

УДК 621.224

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ТУРБИНЫ

Ерёменко М.А., Адинцова Я.П.

Научный руководитель – старший преподаватель Пантелей Н.В.

Гидравлическая турбина (гидротурбина) – устройство, превращающее потенциальную энергию воды, в механическую работу. Протекающая жидкость, в основном вода, при прохождении через гидравлическую турбину ударяется о лопатки турбины и заставляет вал вращаться. Особенность гидравлической турбины – подверженность кавитации, которая является очень сложным физическим явлением, возникающим в результате протекания воды в проходах турбины при быстром течении жидкости. Кавитация – образование в жидкости полостей (каверн) и кавитационный пузырей, сопровождающийся шумом и гидравлическими ударами. Существуют различные конструкции гидротурбин в зависимости от эксплуатационных востребований. Для каждого места использования турбины, определяется конкретный ее тип, обеспечивающий максимальную производительность в выбранном месте.

Виды турбин (по принципу действия):

1. Активные;
2. Реактивные.

Активные турбины

В активных турбинах рабочее колесо вращается в воздухе под действием струи воды, которая отдает колесу свою кинетическую энергию. Следовательно, скорость воды должна быть максимальной перед рабочим колесом. Поэтому в активных турбинах вода подводится к колесу через сопло, преобразующее низкоскоростной поток в высокоскоростной. Лопасти рабочего колеса отклоняют направленную на них струю, чтобы увеличить изменение импульса воды и максимизировать действующие на лопасти силы. Достоинствами активных гидротурбин являются: требования к размеру зазоров между корпусом и турбиной малы, это облегчает изготовление а также уменьшает требования к подшипникам, так как потери через зазоры при малой разности давления незначительны; малая продольная нагрузка на вал; скорость вращения по сравнению с реактивными турбинами меньше, это облегчает соединение с машинами. Однако изготовление диафрагм у них относительно сложное; роторы первых цилиндров турбин практически всегда гибкие и могут подвергаться вибрациям. Это и является существенным недостатком активных турбин.

В современной гидротурбине полный КПД равен 0,85 – 0,92. Наивысший КПД достигает при окружной скорости активной турбины, равной половине скорости потока. Активные турбины преимущественно используются в виде ковшовых гидротурбин, в местах где напор выше 500 – 600 м.

Существует 3 основных типа активных турбин:

1. Турбина Пелтона;
2. Турбина Турго;
3. Турбина с поперечным потоком.

Турбина Пелтона состоит из колеса и ряда разделенных ковшей, которые устанавливаются вокруг обода; струя воды с высокой скоростью направляется тангенциально на колесо. Попадая в ведро разделяется пополам, так что каждая половина поворачивается и отклоняется назад на 180° . Большинство энергии приходится на движение ведра, а отклоненная вода падает в сливной канал, который располагается внизу.

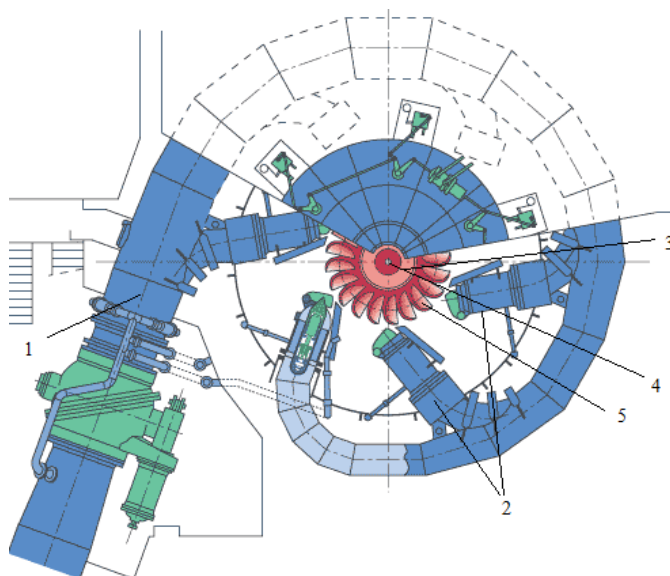


Рисунок 1. Турбина Пелтона:
1 – подводящий трубопровод; 2 – сопло; 3 – рабочее колесо; 4 – вал; 5 – рабочие лопасти

Турбина Турго по конструкции похожа на турбину Пелтона, но, в отличие от турбины Пелтона, вода поступает в бегун с одной стороны и выходит с другой, так как струя ударяется о плоскость бегуна под углом (от 20 до 25°). Следовательно, скорость потока не ограничивается выбросом текучей среды, мешающей поступающей струе. Турбина Турго может иметь бегунок меньшего диаметра и вращаться быстрее, чем Пелтона для эквивалентной скорости потока.

