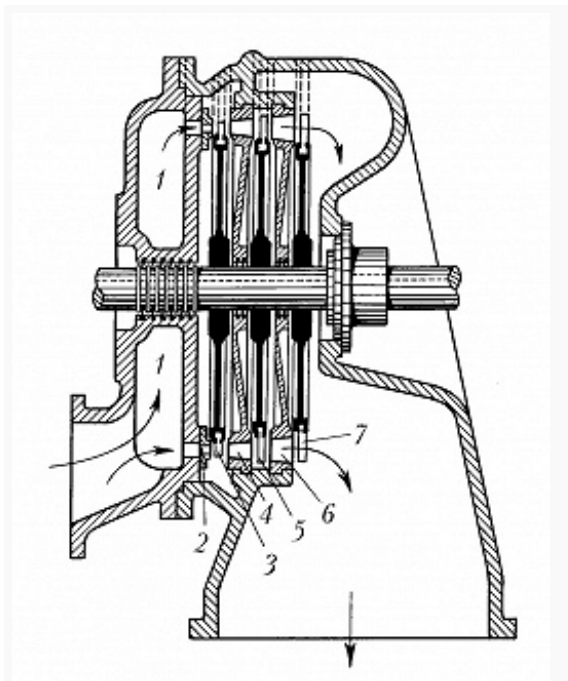


# ПАРОВАЯ ТУРБИНА

Авторы: В. С. Соколов

**ПАРОВАЯ ТУРБИНА**, турбина, в которой в качестве рабочего тела используется водяной пар; служит для преобразования тепловой энергии пара в механич. работу. В отличие от [паровой машины](#), в П. т. используют не потенциальную, а кинетич. энергию пара. Осн. назначение П. т. – привод (первичный двигатель) для генераторов электрич. тока на тепловых и атомных электростанциях. П. т. и электрогенератор составляют турбоагрегат.

## Конструкция паровых турбин



Схематический продольный разрез активной паровой турбины с тремя ступенями давления: 1 – кольцевая камера свежего пара; 2 – сопла первой ступени; 3 – лопатки первой ступени; 4 – сопла второй

П. т. состоит из двух осн. частей – ротора с лопатками (подвижная часть турбины) и статора с соплами (неподвижная часть). Поток пара, образующийся в [паровом котле](#), под высоким давлением поступает через направляющие (статор с соплами) на криволинейные лопатки турбины, закреплённые по окружности ротора, и, воздействуя на них, приводит ротор, закреплённый на одном валу с электрогенератором, во вращение (происходит преобразование тепловой энергии пара в механич. работу). Каждый ряд направляющих и лопаток называется ступенью турбины (как правило, П. т. имеет неск. ступеней). Корпус П. т. с несколькими ступенями давления разделяют диафрагмами на отд. камеры, в каждой из которых помещён один из дисков с

ступени; ...

лопатками (рис.). Пар может проникать из одной камеры в другую только через сопла,

расположенные по окружности диафрагм. Давление пара снижается после каждой ступени, а скорости истечения пара остаются примерно одинаковыми, что достигается выбором соответствующих размеров сопел.

Роторы П. т., предназначенные для привода электрич. генераторов, работающих на электрич. сеть, имеют фиксированную частоту вращения – 3000 об/мин в России и 3600 об/мин в США и др. странах. Роторы П. т., предназначенных для др. потребителей мощности, могут иметь др. частоту вращения, соответствующую характеристикам оборудования потребителя (напр., транспортные турбины). Давление и темп-ра пара перед турбиной определяются её назначением.

Мощные П. т. имеют сложную конструкцию и большие размеры (см. рис. к ст. [Конденсационная турбина](#)). Длина всего агрегата может достигать 30 м. П. т. располагается на фундаменте, представляющем собой многоопорную жел.-бетон. конструкцию, опирающуюся на общую фундаментную плиту. Конструкция П. т. разделяется на неск. цилиндров (частей) – высокого давления (ЦВД), среднего давления (ЦСД) и низкого давления (ЦНД). Обычно мощная П. т. имеет один ЦВД, один или два ЦСД и неск. ЦНД. Пар поступает в турбину, проходит через ЦВД последовательно все ступени, далее через ЦСД (одним или двумя параллельными потоками), затем, разветвляясь ещё на неск. параллельных потоков, проходит ЦНД и сбрасывается в конденсатор. Разветвление потоков перед конденсатором необходимо для увеличения единичной мощности турбины, т. к. однопоточная турбина может вырабатывать ограниченную мощность, которая зависит от длины рабочих лопаток последней ступени. Для обеспечения надёжной эксплуатации П. т. оснащается системой безопасности, предотвращающей возникновение и развитие аварийных ситуаций. Осн. преимущества П. т.: высокая единичная мощность, широкий диапазон мощностей, высокий ресурс работы. Недостатки П. т.: высокая инерционность (долгое время пуска и останова), дороговизна строительства и ремонта. В П. т., используемых на ТЭС, давление пара может достигать 24 МПа и более, темп-ра – 545–600 °С; мощности П. т., работающих на ТЭС, – до 1200 МВт, АЭС – до 1900 МВт. Кпд современных П. т. достигает 40–42%.

