

Конструкция основных элементов паровых турбин

ADMIN СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ 11 НОЯБРЯ 2021 ПРОСМОТРОВ: 11485

Конструкция основных элементов паровых турбин

Содержание

1. Проточные части паровых турбин
2. Роторы паровых турбин
3. Корпус паровой турбины
4. Уплотнения паровых турбин
5. Подшипники паровых турбин
6. Валоповоротные устройства

Паровая турбина (рис. 52, 53) состоит из двух основных элементов: ротора – совокупности всех вращающихся частей; и статора – совокупности неподвижных частей. В силу схожести термодинамических и физических процессов, протекающих в газовых и паровых турбинах (двойное преобразование энергии газа (пара) в механическую энергию вращения ротора), эти типы двигателей имеют схожие конструктивные узлы. Но условия работы газовых и паровых турбин и физические свойства рабочих тел значительно отличаются, что приводит к различию конструктивного исполнения проточных частей и отдельных узлов этих типов двигателей. Конструктивные узлы паровых турбин более разнообразны, чем у газотурбинных двигателей.

Концы ротора турбины опираются на подшипники и уплотняются лабиринтовыми уплотнениями. Подшипники (опорные и упорный) обеспечивают вращение ротора турбины, фиксируют его в радиальном и осевом направлениях, а также воспринимают вес ротора и силы, действующие на ротор при работе паровой турбины. Часто упорный подшипник совмещается с одним из опорных, образуя единую конструкцию – опорно-упорный подшипник.

Корпус турбины изготавливается литым из стали и должен выдерживать давления и температуры пара, работающего в проточной части турбины. Для обеспечения сборки турбины, корпус обычно имеет горизонтальный разъем. Снаружи корпус турбины покрывают слоем тепловой изоляции.

Для обеспечения подвода пара к сопловому аппарату на корпусе турбины располагают блок регулирования, состоящий из сопловых, байпасных клапанов (клапана заднего хода – для однокорпусной турбины) и их сервоприводов. Корпус опирается на судовой фундамент через опоры – носовую и кормовую.

ПРОТОЧНЫЕ ЧАСТИ ПАРОВЫХ ТУРБИН

Рабочий процесс двойного преобразования энергии пара (потенциальной энергии в кинетическую, и далее – в механическую работу) происходит в проточной части паровой турбины. В состав проточной части входят сопловые (направляющие) и рабочие лопатки. Направляющие лопатки закреплены неподвижно в корпусе (статоре) турбины. В них происходит разгон потока пара и направление его на рабочие лопатки турбины под оптимальным углом. Рабочие лопатки турбины закреплены на роторе. В каналах, образованных рабочими лопатками, происходит преобразование кинетической энергии струи пара в механическую энергию вращения ротора.

Проточные части и детали паровых турбин работают в следующих условиях:

- большие частоты вращения ротора (от 3000 до 7000 об/мин у главных турбин, до 12000 об/мин у турбин вспомогательных механизмов);
- большие массы вращающихся частей и значительные напряжения, возникающие в металле ротора;
 - значительные давления и температуры, переменные по длине проточной части;
 - высокие скорости потока пара (зачастую больше сверхзвуковых);
- воздействие на лопатки турбин капель влаги (особенно в последних ступенях) и механических частиц, вызывающих эрозионные разрушения деталей проточной части;
 - воздействие на лопатки сил, переменных по величине и направлению.

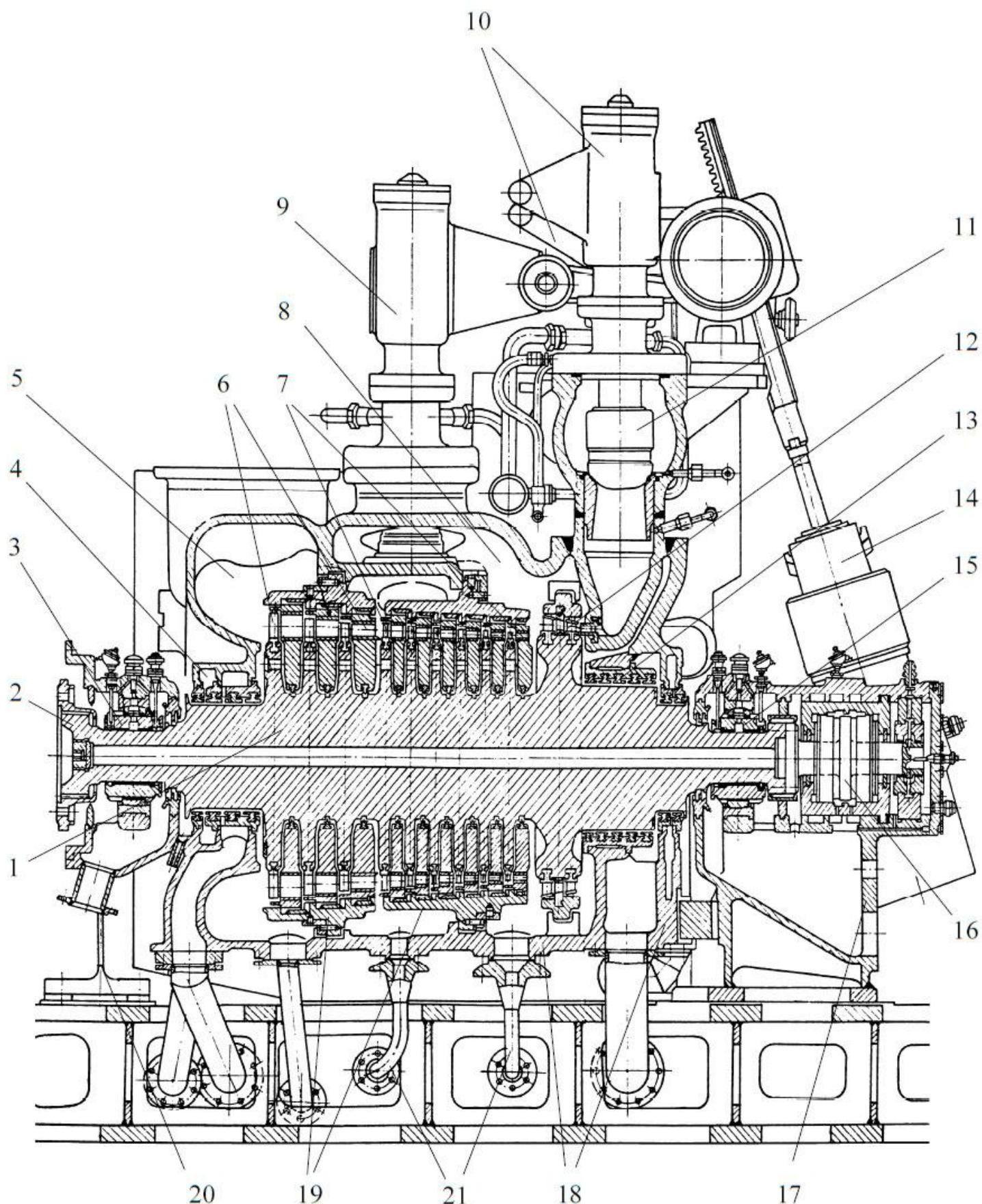


Рис. 52. Корабельная паровая турбина (турбина высокого давления ТВ-12)

1 – ротор турбины; 2 – фланец отбора мощности; 3 – кормовой опорный подшипник; 4 – кормовое уплотнение; 5 – выхлопной патрубок; 6 – ступени полного хода; 7 – ступени малого хода; 8 – внутренний обвод пара; 9 – привод байпасного клапана; 10 – приводы сопловых клапанов; 11 – сопловый клапан; 12 – двухвенечная регулировочная ступень; 13 – носовое уплотнение; 14 – сервопривод управления

