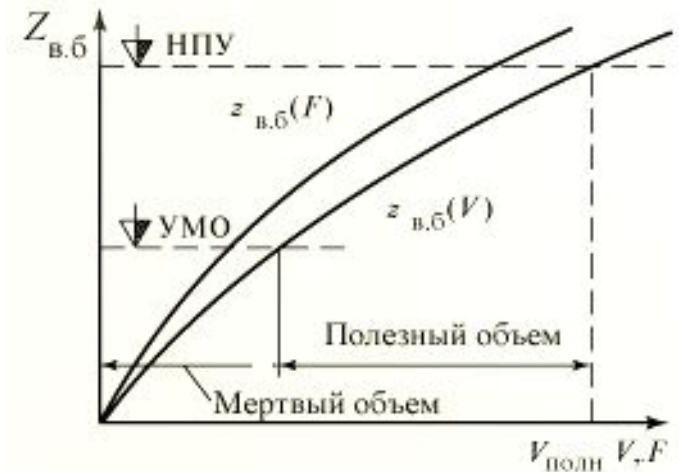


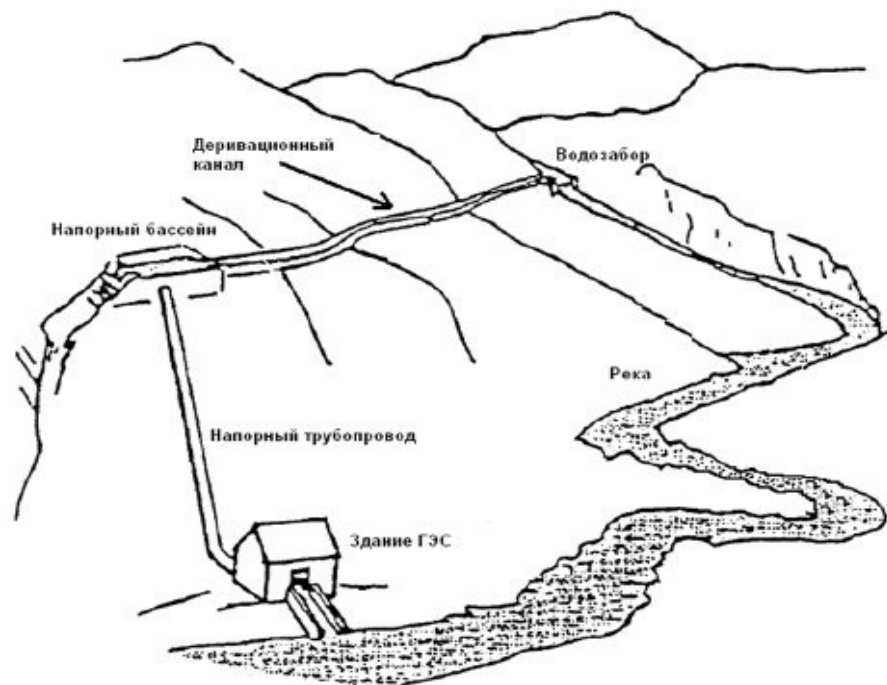
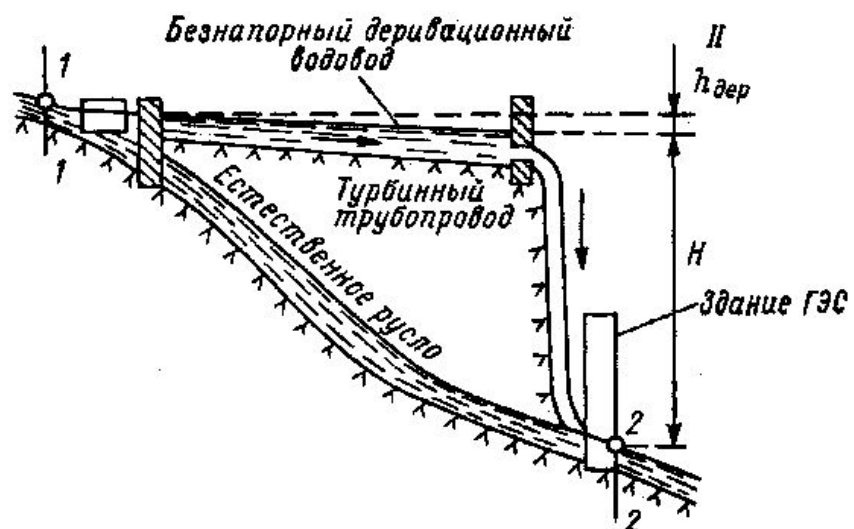
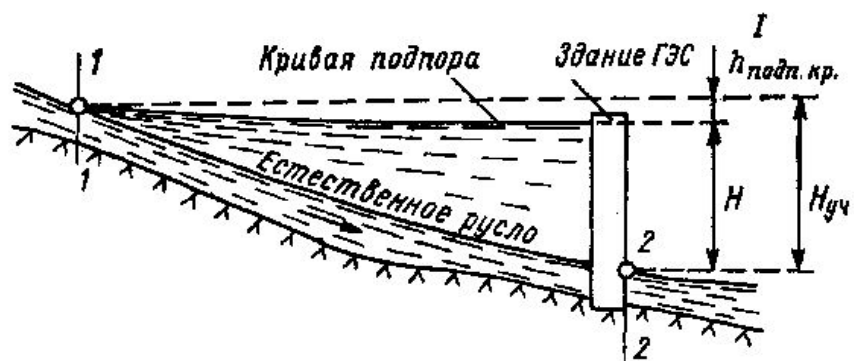
Рис. 17.6. Статические характеристики водохранилища

- **Нормальным подпорным уровнем (НПУ)** называется максимальный уровень воды, при котором ГЭС и все сооружения гидроузла могут работать сколь угодно длительно. Объем водохранилища при отметке НПУ называется **полным объемом**. Минимальный уровень водохранилища, до которого возможна его сработка при нормальной эксплуатации, называется **уровнем мертвого объема (УМО)**. Ниже этого уровня возможна лишь **аварийная сработка водохранилища**.
- Объем воды между НПУ и УМО называется **полезным**, так как этот объем используется при регулировании стока в нормальных условиях эксплуатации.
- Объем воды, находящийся ниже УМО, называется **мертвым**, так как он не используется в нормальных условиях эксплуатации.
- Максимально возможный уровень воды в водохранилище по условиям надежности сооружений называется **форсированным подпорным уровнем (ФПУ)**. Объем водохранилища между отметками ФПУ и НПУ называется **резервным**. Он используется только для трансформации (срезки) половодий редкой повторяемости. Резервный объем должен быть сработан до НПУ сразу же по прошествии половодья.
- На правом рисунке представлены **статические характеристики водохранилища**, показывающие зависимость отметок уровня водохранилища (верхнего бьефа) от объема  $Z_{в.б}(V)$  и площади зеркала  $Z_{в.б}(F)$  водохранилища.