# Классификация паровых турбин

По принципу действия выделяют активные турбины и реактивные турбины. По количеству ступеней П. т. подразделяют на одноступенчатые и многоступенчатые турбины. В одноступенчатой П. т. не удаётся достаточно полно использовать энергию пара, поэтому совр. П. т. строят многоступенчатыми. По направлению потока рабочего тела выделяют осевые (аксиальные) П. т. (направление потока совпадает с направлением оси ротора, наиболее распространённый тип П. т., используемых для привода электрогенераторов) и радиальные П. т. (поток осуществляется в радиальном направлении либо от оси ротора к периферии дисков, либо наоборот – от периферии к оси). В зависимости от давления пара П. т. бывают: низкого (не выше 0,9 МПа), среднего (не выше 4 МПа), высокого (9–14 МПа) и сверхкритич. давления (24 МПа и более).

В зависимости от характера теплового процесса П. т. подразделяют на 3 группы: конденсационные турбины, теплофикационные и спец. назначения.

Теплофикационные П. т. служат для одноврем. получения электрич. и тепловой энергии. Осн. конечный продукт таких П. т. – теплота. ТЭС, на которых установлены теплофикационные П. т., называются теплоэлектроцентралями. К теплофикационным П. т. относятся турбины с противодавлением, с регулируемым отбором пара, а также с отбором и противодавлением. У турбин с противодавлением отсутствует конденсатор. Отработавший пар, имеющий давление выше атмосферного, поступает в спец. сборный коллектор, откуда направляется к тепловым потребителям для технологич. целей (варка, сушка, отопление и др.). В турбинах с регулируемым отбором часть пара отводится из первой или второй промежуточных ступеней, а остальной пар идёт в конденсатор. Давление отбираемого пара на всех режимах работы турбоагрегата автоматически поддерживается постоянным или же регулируется в заданных пределах, с тем чтобы потребитель получал пар определённого качества. Существует два вида тепловых потребителей: промышленные, где требуется пар с давлением до 1,3–1,5 МПа (производств. отбор), и отопительные, с давлением 0,05–0,25 МПа (теплофикационный отбор). Если требуется пар как производственного, так и отопит. назначения, то в одной турбине могут быть осуществлены два регулируемых отбора;

место отбора (ступень турбины) выбирают в зависимости от нужных параметров пара. У турбин с отбором и противодавлением часть пара отводится из первой или второй промежуточных ступеней, а весь отработавший пар направляется из выпускного патрубка в отопит. систему или к сетевым подогревателям.

П. т. специального назначения обычно работают на отбросном тепле металлургич., машиностроит. и химич. предприятий. К ним относятся П. т. «мятого пара», с промежуточным подводом пара (турбины двух давлений) и предвключённые. П. т. «мятого пара» используют отработавший пар низкого давления после технологич. процессов (пар поршневых машин, паровых молотов и прессов), который по к.-л. причинам не может быть использован для отопит. или технологич. нужд. Давление такого пара обычно несколько выше атмосферного, и он направляется в спец. конденсац. турбину (турбину «мятого пара»). П. т. двух давлений работают как на свежем, так и на отработавшем паре паровых механизмов, подводимом в одну из промежуточных ступеней. Предвключённые П. т. представляют собой турбины с высоким начальным давлением и высоким противодавлением; весь отработавший пар этих П. т. направляют далее в обычные конденсационные турбины.

## Историческая справка.

Первое устройство, приводимое в движение паром (эолипил), было описано [Героном](#) Александрийским. В России П. Д. Кузьминский в нач. 1890-х гг. построил и опробовал судовую П. т. собств. конструкции.

П. т. получила практич. применение лишь в кон. 19 в., когда такие отрасли, как термодинамика, машиностроение и металлургия, достигли необходимого уровня. К. Г. П. де [Лаваль](#) (1878) и Ч. А. [Парсонс](#) (1884) создали первые промышленно пригодные паровые турбины. В П. т. Парсонса использован принцип поступенчатого расширения пара, который лежит в основе конструкции совр. паровых турбин.

В Европе П. т. получили всеобщее признание в качестве привода электрогенераторов только с 1899, когда на электростанции г. Эльберфельд (Германия) впервые были применены две П. т. Парсонса мощностью по 1000 кВт каждая.

В дореволюц. России строились как стационарные, так и судовые П. т. Особенно

большие успехи были достигнуты рос. конструкторами и технологами в 1910–14 в проектировании и изготовлении П. т. для крупных воен. кораблей. Впервые отеч. стационарные П. т. построили на металлч. заводе в С.-Петербурге (позднее Ленингр. металлч. завод, ЛМЗ), на котором в 1907 изготовили П. т. для привода электрогенератора мощностью 200 кВт. В 1937 на ЛМЗ выпущена первая конденсационная двухцилиндровая одновальная турбина мощностью 100 МВт; в 1977 построена и сдана в эксплуатацию самая крупная отеч. конденсационная турбина мощностью 1200 МВт. Начиная с 1964 в СССР освоен выпуск П. т. для АЭС.

## **Литература**

Лит.: Занин А. И., Соколов В. С. Паровые турбины. М., 1988; Трухний А. Д. Стационарные паровые турбины. 2-е изд. М., 1990; Трухний А. Д., Ломакин Б. В. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки. 2-е изд. М., 2006.