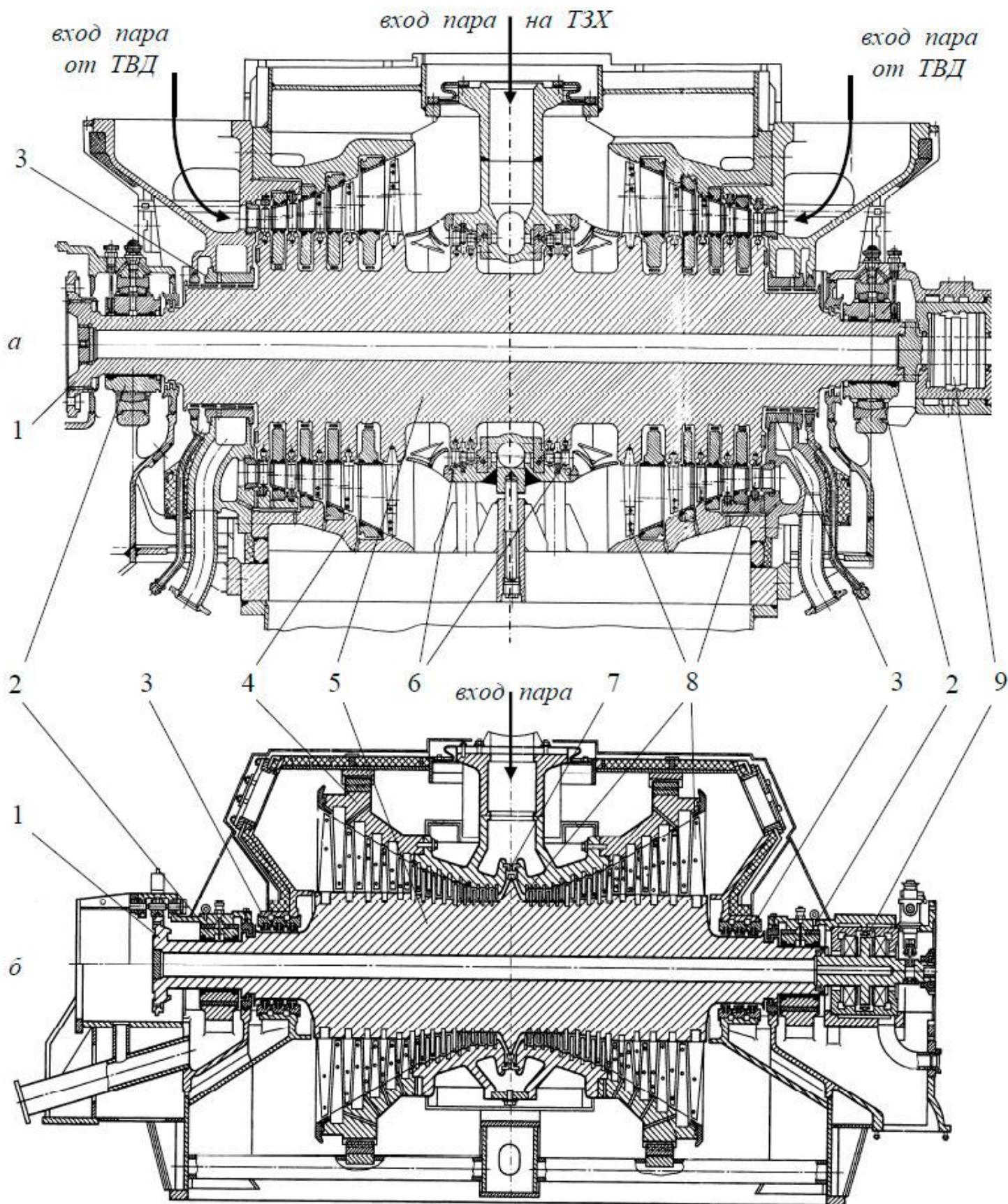


Рис. 53. Активная паровая турбина (турбина низкого давления ТВ-12) со сходящимися потоками пара (а) и реактивная однокорпусная турбина атомного ледокола с расходящимися потоками пара и центростремительной регулировочной ступенью (б).

1 – фланец отбора мощности; 2 – опорный подшипник; 3 – концевые уплотнения; 4 – корпус; 5 – ротор; 6 – двухпроточная ТЗХ; 7 – центростремительная регулировочная ступень; 8 – ступени переднего хода; 9 – упорный подшипник;

Исходя из условий работы, к проточным частям турбин предъявляются следующие требования:

- высокая точность изготовления и высокое качество обработки деталей;
- высокая точность установки направляющих и рабочих лопаток;
 - жесткость крепления рабочих лопаток на роторе;
- отстройка деталей проточной части от резонансных колебаний;
- применение материалов, обеспечивающих механическую прочность, пластичность, коррозионную и эрозионную стойкость деталей проточной части.

В состав проточной части паровой турбины входят следующие элементы:

Сопловый аппарат (рис. 54, 55) – предназначен для подвода пара к рабочим лопаткам первой активной ступени турбины. Часто сопловым аппаратом называют также каналы, образованные направляющими лопатками последующих активных ступеней, закрепленными в диафрагмах.

Для дозвуковых и околосзвуковых скоростей потока пара в ступенях главных турбин переднего хода как правило применяют сопла с уменьшением проходного сечения по ходу движения пара; для сверхзвуковых скоростей потока пара (обычно в турбинах заднего хода и турбинах вспомогательных механизмов), сопла имеют сужающуюся часть, горло и расширяющуюся часть (сопла Лавалья). В сужающейся части сверхзвукового сопла происходит разгон потока пара до звуковой скорости, в расширяющейся – свыше звуковой. В некоторых случаях разгон потока пара до сверхзвуковой скорости может быть обеспечен в сужающихся соплах за счет расширительной способности «косого среза» в выходном сечении соплового аппарата (рис. 54.а).

Конструктивно сопловые аппараты могут выполняться: литыми, с соплами круглого сечения; такие сопла обычно применяются в турбинах заднего хода и турбоприводах вспомогательных механизмов небольшой мощности (рис. 54.б); сборными – состоящими из цельнофрезерованных сопловых лопаток, закрепленных в сопловых сегментах (рис. 54.а); и сварными.