# Основные схемы использования водной энергии

- Различают три основные схемы использования водной энергии:
- **плотинная**, при которой напор создается плотиной;
- **деривационная**, напор создается преимущественно с помощью деривации, выполняемой в виде канала, туннеля или трубопровода;
- **плотинно-деривационная**, в которой напор создается плотиной и деривацией.
- **Плотинная схема** использования водной энергии обычно выполняется при больших расходах воды и малых уклонах ее свободной поверхности. Посредством плотины подпирается река и создается напор воды  $H_0$ . Подпор воды от плотины распространяется вверх по реке. Разность уровней воды в верховье водохранилища и у плотины равна  $H_0 + \Delta h$ . Общее падение реки на участке равно  $H$ . Часть общего падения уровня реки  $\Delta h$  будет потеряна при движении воды в верхнем бьефе. Сосредоточенный перепад уровней, т.е. напор, будет равен  $H_0 = H - \Delta h$ . Плотинная схема в зависимости от напора может быть русловой и приплотинной.
  - **Русловой** называется такая гидроэлектростанция, в которой здание ГЭС входит в состав напорного фронта. В этом случае здание ГЭС воспринимает полное давление воды со стороны верхнего бьефа. Русловая ГЭС строится при сравнительно небольших напорах, например гидроэлектростанции Волжско-Камского каскада.
  - При средних и больших напорах, превышающих диаметр турбины более чем в 6 раз, здание ГЭС не может входить в состав напорных сооружений. Здание ГЭС располагается за плотиной и не воспринимает полное давление воды, а гидроэлектростанция называется **приплотинной**. Вода к турбинам приплотинной ГЭС подводится водоводами, размещенными в теле или поверх бетонной плотины, под грунтовой плотиной или туннелями в обход плотины. Примерами могут служить Красноярская, Братская и Саяно-Шушенская ГЭС.

# Схемы использования водной энергии



# Основные схемы использования водной энергии

- **Деривационная схема** использования водной энергии обычно выполняется при малых расходах воды и больших уклонах ее свободной поверхности. В деривационной схеме плотина возводится невысокой, лишь обеспечивающей забор воды в деривацию, а напор создается за счет разности уклонов воды в реке и деривации. Деривация может выполняться *безнапорной* в виде открытого *канала* или *безнапорного туннеля*. Чаще деривация бывает *напорной* в виде *напорного туннеля* или *напорного трубопровода*.
- В **плотинно-деривационной**, или **комбинированной, схеме** используются наилучшим образом свойства предыдущих схем. Плотина создает водохранилище, а падение уровня реки ниже плотины используется деривацией. Чем выше по течению реки располагается плотина, тем меньше ее высота, меньше объем водохранилища и затопление территории, но удлиняется деривация и увеличиваются потери в ней напора.



# Регулирование стока реки водохранилищем

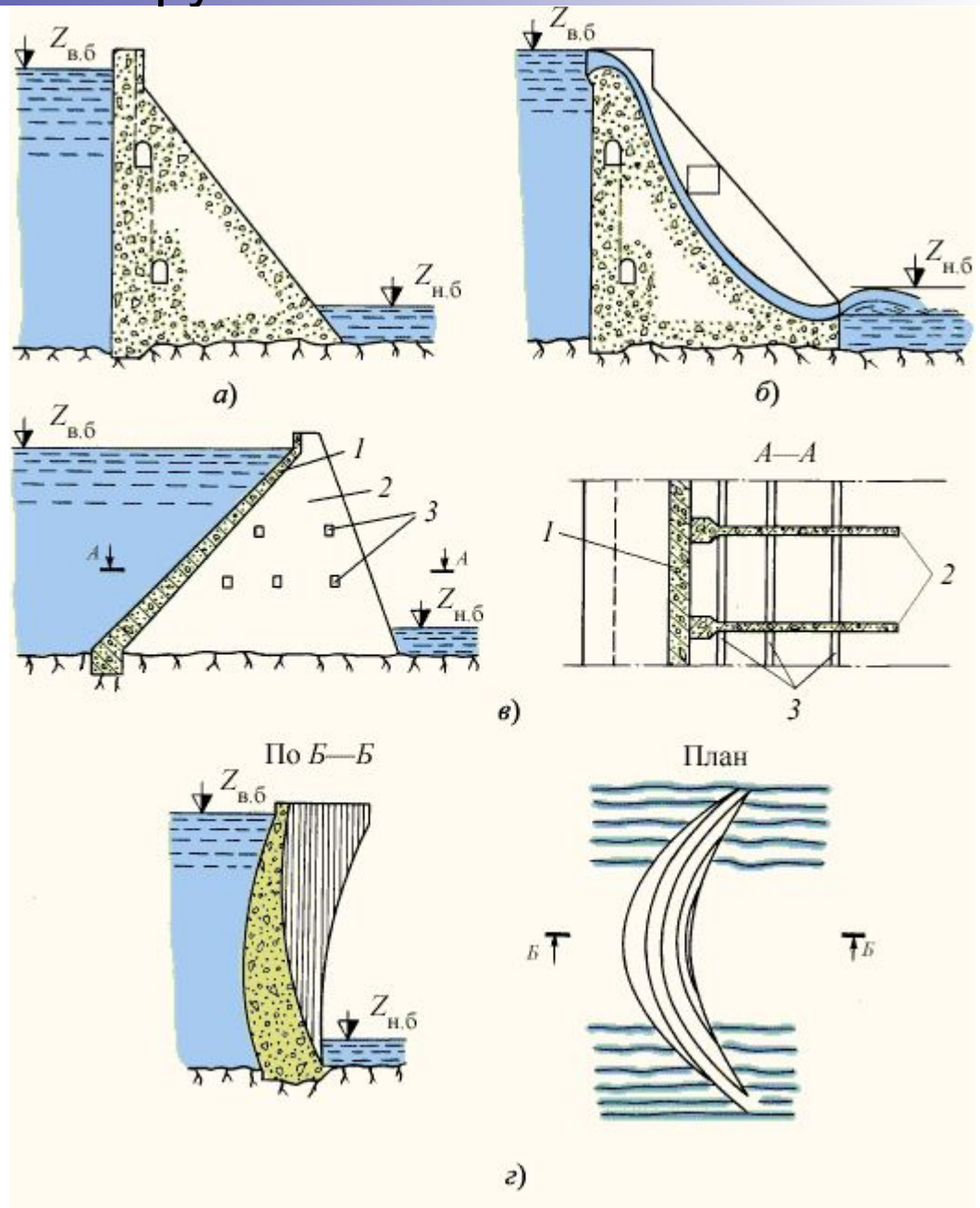
- *Водохранилищем* называется искусственный водоем, образующийся перед плотиной. Основное отличие водохранилища от естественного водоема (озера, пруда) заключается в его возможности регулирования (перераспределения) речного стока и уровня режима.
- *Регулирование стока* — это процесс перераспределения его водохранилищем в соответствии с требованиями водохозяйственного комплекса. Речной сток аккумулируется в водохранилище в периоды, когда естественная приточность воды превышает потребности в ней, и расходуется в периоды, когда потребность в воде превышает приточность.
- Период аккумуляции речного стока называется *наполнением* водохранилища, а период отдачи наполненной воды — *сработкой* водохранилища.