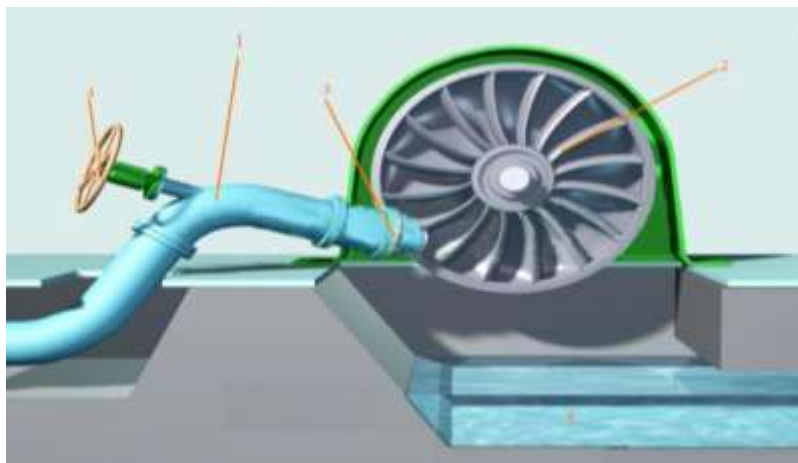


Рисунок 2. Турбина Турго:
1 – водопроводная труба; 2 – рабочее колесо; 3 – сопло;
4 – регулятор потока (вентиль); 5 – пруд

Турбина поперечного потока имеет барабанный ротор со сплошным диском. Через изогнутые лопасти в верхнюю часть ротора попадает струя воды, проходит через лопасти во второй раз и выходит на дальнюю сторону ротора. Форма лопастей такая, что прежде чем упасть с небольшой остаточной энергией, вода передает часть своего импульса при каждом прохождении через периферию ротора.

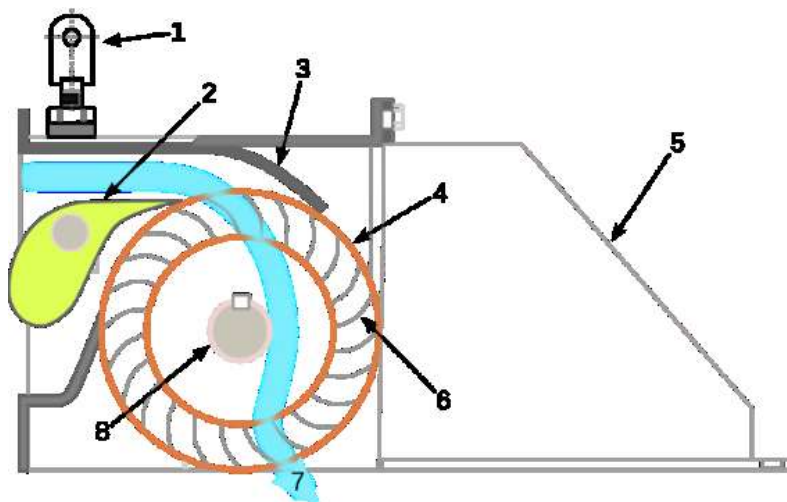


Рисунок 3. Турбина поперечного потока

1 – воздушно-выпускной клапан; 2 – узел контроля подачи потока воды; 3 – корпус турбины; 4 – ротор; 5 – съемная задняя крышка; 6 – лопасти; 7 – поток воды; 8 – вал

Реактивные турбины

В реактивных турбинах рабочее колесо полностью погружено в воду, а поток по всей длине проточного тракта. Это дает возможность использовать рабочим колесом как кинетическую, так и потенциальную энергию протекающей жидкости. Поэтому скорость потока перед входом на рабочее колесо может быть сравнительно небольшой даже при высоких напорах. Лопасти рабочего колеса имеют такую форму, чтобы в результате перепадов давления на них возникали подъемные силы, которые заставляют рабочее колесо вращаться. Достоинством реактивных турбин, как правило, являются: меньшая стоимость, по сравнению с активными; отсутствие диафрагмы и промежуточных уплотнения. Недостатком таких турбин является число ступеней: ступеней в реактивной турбине больше, чем в активной. Эти турбины получаются несколько длиннее. Диафрагмы сложны в изготовлении и оказывают большое влияние на экономичность турбины. В современной гидротурбине при благоприятных условиях работы образцов КПД достигает 0,94 – 0,95. Поворотнлопастные турбины применяются для низких напоров. Максимальный напор этих турбин примерно 90 м. В последние годы при малых напорах (около 20 м) применяют горизонтальные капсульные турбины.

Существует 2 основных типа реактивной турбины:

1. Турбина с пропеллером (Каплана);
2. Турбина Фрэнсиса.