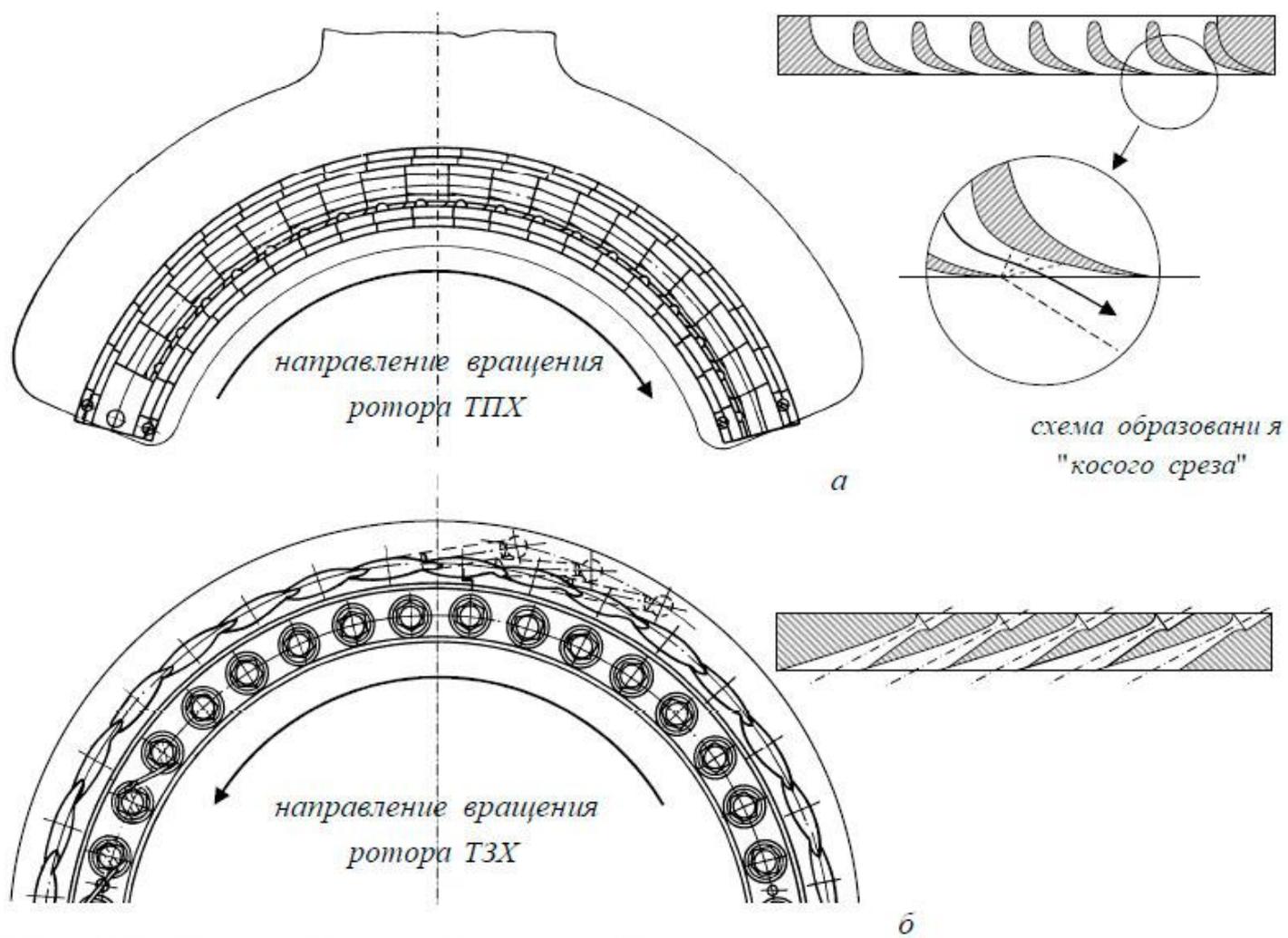
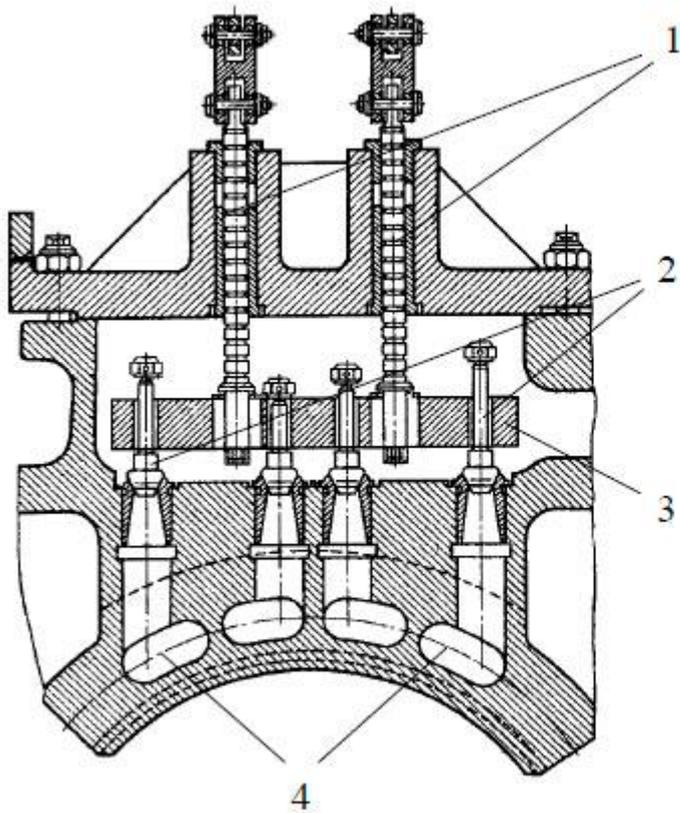


Рис. 54. Сопловые аппараты паровых турбин.

a – сопловая коробка (сегмент) регулировочной ступени турбины переднего хода;

б – сопловый аппарат со сверхзвуковыми соплами круглого сечения турбины



- 1 – штоки привода сопловых клапанов;
- 2 – сопловые клапаны;
- 3 – траверса;
- 4 – сопловые сегменты.

Рис. 55. Сопловая коробка турбогенератора.

Сопловые сегменты первой ступени турбины устанавливаются в сопловых парораспределительных коробках. Обычно в конструкциях паровых турбин применяется от одного до шести сопловых сегментов с подводом пара к ним через сопловые клапаны. Привод сопловых клапанов может быть как индивидуальным – для каждого соплового клапана, так и общим для всех сопловых клапанов. В сопловых аппаратах турбин заднего хода и вспомогательных механизмов, имеющих более простую систему регулирования мощности, обычно применяют один сопловый сегмент, выполненный по всей окружности турбинной ступени или на ее части.

Сопла промежуточных ступеней активных турбин размещаются в диафрагмах (рис. 56), основным назначением которых является отделение одной ступени турбины от другой. Диафрагма представляет собой диск с центральным отверстием для вала турбины, на котором закреплены сопловые (направляющие) лопатки. Обычно диск состоит из двух половин и имеет горизонтальный разъем для удобства монтажа его в корпусе турбины.

Диафрагмы устанавливаются непосредственно в корпусе турбины в специальных проточках, или собираются в обоймы, которые в свою очередь крепятся к корпусу (рис. 52). Сборка нескольких диафрагм в одну обойму позволяет упростить конфигурацию корпуса, улучшает маневренные характеристики турбины за счет более быстрого прогрева корпуса, но несколько увеличивает диаметр и радиальные размеры турбины.