# Регулирование речного стока

- К основным видам регулирования стока относят: суточное, недельное, годовое и многолетнее.
  - **Суточное регулирование** предназначено для обеспечения неравномерного расхода воды через агрегаты ГЭС в соответствии с требованиями суточных колебаний нагрузки *энергосистемы* при сравнительно постоянном в течение суток притоке воды. При суточном регулировании цикл регулирования составляет одни сутки и к концу цикла уровень воды в верхнем бьефе возвращается к исходному положению — УМО. Уровень воды в нижнем бьефе будет соответствовать поступающему расходу в нижний бьеф. Благодаря суточному регулированию в часы малой нагрузки ГЭС в верхнем бьефе запасается избыточный приток, а в часы повышенной нагрузки он сбрасывается.
  - **Недельное регулирование** обеспечивает неравное потребление воды агрегатами ГЭС в течение недели в соответствии с требованием недельных колебаний нагрузки энергосистемы. В выходные дни нагрузка в энергосистеме падает. В этот период ГЭС может снизить свою мощность, а получающийся избыток воды аккумулируется в водохранилище. В рабочие дни ГЭС может увеличить мощность за счет сброски запасенных в водохранилище объемов воды.
  - **Годовое регулирование** позволяет перераспределять сток воды в течение года в соответствии с потребностями энергосистемы и водопотребителей. Цикл регулирования равен 1 году. В многоводные периоды водохранилище наполняется, а в маловодные — сбрасывается.
  - **Многолетнее регулирование** предназначено для увеличения расхода ГЭС и выработки электроэнергии в маловодные годы за счет стока многоводных лет. При многолетнем регулировании водохранилище наполняется в течение ряда многоводных лет и сбрасывается в течение маловодного периода.

## Схемы плотин

- а) глухая плотина;
- б) водосливная плотина;
- в) контрфорсная плотина;
- г) арочная плотина.



# Виды плотин ГЭС


- Существуют две группы плотин: **бетонные (железобетонные) и грунтовые**.
  - **Бетонные плотины** подразделяются на гравитационные, контрфорсные и арочные.
    - **Гравитационная плотина** является массивной, ее устойчивость обеспечивается собственным весом (гравитацией).
      - Плотина, не допускающая перелив воды через гребень называется глухой.
      - Плотина, выполненная с поверхностным водосливом или заглубленными (донными) отверстиями для пропуска воды называется водосливной.
    - **Контрфорсная плотина** выполняется в виде вертикальных железобетонных ребер (контрфорсов), на которые со стороны верхнего бьефа наклонно укладываются железобетонные плиты, воспринимающие давление воды. Контрфорсы соединяются между собой балками жесткости.
    - В узких ущельях на скальном основании возводят **арочные плотины**. Арочная плотина, выполненная в виде свода, воспринимает давление воды и передает часть нагрузки на скальные берега и скальное основание.
  - Плотины из **грунтовых** материалов разделяются на **земляные и каменные**.
    - **Земляные плотины** по виду возведения могут быть насыпные и намывные.
    - **Каменные плотины** подразделяются на каменно-набросные и каменной кладки.

# Схема Саяно-Шушенской ГЭС



# Плотина ГЭС Гувера (США)





Конец 6 лекции.  
Спасибо за внимание

# Электроэнергетические системы

- В соответствии с действующими «Правилами устройства электроустановок»:
- *энергетической системой* (энергосистемой) называется совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, соединенных между собой и связанных общностью режима в непрерывном процессе производства, преобразования и распределения электрической и тепловой энергии при общем управлении этим режимом;
- *электроэнергетической системой* (ЭЭС) называется электрическая часть энергосистемы и питающиеся от нее приемники электроэнергии, объединенные общностью процесса производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии.



# Электроэнергетические системы

- **Первая особенность** электроэнергетической системы заключается в том, что производство электроэнергии, ее распределение и преобразование в другие виды энергии осуществляются практически в один и тот же момент времени. Другими словами, электроэнергия нигде не аккумулируется. Именно эта особенность превращает всю сложную электроэнергетическую систему, отдельные звенья которой могут быть географически удалены на многие сотни километров, в единый механизм, и приводит к тому, что все элементы системы взаимно связаны и взаимодействуют. Энергия, произведенная в системе, равна энергии, потребленной в ней. Это равенство справедливо для любого короткого промежутка времени, т.е. между мощностями энергосистемы имеется точный баланс.
- **Вторая особенность** электроэнергетической системы — это относительная быстрота протекания переходных процессов в ней. Волновые процессы совершаются в тысячные или даже миллионные доли секунды; процессы, связанные с короткими замыканиями, включениями и отключениями, качаниями, нарушениями устойчивости, совершаются в течение долей секунды или нескольких секунд.
- **Третья особенность** электроэнергетической системы заключается в том, что она тесно связана со всеми отраслями промышленности, связью, транспортом и т. п. Эта особенность энергетической системы резко повышает актуальность обеспечения надежности работы энергосистемы и требует создания в энергетических системах достаточного резерва мощности во всех ее элементах.