Турбина Каплана – это пропеллерная гидротурбина, с регулируемыми лопастями. Турбина Каплана была разработана в 1913 году австрийским

профессором Виктором Капланом, он объединил автоматическое регулирование лопасти винта с автоматическим регулированием калиток, это позволило достичь эффективную работу в широком диапазоне расхода и уровня воды. Турбина рассчитана на напор до 30 м.

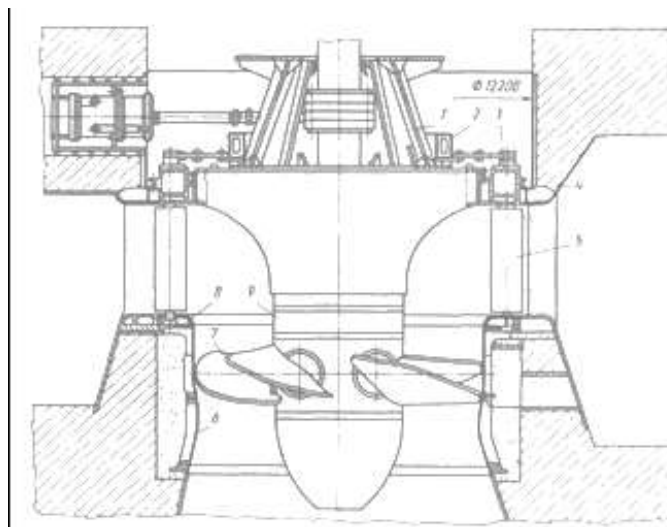


Рисунок 4. Турбина Каплана:

1 – опорная конструкция; 2 – опорное кольцо; 3 – механизм поворота направляющих лопаток; 4 – турбинная камера; 5 – направляющий аппарат; 6 – статор; 7 – лопатки рабочего колеса; 8 – опорное кольцо; 9 – вал рабочего колеса

Турбина Фрэнсиса, по сути, представляет собой модифицированную форму турбины с пропеллером, в которой вода течет радиально внутрь бегунка и поворачивается, чтобы выходить в осевом направлении. Для схем со средней головкой бегунок чаще всего монтируется в спиральном корпусе с внутренними регулируемыми направляющими лопатками.

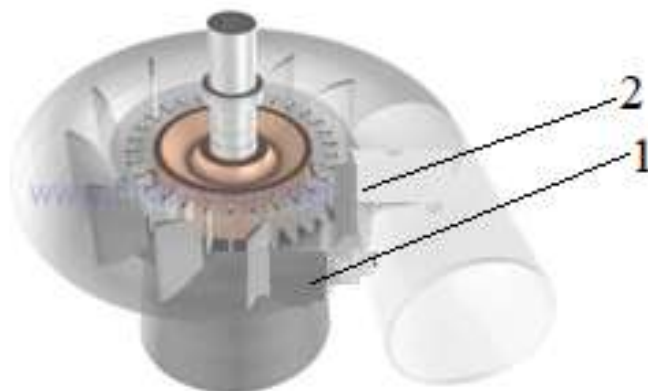


Рисунок 5. Турбина Фрэнсиса:

1 – направляющие лопатки; 2 – статорные колонны

Таким образом, в настоящее время широко применяются для выработки энергии радиально-осевые, поворотнлопастные и ковшовые гидротурбины. В развитии гидротурбин основными направлениями являются: увеличение мощности; движение турбин в область повышенных напоров ($H = 500 - 1000$ м); создание новых и совершенствование старых типов гидротурбин; улучшение

качества сборки и материала; повышение долговечности и надёжности оборудования. В настоящее время работы по совершенствованию гидротурбин ведутся в двух направлениях: разработка двухступенчатых или многоступенчатых радиально-осевых гидротурбин; последовательное соединение двух радиально-осевых турбин. Благодаря развитию новых конструкций и технологий изготовления гидротурбин возросла их надёжность, КПД, коэффициент готовности к работе. Человечество применяет гидротурбины с давних пор: они имели разные конструкции, разные принципы действия, свои достоинства и недостатки. И все это очень важно для будущего, так как реки будут течь всегда, а новые озера (водохранилища) появляться все чаще и чаще.

Литература

1. Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций, 1989.
2. Рожкова Л.Д., Карнеева Л.К., Чиркова Т.В. Электрооборудование электрических станций и подстанций, 2004.
3. Файбисович Д.Л. и др. Справочник по проектированию электрических сетей, 2006.
4. Tenot A. Turbines hydrauliques et régulateurs automatiques de vitesse, v. 1-4, P., 1930-35.
5. Micro-hydropower: status and prospects [Electronic resource]. Mode of access: <http://docplayer.net>.