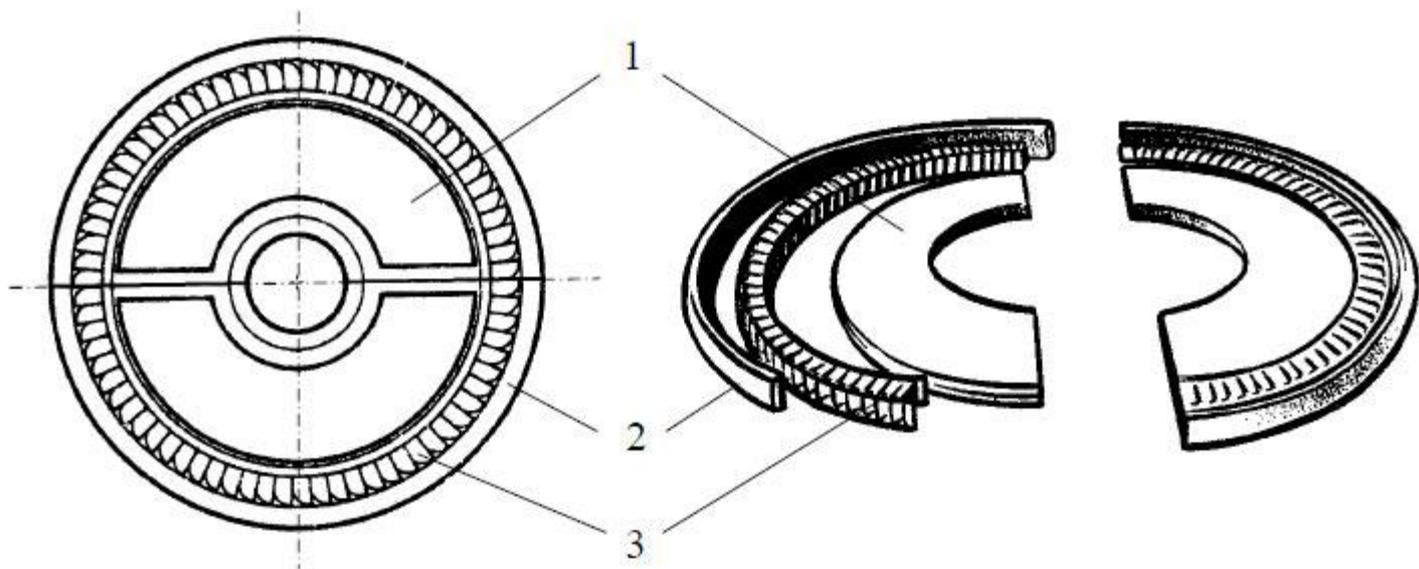


Рис. 56. Днафрагма активной турбины.

1 – полотно днафрагмы; 2 – обод; 3 – направляющие (сопловые) лопатки;

Рабочие и направляющие лопатки

Конструктивное исполнение рабочих и направляющих лопаток паровой турбины зависит от типа турбинной ступени, в которой они устанавливаются. Ступени можно разделить на активные и реактивные; регулировочные и нерегулируемые; с короткими и длинными лопатками.

Все турбинные лопатки состоят из трех частей (рис. 57): корня (хвостовика), для закрепления лопатки в роторе или в корпусе турбины; рабочей части (пера), образующей криволинейные каналы, в которых происходит преобразование энергии пара; и вершины.

Активные турбинные лопатки имеют значительную толщину и профиль, близкий к симметричному; реактивные лопатки относительно тонки и имеют профиль, напоминающий профиль крыла самолета.

У коротких турбинных лопаток вершина имеет форму шипа, на который одевается бандажная лента, скрепляющая по $6 \div 12$ лопаток между собой в пакет. Сборка лопаток в пакет позволяет предотвратить колебания и вибрации отдельных лопаток от воздействия струи пара. У длинных лопаток вершина представляет собой утоненную часть.

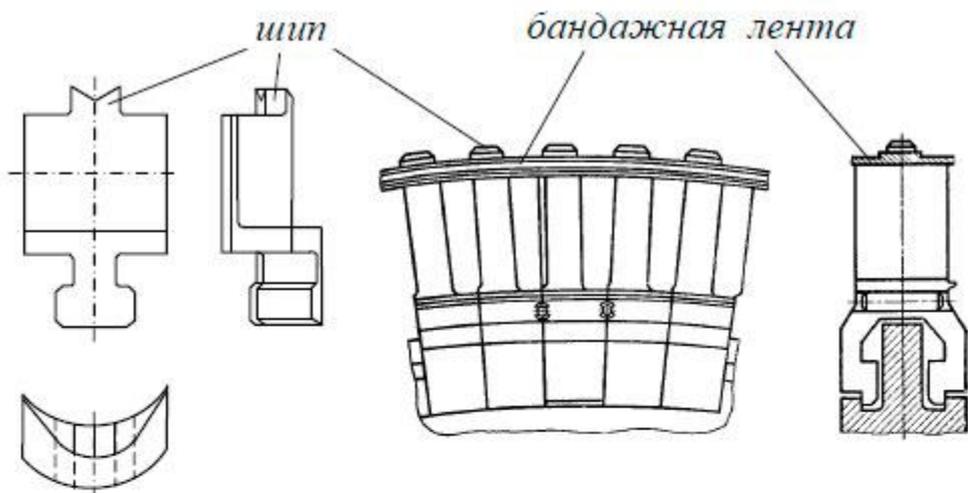
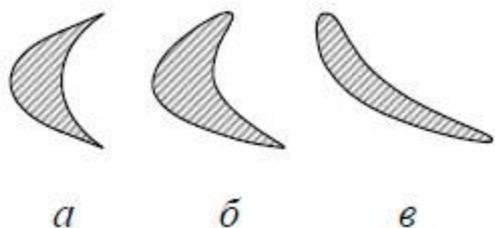
Длинные лопатки соединяются между собой в пакет с помощью связующей проволоки, проходящей через специальные отверстия в теле лопатки. Короткие турбинные лопатки имеют, как правило, постоянное сечение (профиль) по всей высоте. Длинные лопатки обычно выполняются с переменным по высоте профилем вследствие различных условий работы (окружной скорости, углов входа и выхода пара и т.д.) корневой и периферийной части. При этом корневая часть длинной лопатки обычно имеет симметричный активный профиль, а периферийная часть – реактивный профиль.

Крепление лопаток на диске (барабане) ротора осуществляется хвостовиком. В зависимости от конструкции хвостовика возможны следующие варианты крепления:

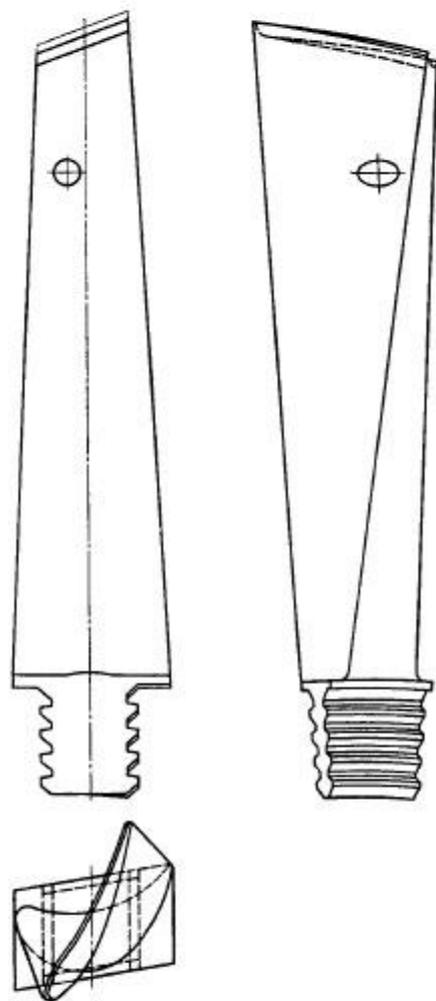
- крепления погруженного типа, когда хвостовики лопаток заводят в специальные выточки в ободке диска или барабана (рис. 57.г-и);
- крепления верхнего типа, когда хвостовики лопаток надевают верхом и закрепляют на гребне диска (рис. 57.к-л).

Рабочие лопатки являются самым напряженным элементом паровой турбины. Они испытывают напряжения от растяжения, изгиба, кручения, воздействия высоких температур и скоростей движения пара. Кроме того, приложение нестационарных аэродинамических сил вызывает вибрацию лопаток. Влага, содержащаяся в паре, вызывает эрозионные и коррозионные разрушения тел лопаток. Учитывая тяжелые условия работы турбинных лопаток, к ним предъявляются очень высокие требования в части точности изготовления, чистоте и качестве обработки рабочей поверхности.