# Особенности энергосистем

- *Первая особенность.* Одновременность процессов производства, распределения и потребления электроэнергии приводит к тому, что нельзя произвести электроэнергию, не имея потребителей для нее, т.е. выработка электроэнергии жестко определяется ее потреблением. Заметим, что преобразование и передача энергии происходят во всех элементах системы с потерями энергии и, следовательно, потребление энергии должно учитывать не только полезное потребление, но и потери энергии в элементах преобразования и передачи. Отсюда вытекает следующее:
  - а) снижение выработки энергии на электростанциях против требуемого уровня из-за ремонтов оборудования, аварий и других причин при отсутствии резерва в системе требует снижения количества энергии, отпускаемой потребителю;
  - б) временное снижение потребления энергии потребителями из-за ремонта их оборудования, аварий и других причин при отсутствии в системе так называемых потребителей-регуляторов не дает возможности полностью использовать оборудование электростанции в этот период;
  - в) небаланс между мощностью электростанций и мощностью, потребляемой в системе, не может существовать. При снижении мощности электростанций одновременно автоматически снижается потребляемая мощность, и наоборот.

# Особенности энергосистем

- ***Вторая особенность.*** Быстрота протекания переходных процессов в электрической системе требует обязательного применения специальных автоматических устройств. Эти устройства, часто весьма быстродействующие, должны обеспечить надлежащую корректировку переходных процессов в системе. Правильный выбор и настройка всех этих автоматических устройств, к которым относятся аппараты защиты от *перенапряжений*, установки *релейной защиты*, автоматические регуляторы, автоматические выключатели и т. п., немыслимы без учета работы всей системы как единого целого. Все это способствует широчайшему внедрению автоматики в энергетических системах и полной автоматизации отдельных электростанций, подстанций и т. п.
- ***Третья особенность.*** Связь работы энергосистем со всеми отраслями народного хозяйства предопределяет необходимость своевременного их развития. Рост энергетических систем должен обязательно опережать рост потребления энергии, иначе создание резервов в энергосистемах невозможно. С другой стороны, рост энергетических систем должен быть гармоничным: все элементы системы должны развиваться без каких-либо диспропорций в развитии отдельных элементов.

# Особенности энергосистем

## Доводы в пользу объединения энергосистем:

- уменьшение суммарного резерва мощности;
- улучшение использования мощности и энергии ГЭС одной или обеих систем;
- уменьшение суммарного максимума нагрузки объединяемых энергосистем;
- взаимопомощь систем в случае неординарных сезонных изменений мощности электростанций;
- взаимопомощь систем в случае неординарных сезонных изменений нагрузки;
- взаимопомощь систем в проведении ремонтов.

# Энергетическое оборудование ГЭС

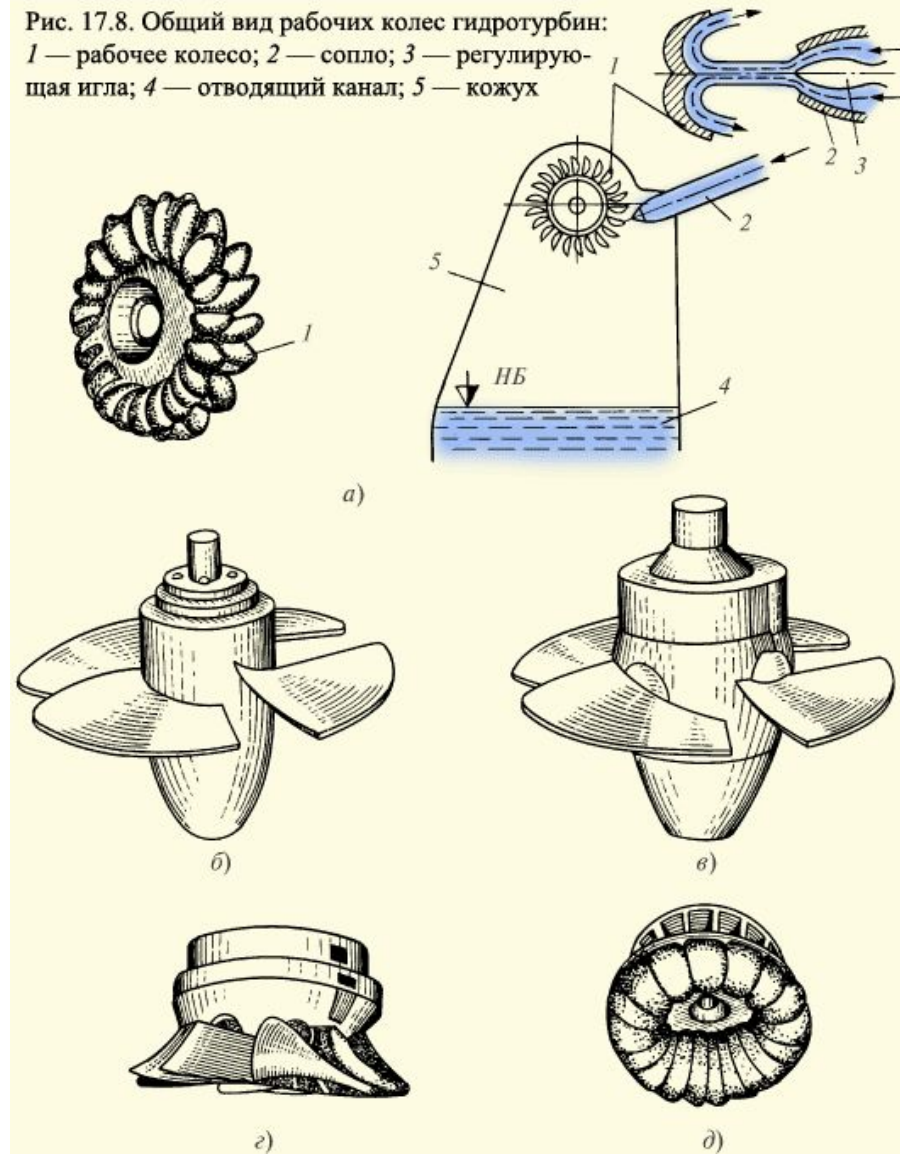
## Гидравлической турбиной

называется машина, преобразующая энергию движущейся воды в механическую энергию вращения ее рабочего колеса. Гидротурбины разделяют на два класса: активные и реактивные.