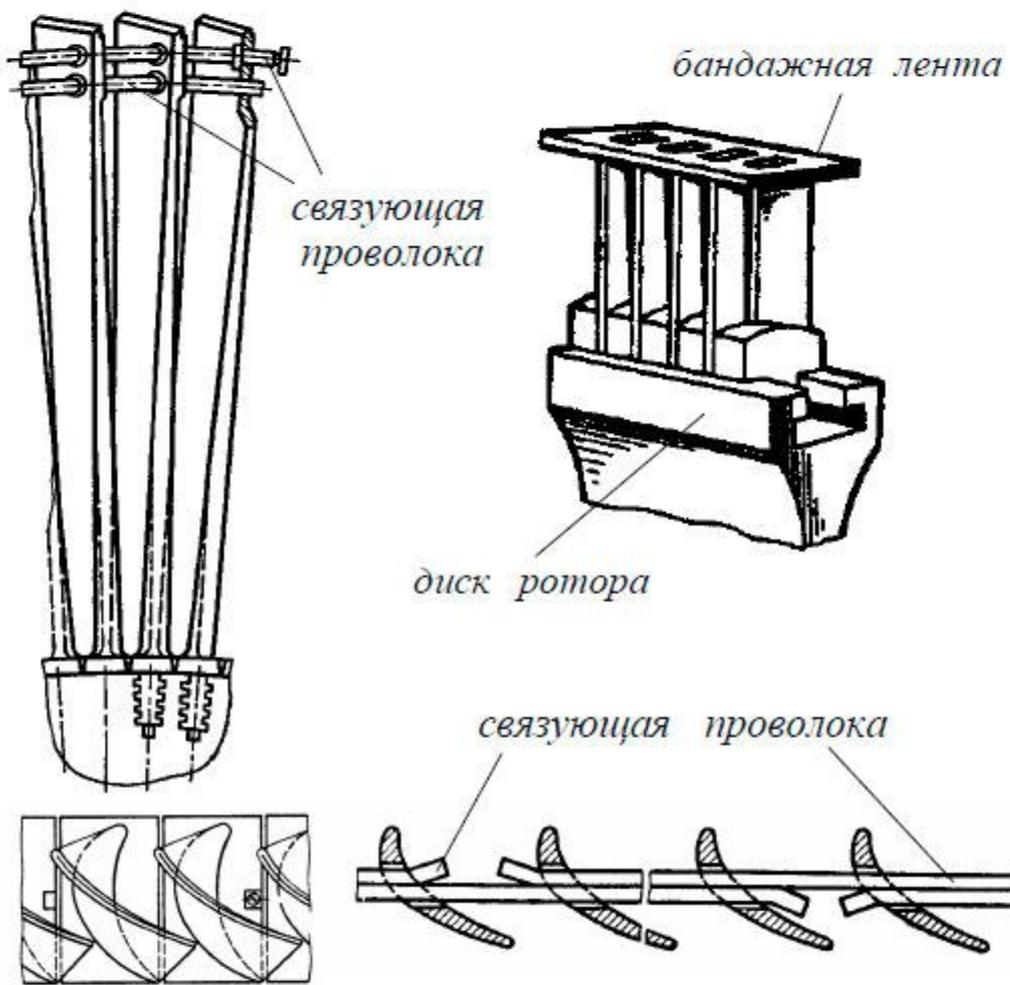
профили турбинных лопаток



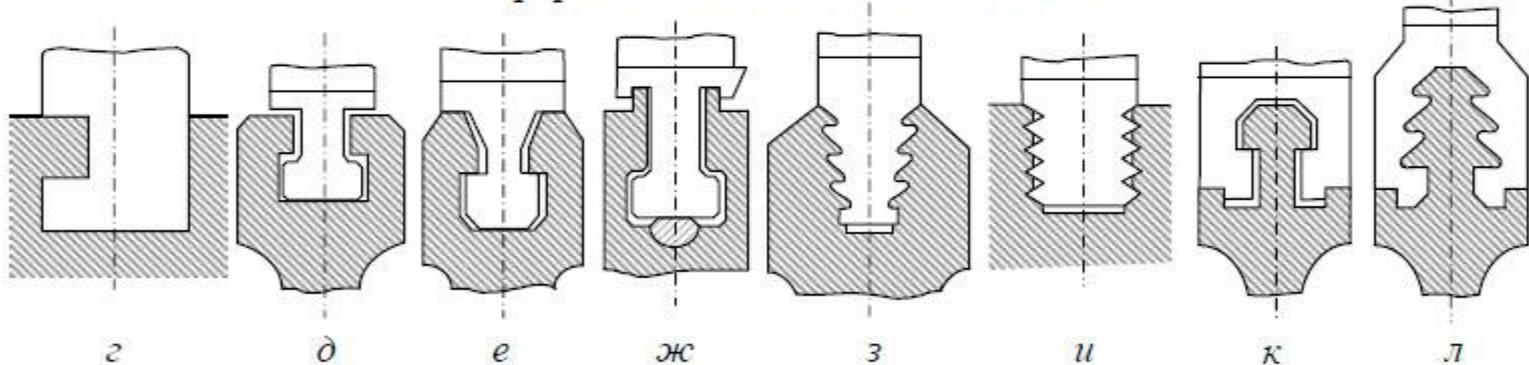
длинные турбинные лопатки



короткие турбинные лопатки



формы лопаточных хвостовиков



Направляющие лопатки обычно имеют реактивную форму профиля и в реактивных турбинах крепятся непосредственно к корпусу, а в активных – размещаются в диафрагмах, образуя сопловые сужающиеся каналы.

Лопатки последовательно набирают в пазы дисков активных турбин, барабана ротора реактивных турбин или в пазы корпуса. Последняя лопатка в набранном ряде называется замковой и крепится различными способами: клиньями, замковыми вставками, расклепыванием или винтами.

По способу изготовления турбинные лопатки могут быть цельнокотанными, полужезерованными, цельнофрезерованными и штампованными.

РОТОРЫ ПАРОВЫХ ТУРБИН

Ротором называется совокупность вращающихся деталей паровой турбины. Ротор преобразует усилия, действующие на лопатки турбины, во вращательное движение вала и передает крутящий момент на потребитель мощности (линию вала судна, электрогенератор и т.д.).

Ротор турбины состоит из вала с дисками (активные турбины) или барабана (реактивные турбины), рабочих лопаток, элементов концевых и промежуточных уплотнений, паро- и маслоотбойных колец, шеек опорных подшипников, упорного гребня и полумуфты, соединяющей ротор с редуктором. Иногда на концы ротора навешиваются рабочие органы масляных и питательных насосов, насосов-регуляторов и элементы зацепления валоповоротных устройств.

Конструктивное исполнение ротора зависит от типа паровой турбины и количества используемых ступеней. Все роторы судовых и корабельных паровых турбин можно классифицировать по следующим признакам:

- по типу используемых ступеней: на роторы активных, реактивных турбин и комбинированные;
 - по конструкции: на дисковые, барабанные и комбинированные;
- по рабочей частоте вращения: на гибкие, рабочая частота вращения которых превышает собственную частоту колебаний; и жесткие, рабочая частота вращения которых ниже частоты собственных колебаний. Гибкий ротор в процессе пуска турбины переходит через критическую частоту вращения, при этом возможно возникновение явления резонанса, сопровождающееся усилением вибрации ротора и приводящее к выходу из строя турбоагрегата. В судовых и корабельных турбинах используются исключительно жесткие роторы;
- по способу изготовления: цельнокованные, сварные, с насадными дисками, наборные и комбинированные.

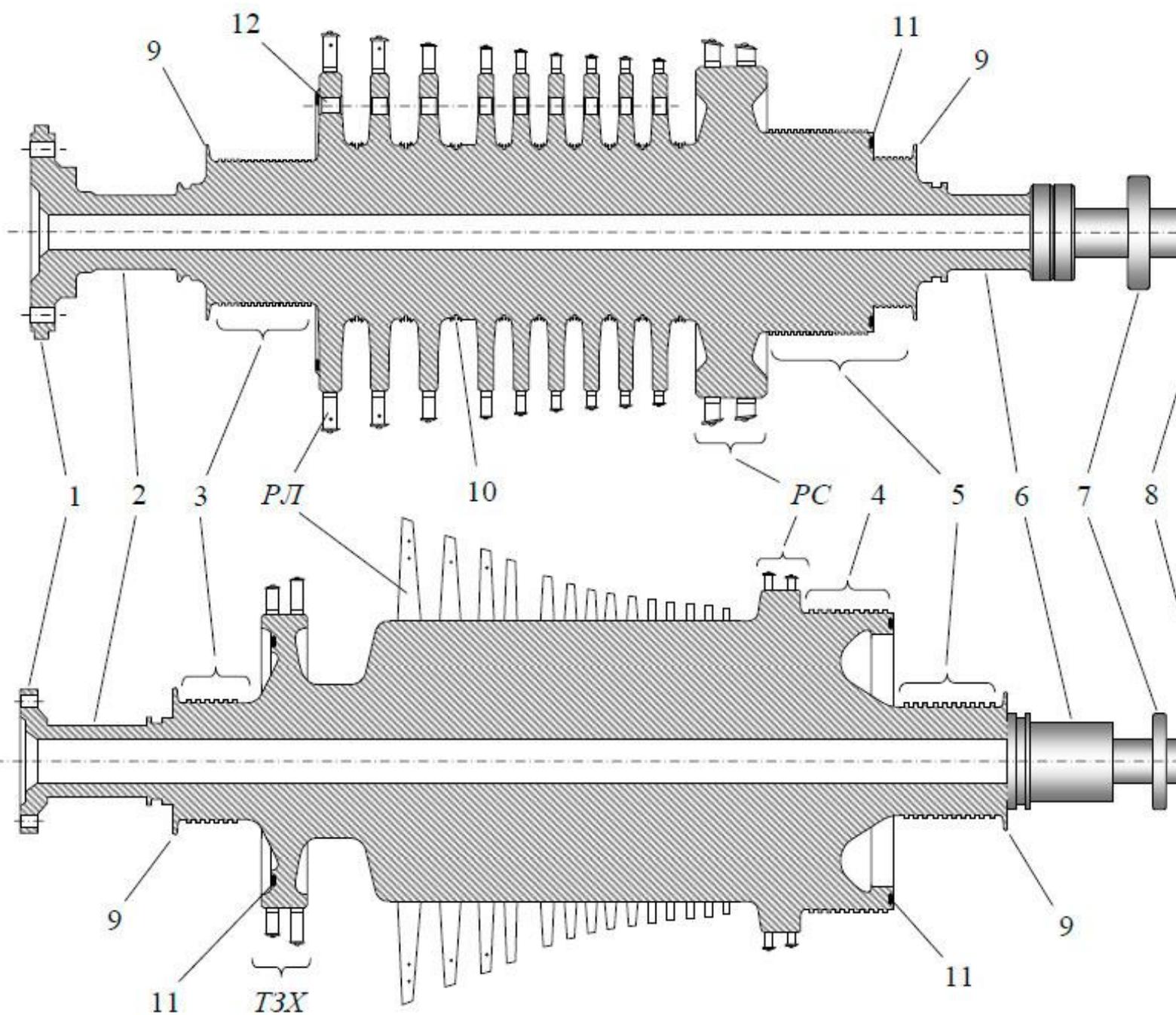


Рис. 58. Роторы паровых турбин:

а – дисковый ротор активной турбины (ТВД ТВ-12);

б – барабанный ротор реактивной турбины с активной двухвенечной регулировочной ступенью и активной двухвенечной турбиной заднего хода (ТВ-9).

1 – фланец отбора мощности; 2 – шейка вала кормового опорного подшипника; 3 – кормовое уплотнение турбины; 4 – уплотнение думмиса; 5 – носовое уплотнение; 6 – шейка вала носового опорного подшипника; 7 – гребень упорного подшипника; 8 – импеллер; 9 – паро-маслоотбойный гребень; 10 – промежуточные уплотнения; 11 – балансировочные грузы; 12 – разгрузочные отверстия в дисках;
РЛ – рабочие лопатки; *РС* – регулировочная ступень; *ТЗХ* – турбина заднего хода

Роторы активных турбин (рис. 58.а) имеют дисковое конструктивное исполнение и представляют собой вал с насаженными на него или выточенными заодно с ним дисками. Диск является основной частью ротора, участвующей в передаче крутящего момента от рабочих лопаток. В дисках с целью выравнивания давления по обеим его сторонам, и уменьшения осевой силы, действующей на ротор, выполняются разгрузочные отверстия. Между дисками на валу растачиваются проточки под лабиринтовые уплотнения диафрагм. С обоих концов ротора размещаются проточки под наружные (концевые) уплотнения турбины. Ротор опирается на подшипники турбины шейками опорных подшипников. Полости концевых уплотнений и опорных подшипников отделяются друг от друга паро-маслоотбойными гребнями. В носовой части ротора (со стороны подвода пара) размещается гребень упорного подшипника, воспринимающего осевые усилия, действующие на ротор турбины, и фиксирующего положение ротора в осевом направлении. Ротор турбины обычно выполняют с центральным сверлением, облегчающим его массу.

Сверление используется для контроля качества металла при изготовлении ротора. В носовой части ротора располагают: импеллер (импульсный насос системы РУЗ ГТЗА); механический узел защиты турбины по превышению частоты вращения ротора выше допустимой; приспособления для осевого сдвига ротора и замера его положения (микрометры). Балансировка ротора осуществляется с помощью балансировочных грузиков, раскрепляющихся в специальных проточках.

Дисковые роторы по сравнению с барабанными имеют меньшую массу при том же числе ступеней, более высокую маневренность, меньшие напряжения от действия центробежных сил, допускают более качественный контроль состояния металла при изготовлении. Роторы судовых и корабельных турбин обычно выполняются цельноковаными.

Роторы реактивных турбин (рис. 58.б) всегда имеют барабанное конструктивное исполнение. Использование дисковой конструкции ротора в реактивной турбине привело бы к значительным перепадам давления на дисках и недопустимому увеличению осевых сил, действующих на ротор и упорный подшипник. Цельнокованные барабанные роторы применяют у быстроходных турбин небольшого размера. Барабаны роторов большого размера выполняют полыми. Как правило, перед барабаном ротора насаживается или вытачивается заодно с ним диск регулировочной активной ступени. Перед диском регулировочной ступени на ротор насаживается или растачивается заодно с ним думмис – специальный поршень, предназначенный для компенсации осевых усилий, действующих на ротор реактивной турбины. Полость думмиса соединяется с выхлопным патрубком турбины или с полостью одной из промежуточных ступеней. Площадь думмиса рассчитывается таким образом, чтобы давление в полости думмиса полностью компенсировало осевую силу, действующую на ротор реактивной турбины. На боковой поверхности думмиса растачиваются проточки для лабиринтовых уплотнений. В остальной конструкции барабанного и дискового роторов имеют сходное строение. Барабанные роторы имеют более жесткую конструкцию, чем дисковые, и поэтому меньше подвержены тепловым прогибам при неравномерном прогреве.

Комбинированные роторы могут использоваться в судовых турбинных установках большой мощности. Встречаются роторы, у которых вал в части высокого давления откован заодно с дисками, а в части низкого давления диски насажены на вал. В некоторых конструкциях роторов часть высокого давления выполняется дисковой, часть низкого давления – барабанной.