**Активные гидротурбины** используют только кинетическую энергию потока. Наиболее распространенными активными гидротурбинами являются ковшовые (рис. 17.8, а).

**Реактивные гидротурбины** используют и потенциальную энергию. К реактивным гидротурбинам относятся: пропеллерные (рис. 17.8, б), поворотно-лопастные (рис. 17.8, в), диагональные (рис. 17.8, г), радиально-осевые (рис. 17.8, д).

Рис. 17.8. Общий вид рабочих колес гидротурбин:  
1 — рабочее колесо; 2 — сопло; 3 — регулирующая игла; 4 — отводящий канал; 5 — кожух



# Электрическая часть ГЭС

- Электрическая часть ГЭС и ГАЭС состоит из *электрических машин* (соединенных с гидромашинами), *трансформаторов* и *распределительных устройств*.
- Основным элементом электрической части являются электрические синхронные машины переменного тока, работающие на:
  - ГЭС — в режимах генератора, синхронного компенсатора и вращающегося резерва;
  - ГАЭС — в режимах генератора, электродвигателя, *синхронного компенсатора* и вращающегося резерва.
- *Гидрогенераторы* подразделяются на вертикальные и горизонтальные. *Вертикальные синхронные генераторы ГЭС* выполняются: *подвешеного типа* (рис. 17.9, а), *зонтичного типа с опорой на нижнюю крестовину* (рис. 17.9, б) или *зонтичного типа с опорой на крышку турбины* (рис. 17.9, в).

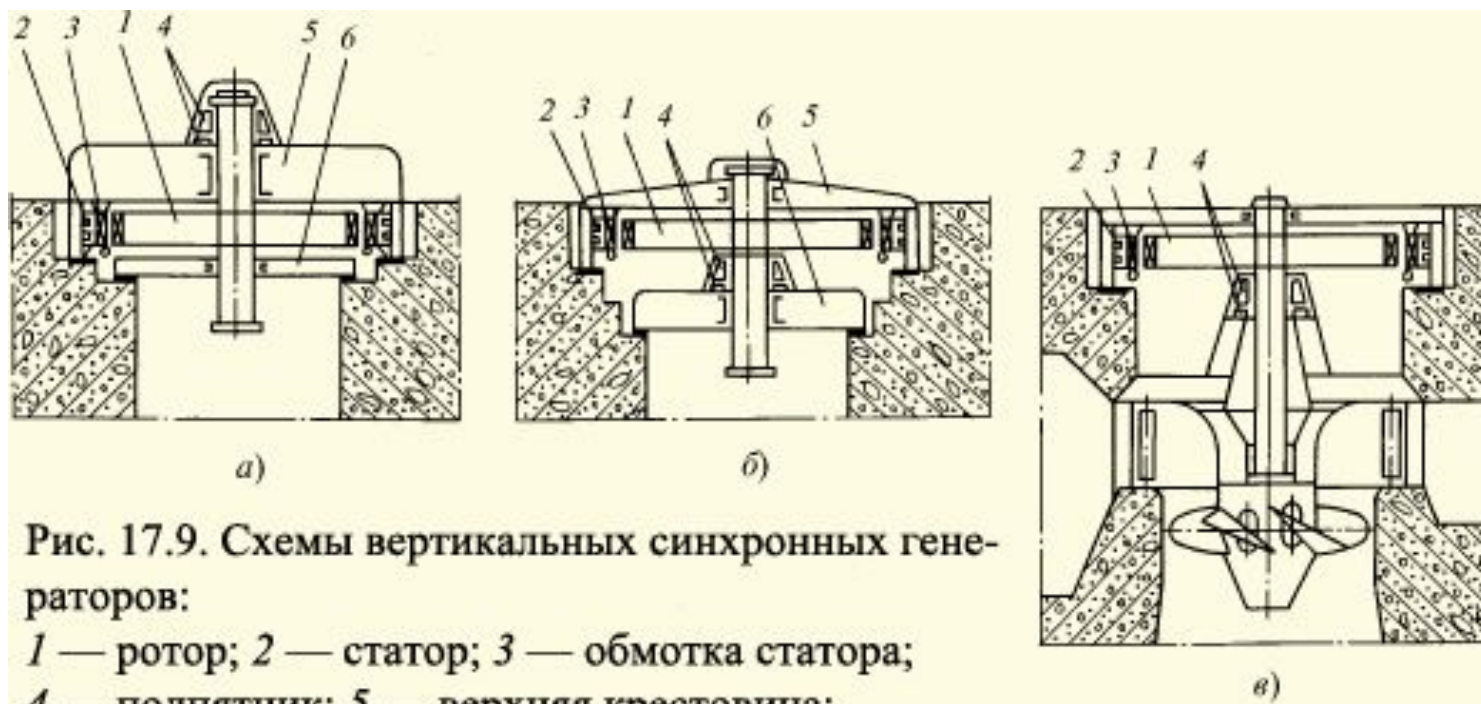


Рис. 17.9. Схемы вертикальных синхронных генераторов:

- 1 — ротор; 2 — статор; 3 — обмотка статора;  
4 — подпятник; 5 — верхняя крестовина;  
6 — нижняя крестовина

# Работа ГЭС в энергосистеме

- В энергосистеме ГЭС обычно используется для выработки электроэнергии, покрытия графика нагрузки, особенно его пиковой части, регулирования частоты электрического тока в системе, в качестве резерва и для выработки *реактивной мощности* в режиме синхронного компенсатора.
- Режим работы ГЭС в энергосистеме зависит от расхода воды, напора, объема водохранилища, потребностей энергосистемы, ограничений по верхнему и нижнему бьефу.
- Агрегаты ГЭС по техническим условиям могут быстро включаться, набирать нагрузку и останавливаться. Причем включение и выключение агрегатов, регулирование нагрузки могут происходить автоматически при изменении частоты электрического тока в энергосистеме.
- Значение КПД гидротурбины зависит от ее конструкции, размеров и режимов работы. Коэффициент полезного действия современных крупных гидротурбин может достигать 0,95.
- Крупные ГЭС требуют для выдачи мощности сооружения крупных и сверхмощных линий электропередачи сверхвысокого напряжения, то есть они могут являться системообразующими звеньями и основой для формирования межсистемных связей, объединенных энергосистем (Волжские ГЭС, ГЭС Байкало-Енисейского каскада в СССР).
- Крупные ГЭС и АЭС являются основой для сформированной еще во времена СССР Единой электроэнергетической системы России (ЕЭС).