КОРПУС ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ

Конструкция корпуса паровой турбины определяется следующими условиями:

- назначением и типом паровой турбины;
- условиями работы проточной части и деталей турбины;
 - начальными параметрами пара;
 - размерами проточной части.

Корпус турбины представляет собой полый цилиндр или усеченный конус, часто с ребрами жесткости, форма которого согласуется с формой ротора. Условно корпус можно разбить на три части: носовую, в которой располагаются входной патрубок и сопловые коробки; среднюю, с креплениями обойм диафрагм или самих диафрагм; и кормовую – выхлопной патрубок.

В корпусе турбины размещается большое количество патрубков, фланцев, штуцеров для подвода и отвода пара и других сред. Поэтому корпуса турбин имеют довольно сложную конфигурацию. Корпуса горизонтально расположенных турбин всегда имеют горизонтальный разъем для удобства выемки и установки ротора. Разъем делит корпус на две половины – собственно корпус и крышку. Между собой они стягиваются горизонтальными фланцами и шпильками. Чем под большим внутренним давлением работает корпус турбины, тем больше диаметры шпилек и размеры крепежа, и тем чаще их расположение.

Вместе с нижней половиной корпуса отливаются корпуса опорных и упорного подшипников, и лапы крепления турбины к фундаменту. Корпус турбины крепится к фундаменту судна через опоры. Одна из опор выполняется гибкой, обеспечивая тепловые расширения турбины при ее работе.

УПЛОТНЕНИЯ ПАРОВЫХ ТУРБИН

По своему назначению уплотнения, применяемые в паровых турбинах, делятся на два типа: наружные (концевые) и внутренние.

Наружные уплотнения устанавливаются в местах выхода вала из корпуса турбины и предназначены для предотвращения протечек пара из корпуса турбины наружу при давлении в корпусе выше атмосферного, и подсоса воздуха внутрь корпуса турбины из машинного отделения при давлении в нем ниже атмосферного.

Внутренние уплотнения предотвращают перетечки пара между ступенями турбины помимо рабочих лопаток и направляющего аппарата. Внутренние уплотнения устанавливаются на диафрагмах в месте прохода ротора через диафрагму, и на думмисах барабанных роторов. К внутренним уплотнениям относятся также уплотнительные элементы рабочих и направляющих лопаток: усики уплотнений на бандажных лентах, уплотнительные ножи со стороны корпуса над бандажной лентой, а также уплотнительные усики у корня рабочей лопатки.

В паровых турбинах могут применяться следующие типы уплотнений:

Угольные уплотнения (рис. 49.а) обычно используют в качестве наружных уплотнений турбоприводов маломощных вспомогательных механизмов, работающих на невысоких параметрах пара. Этот вид уплотнений надежно работает только при перепаде давлений между разделяемыми полостями не более 0,5 МПа и окружных скоростях вала не более 50 м/сек. Угольные уплотнения состоят из ряда колец (от 3 до 8), изготовленных из специального прессованного обогащенного графитом угля. Каждое кольцо разделено на 2 ÷ 6 сегментов, стянутых между собой пружиной, и установленных в уплотнительную коробку. Уплотняющий эффект достигается за счет контакта угольных колец с валом турбины. Этот вид уплотнений компактен, но при контакте угольного кольца с вращающимся валом выделяется значительное количество теплоты, что вызывает относительно быстрый износ угольных колец.

Гидравлические уплотнения применяются в качестве концевых уплотнений вала турбины при использовании в качестве рабочего тела агрессивной среды. Этот тип уплотнений обеспечивает полную герметичность вала. Конструктивно уплотнение представляет собой лопастное колесо, посаженное на вал турбины. При вращении вала колесо увлекает воду к периферии кольцевой камеры, образуя вращающееся водяное кольцо. Гидравлические уплотнения компактны, полностью герметичны, но в режимах пуска турбины при невращающемся роторе необходимо применение других типов уплотнений. Главный недостаток гидравлического уплотнения состоит в значительной мощности, отбираемой от турбины на работу лопастного колеса.

Лабиринтовые уплотнения (рис. 49.б-е) являются наиболее распространенным типом уплотнений в паровых турбинах. Принцип работы лабиринтового уплотнения основан на чередовании узких щелей, в которых происходит дросселирование потока пара (воздуха), и камер, в которых происходит потеря энергии потока. В результате прохождения пара через ряд щелей и камер, его давление уменьшается до давления воздуха в машинном отделении. Практически можно рассчитать необходимое количество камер и щелей, обеспечивающих нулевой расход среды через уплотнение, но в этом случае уплотнение становится достаточно протяженным и занимает значительную часть длины ротора (особенно со стороны впуска пара). Фактически уплотнение делается более коротким, а предотвращение протечек среды через него дополнительно обеспечивается специальной системой уплотнения турбины.

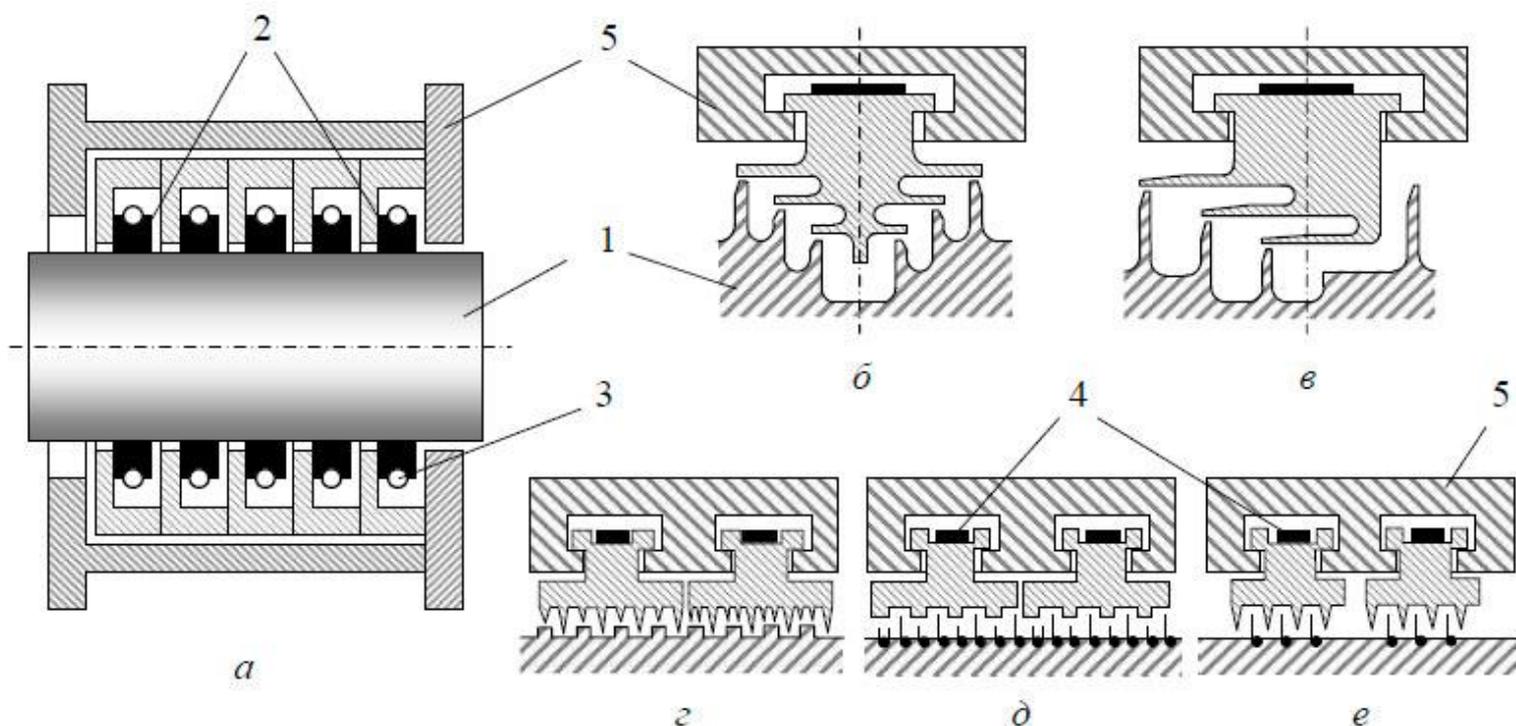


Рис. 59. Уплотнения паровых турбин: *а* – угольные; *б, в* – лабиринтовые елочного; *г, д, е* – лабиринтовые гребенчатого типа.