# ЕЭС России







НОРВЕГИЯ

БОРИСОГЛЕБСКАЯ ГЭС

НОРИЛЬСКИЕ ТЭЦ

# РОССИЯ

ФИНЛЯДИЯ

СЕВЕРО-ЗАПАДНАЯ  
ЛЕНИНГРАДСКАЯ  
БАЛТИЙСКАЯ ГЭС

ЭСТОНСКАЯ ГЭС  
ЭСТОНИЯ

ЛИТВА  
КАЛИНИНГРАДСКАЯ  
ТЭЦ-2

КАЛИНИНГРАДСКАЯ  
ГЭС-2

ПОЛЬША

УКРАИНА

ЗМИВСКАЯ ГЭС

КРАСНОДАРСКАЯ  
ГЭС

СОЧИНСКАЯ  
ТЭС

ИНГУРЬ ГЭС

АЗЕРБАЙДЖАН

ИВАЛО  
КАЙТАГОСИИ ГЭС  
СЕРЕБРЯНСКАЯ ГЭС-1  
КОЛЬСКАЯ АЭС  
ЮНЬКЕГУБСКАЯ  
ГЭС-11

КРИВОПОРЖСКАЯ ГЭС  
БЕЛОПОРЖСКАЯ ГЭС  
ПОДИЖИМСКАЯ ГЭС  
ОНДСКАЯ ГЭС

СВЕТЛОГОРСКАЯ ГЭС-11  
КАСКАД СВИРСКИХ ГЭС  
ГЭС-12  
ГЭС-9  
ТЭЦ-21 (СЕВЕРНАЯ)  
ТЭЦ-22 (ЮЖНАЯ)

КАЛИНИНСКАЯ АЭС  
УЛИЧСКАЯ ГЭС  
МОСКОВСКАЯ ГЭС-3  
МОСКОВСКАЯ ГЭС-4  
НАШИНСКАЯ ГЭС

ЧЕРЕПОВИТСКАЯ ГЭС  
РЕЗАНСКАЯ ГЭС  
НОВОМОСКОВСКАЯ ГЭС  
ЧЕКИНСКИЙ ТЭЦ

ЗМИВСКАЯ ГЭС  
ЛУТАНСКАЯ ГЭС  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ  
ИМПУЛЬСНАЯ ГЭС  
НОВОЧЕРКАСЬКАЯ ГЭС  
ВОЛГОДОНСКАЯ ТЭЦ-2

КРАСНОДАРСКАЯ ГЭС  
СТАВРОПОЛЬСКАЯ ГЭС  
НЕВИНОМЫССКАЯ ГЭС  
КОБАНСКАЯ ГЭС-4

ЗАРМАРЖИЕ ГЭС  
ЗЭМРИНСКАЯ ГЭС  
ИРГАНСКАЯ ГЭС

АРХАНГЕЛЬСКАЯ ТЭЦ-1  
СЕВЕРОВИТЯНСКАЯ ТЭЦ-1

ТЭЦ-1, 2, 3 КОТЛАС.ЦЕК

НИЖЕГОРСКАЯ ГЭС  
ЧЕБОКСАРСКАЯ ГЭС  
НИЖНЕВОЛЖСКАЯ ГЭС  
КАЗАНСКАЯ ТЭЦ-3  
ЗАЙНСКАЯ ГЭС

САМАРСКАЯ ГЭС  
САМАРСКАЯ ТЭЦ  
БАЛАКОВСКАЯ АЭС

ВОЛЖСКАЯ ГЭС  
ВОЛГОГРАДСКАЯ ТЭЦ-3  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ  
ИМПУЛЬСНАЯ ГЭС  
ВОЛГОДОНСКАЯ АЭС  
ВОЛГОДОНСКАЯ ТЭЦ-2

СТАВРОПОЛЬСКАЯ ГЭС  
НЕВИНОМЫССКАЯ ГЭС  
КОБАНСКАЯ ГЭС-4

ЗАРМАРЖИЕ ГЭС  
ЗЭМРИНСКАЯ ГЭС  
ИРГАНСКАЯ ГЭС

ПЕРМСКАЯ ГЭС  
КАМСКАЯ ГЭС  
ВОЛЖИНСКАЯ ГЭС

КИРОВСКАЯ ТЭЦ  
КАМСКАЯ ГЭС  
ВОЛЖИНСКАЯ ГЭС

НИЖНЕВОЛЖСКАЯ ГЭС  
КАЗАНСКАЯ ТЭЦ-3  
ЗАЙНСКАЯ ГЭС

САМАРСКАЯ ГЭС  
САМАРСКАЯ ТЭЦ  
БАЛАКОВСКАЯ АЭС

ВОЛЖСКАЯ ГЭС  
ВОЛГОГРАДСКАЯ ТЭЦ-3  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ  
ИМПУЛЬСНАЯ ГЭС  
ВОЛГОДОНСКАЯ АЭС  
ВОЛГОДОНСКАЯ ТЭЦ-2

СТАВРОПОЛЬСКАЯ ГЭС  
НЕВИНОМЫССКАЯ ГЭС  
КОБАНСКАЯ ГЭС-4

ЗАРМАРЖИЕ ГЭС  
ЗЭМРИНСКАЯ ГЭС  
ИРГАНСКАЯ ГЭС

ПЕРМСКОЕ ГЭС  
КАМСКАЯ ГЭС  
ВОЛЖИНСКАЯ ГЭС

НИЖНЕГОРСКАЯ ГЭС  
ЧЕБОКСАРСКАЯ ГЭС  
НИЖНЕВОЛЖСКАЯ ГЭС  
КАЗАНСКАЯ ТЭЦ-3  
ЗАЙНСКАЯ ГЭС

САМАРСКАЯ ГЭС  
САМАРСКАЯ ТЭЦ  
БАЛАКОВСКАЯ АЭС

ВОЛЖСКАЯ ГЭС  
ВОЛГОГРАДСКАЯ ТЭЦ-3  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ  
ИМПУЛЬСНАЯ ГЭС  
ВОЛГОДОНСКАЯ АЭС  
ВОЛГОДОНСКАЯ ТЭЦ-2

СТАВРОПОЛЬСКАЯ ГЭС  
НЕВИНОМЫССКАЯ ГЭС  
КОБАНСКАЯ ГЭС-4

ЗАРМАРЖИЕ ГЭС  
ЗЭМРИНСКАЯ ГЭС  
ИРГАНСКАЯ ГЭС

ЗАРМАРЖИЕ ГЭС  
ЗЭМРИНСКАЯ ГЭС  
ИРГАНСКАЯ ГЭС

УРЕНГОЙСКАЯ ГЭС  
СУРГУТСКАЯ ГЭС-1  
СУРГУТСКАЯ ГЭС-2

НИЖНЕВАРТОВСКАЯ ГЭС  
СУРГУТСКАЯ ГЭС-1  
СУРГУТСКАЯ ГЭС-2

НИЖНЕГОРСКАЯ ГЭС  
ЧЕБОКСАРСКАЯ ГЭС  
НИЖНЕВОЛЖСКАЯ ГЭС  
КАЗАНСКАЯ ТЭЦ-3  
ЗАЙНСКАЯ ГЭС

САМАРСКАЯ ГЭС  
САМАРСКАЯ ТЭЦ  
БАЛАКОВСКАЯ АЭС

ВОЛЖСКАЯ ГЭС  
ВОЛГОГРАДСКАЯ ТЭЦ-3  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ  
ИМПУЛЬСНАЯ ГЭС  
ВОЛГОДОНСКАЯ АЭС  
ВОЛГОДОНСКАЯ ТЭЦ-2

СТАВРОПОЛЬСКАЯ ГЭС  
НЕВИНОМЫССКАЯ ГЭС  
КОБАНСКАЯ ГЭС-4

ЗАРМАРЖИЕ ГЭС  
ЗЭМРИНСКАЯ ГЭС  
ИРГАНСКАЯ ГЭС

УРЕНГОЙСКАЯ ГЭС  
СУРГУТСКАЯ ГЭС-1  
СУРГУТСКАЯ ГЭС-2

НИЖНЕВАРТОВСКАЯ ГЭС  
СУРГУТСКАЯ ГЭС-1  
СУРГУТСКАЯ ГЭС-2

НИЖНЕГОРСКАЯ ГЭС  
ЧЕБОКСАРСКАЯ ГЭС  
НИЖНЕВОЛЖСКАЯ ГЭС  
КАЗАНСКАЯ ТЭЦ-3  
ЗАЙНСКАЯ ГЭС

САМАРСКАЯ ГЭС  
САМАРСКАЯ ТЭЦ  
БАЛАКОВСКАЯ АЭС

ВОЛЖСКАЯ ГЭС  
ВОЛГОГРАДСКАЯ ТЭЦ-3  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ  
ИМПУЛЬСНАЯ ГЭС  
ВОЛГОДОНСКАЯ АЭС  
ВОЛГОДОНСКАЯ ТЭЦ-2

СТАВРОПОЛЬСКАЯ ГЭС  
НЕВИНОМЫССКАЯ ГЭС  
КОБАНСКАЯ ГЭС-4

ЗАРМАРЖИЕ ГЭС  
ЗЭМРИНСКАЯ ГЭС  
ИРГАНСКАЯ ГЭС

УРЕНГОЙСКАЯ ГЭС  
СУРГУТСКАЯ ГЭС-1  
СУРГУТСКАЯ ГЭС-2

НИЖНЕВАРТОВСКАЯ ГЭС  
СУРГУТСКАЯ ГЭС-1  
СУРГУТСКАЯ ГЭС-2

НИЖНЕГОРСКАЯ ГЭС  
ЧЕБОКСАРСКАЯ ГЭС  
НИЖНЕВОЛЖСКАЯ ГЭС  
КАЗАНСКАЯ ТЭЦ-3  
ЗАЙНСКАЯ ГЭС

САМАРСКАЯ ГЭС  
САМАРСКАЯ ТЭЦ  
БАЛАКОВСКАЯ АЭС

ВОЛЖСКАЯ ГЭС  
ВОЛГОГРАДСКАЯ ТЭЦ-3  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ  
ИМПУЛЬСНАЯ ГЭС  
ВОЛГОДОНСКАЯ АЭС  
ВОЛГОДОНСКАЯ ТЭЦ-2

СТАВРОПОЛЬСКАЯ ГЭС  
НЕВИНОМЫССКАЯ ГЭС  
КОБАНСКАЯ ГЭС-4

ЗАРМАРЖИЕ ГЭС  
ЗЭМРИНСКАЯ ГЭС  
ИРГАНСКАЯ ГЭС

УРЕНГОЙСКАЯ ГЭС  
СУРГУТСКАЯ ГЭС-1  
СУРГУТСКАЯ ГЭС-2

НИЖНЕВАРТОВСКАЯ ГЭС  
СУРГУТСКАЯ ГЭС-1  
СУРГУТСКАЯ ГЭС-2

НИЖНЕГОРСКАЯ ГЭС  
ЧЕБОКСАРСКАЯ ГЭС  
НИЖНЕВОЛЖСКАЯ ГЭС  
КАЗАНСКАЯ ТЭЦ-3  
ЗАЙНСКАЯ ГЭС

САМАРСКАЯ ГЭС  
САМАРСКАЯ ТЭЦ  
БАЛАКОВСКАЯ АЭС

ВОЛЖСКАЯ ГЭС  
ВОЛГОГРАДСКАЯ ТЭЦ-3  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ  
ИМПУЛЬСНАЯ ГЭС  
ВОЛГОДОНСКАЯ АЭС  
ВОЛГОДОНСКАЯ ТЭЦ-2

СТАВРОПОЛЬСКАЯ ГЭС  
НЕВИНОМЫССКАЯ ГЭС  
КОБАНСКАЯ ГЭС-4

ЗАРМАРЖИЕ ГЭС  
ЗЭМРИНСКАЯ ГЭС  
ИРГАНСКАЯ ГЭС

УРЕНГОЙСКАЯ ГЭС  
СУРГУТСКАЯ ГЭС-1  
СУРГУТСКАЯ ГЭС-2

НИЖНЕВАРТОВСКАЯ ГЭС  
СУРГУТСКАЯ ГЭС-1  
СУРГУТСКАЯ ГЭС-2

НИЖНЕГОРСКАЯ ГЭС  
ЧЕБОКСАРСКАЯ ГЭС  
НИЖНЕВОЛЖСКАЯ ГЭС  
КАЗАНСКАЯ ТЭЦ-3  
ЗАЙНСКАЯ ГЭС

САМАРСКАЯ ГЭС  
САМАРСКАЯ ТЭЦ  
БАЛАКОВСКАЯ АЭС

ВОЛЖСКАЯ ГЭС  
ВОЛГОГРАДСКАЯ ТЭЦ-3  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ  
ИМПУЛЬСНАЯ ГЭС  
ВОЛГОДОНСКАЯ АЭС  
ВОЛГОДОНСКАЯ ТЭЦ-2

СТАВРОПОЛЬСКАЯ ГЭС  
НЕВИНОМЫССКАЯ ГЭС  
КОБАНСКАЯ ГЭС-4

ЗАРМАРЖИЕ ГЭС  
ЗЭМРИНСКАЯ ГЭС  
ИРГАНСКАЯ ГЭС

КАСКИ

ТЕЛМА

ЧИ

ХА

КАХ

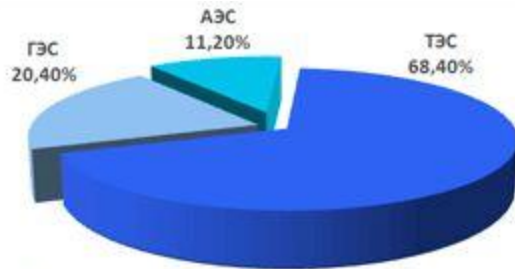
КА

КА

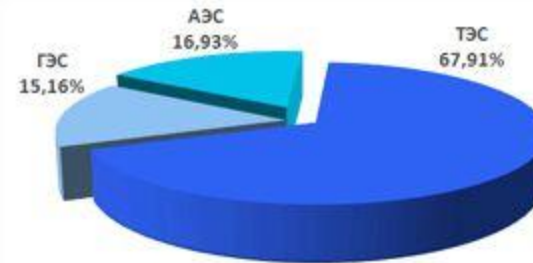
КА

КА

# ЕЭС России



Структура установленной мощности электростанций ЕЭС России, %  
(на 01.01.2012)



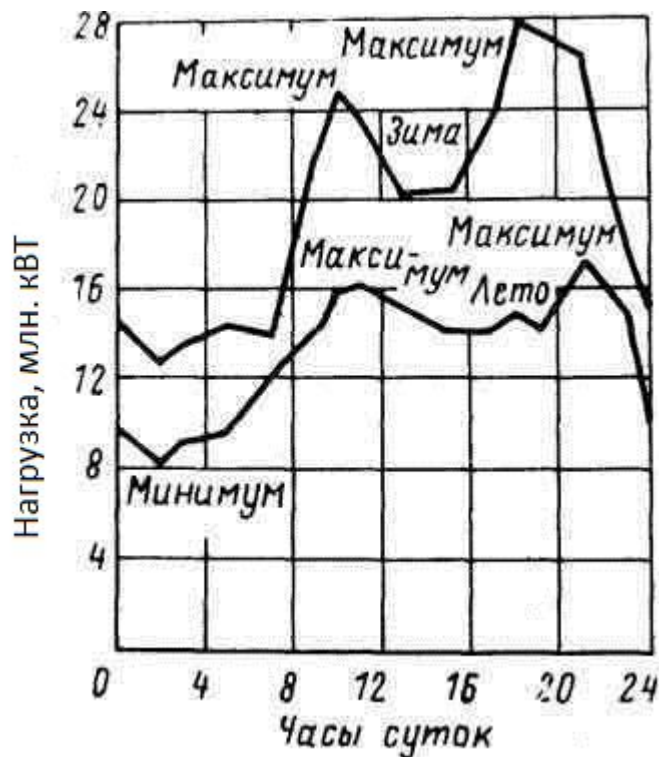
Структура выработки электроэнергии в ЕЭС России, %  
(на 01.01.2012)

- Единая энергетическая система России (ЕЭС России) состоит из 69 региональных энергосистем, которые, в свою очередь, образуют 7 объединенных энергетических систем: Востока, Сибири, Урала, Средней Волги, Юга, Центра и Северо-Запада.
- Все энергосистемы соединены межсистемными высоковольтными линиями электропередачи напряжением 220-500 кВ и выше и работают в синхронном режиме (параллельно).
- В электроэнергетический комплекс ЕЭС России входит более 600 электростанций мощностью свыше 5 МВт. На конец 2011 года общая установленная мощность электростанций ЕЭС России составила 218 235,8 МВт.

# ЕЭС России

- Ввод новых мощностей в 2011 году на электростанциях ЕЭС России с учетом электростанций промышленных предприятий составил 4 688,3 МВт.
- Выведено из эксплуатации генерирующего оборудования электростанций ЕЭС России суммарной мощностью 1 507,2 МВт.
- Ежегодно все электростанции вырабатывают около одного триллиона кВт·ч электроэнергии.
- Управление электроэнергетическими режимами 7 энергообъединений и энергосистем, расположенных на территории 79 субъектов Российской Федерации осуществляют филиалы ОАО «СО ЕЭС» — объединенные и региональные диспетчерские управления соответственно.

# График нагрузки энергосистемы



$$N_{\text{макс.ЭС}} = N_{\text{гар.ГЭС}} + N_{\text{гар.ТЭС}} + N_{\text{гар.АЭС}},$$

где  $N_{\text{макс.ЭС}}$  — максимальная мощность энергосистемы;

$N_{\text{гар.ГЭС}}$ ,  $N_{\text{гар.ТЭС}}$ ,  $N_{\text{гар.АЭС}}$  - соответственно гарантированные мощности гидравлических, тепловых и атомных электростанций, с которыми они участвуют в покрытии графика нагрузок энергосистемы.