1 – вал турбины; 2 – угольные уплотнительные кольца; 3 – круглые пружины угольных уплотнений; 4 – плоские пружины лабиринтовых уплотнений; 5 – корпус обоймы уплотнений.

Уплотнения диафрагм, вследствие небольшого перепада давления на ступени турбины, имеют небольшое количество лабиринтов (как правило от 3 до 5). В концевых уплотнениях, количество гребней которых может достигать нескольких десятков, уплотнительные элементы собираются в уплотнительные коробки.

По конструкции лабиринтовые уплотнения могут быть гребенчатого и елочного типов. По способу крепления – жесткими и эластичными. В жестких уплотнениях все элементы (уплотнительные ножи и проточки) закреплены неподвижно или выполнены заодно с валом турбины. В эластичных уплотнениях уплотнительные элементы подпружинены и при касании вала не вызывают его нагрева и износа.

Паромаслоотбойные устройства паровой турбины (рис. 60) предназначены для разделения паровой полости концевых уплотнений от масляной полости подшипников турбины, и предотвращают взаимное проникновение разнородных сред друг в друга. Попадание воды в систему смазки приводит к обводнению масла, вследствие чего в масляной цистерне скапливается конденсат, который периодически приходится удалять. Попадание масла в конденсатно-питательную систему может привести к более серьезным последствиям. Масляная пленка имеет большое термическое сопротивление, и при попадании в трубные системы котла может вызвать перегрев металла котельных труб и выход котла из строя.

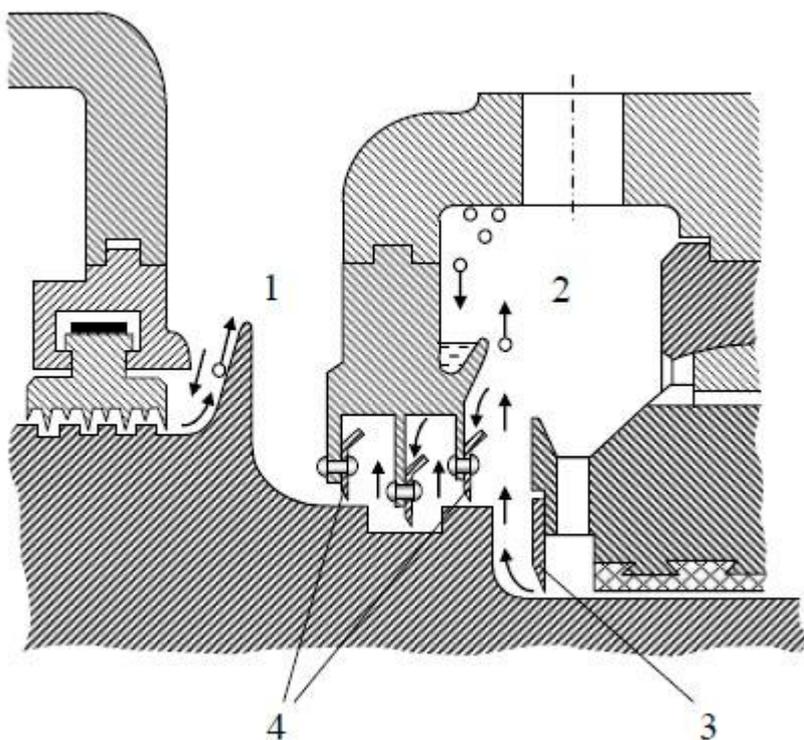


Рис. 60. Паро-маслоотбойные устройства паровой турбины.

Пароотбойником является гребень 1, выточенный заодно с валом турбины. При вращении ротора пар, в случае его протечек через концевые уплотнения, конденсируется на гребне, и либо стекает вниз по валу, либо разбрызгивается центробежной силой по периферии, чем предотвращается попадание конденсата в масляную систему.

Маслоотбойное устройство состоит из двух частей: маслоотбойного щитка вкладыша опорного подшипника 3, и маслоотбойника с маслоудерживающими полукольцами. Масло, протекающее из подшипника через маслоотбойный щиток, разбрызгивается при вращении ротора центробежной силой и собирается в сливной полости 2. Дополнительной преградой, предотвращающей попадание масла в конденсат, являются уплотнительные маслоудерживающие ножи 4 и проточки, выполненные на роторе.

ПОДШИПНИКИ ПАРОВЫХ ТУРБИН

Опорные подшипники турбины воспринимают массу ротора и добавочные силы, возникающие при частичном впуске пара, качке судна, а также обеспечивают центровку ротора относительно корпуса турбины.

В качестве опорных подшипников паровых турбин используются подшипники скольжения. Подшипники скольжения состоят из вкладышей, залитых антифрикционным сплавом – графитобаббитом. Вкладыши устанавливаются в обойму, которая крепится к корпусу подшипника.

Состояние подшипников характеризует работу всего турбоагрегата. Так как радиальные зазоры между элементами ротора и корпусом в проточной части турбин очень малы, то повышенный износ подшипников может вызвать задевание ротора о статор и выход из строя всего турбоагрегата. Подшипники паровых турбин работают в условиях высоких скоростей скольжения и больших нагрузок на единицу площади, поэтому даже кратковременный перерыв в подаче масла выводит ГТЗА из строя.

Упорный подшипник – предназначен для восприятия осевых сил, действующих на ротор турбины, и фиксации ротора относительно корпуса в осевом направлении.

В современных судовых паровых турбинах используют одногребенчатые двусторонние упорные подшипники. По одну или обе стороны гребня располагаются от 6 до 12 упорных самоустанавливающихся подушек (сегментов), залитых с рабочей поверхности антифрикционным материалом. При пуске турбины и вращении ротора упорный гребень затягивает масло в зазор между подушкой и гребнем, при этом создается масляный клин, воспринимающий силы давления упорного гребня, и фиксирующий вал ротора за счет возникающих в нем гидродинамических сил.

Упорный подшипник всегда располагается со стороны впуска пара и обычно устанавливается в едином корпусе с передним опорным подшипником. Такая конструкция упрощает схему подвода масла к подшипникам, уменьшает габариты конструкции и облегчает условия работы турбинного вала.

Подшипники турбин имеют, как правило, горизонтальный разъем, облегчающий изготовление деталей и монтаж как подшипника, так и ротора турбины. Длинные роторы, имеющие большие стрелки прогиба, размещают в самоустанавливающихся подшипниках со сферическими опорами.

ВАЛОПОВОРОТНЫЕ УСТРОЙСТВА

Валоповоротное устройство предназначено для медленного вращения ротора турбины с целью равномерного его прогрева при вводе установки в действие, и равномерного остывания после вывода турбины из действия. Кроме того в функции валоповоротного устройства входят:

- периодические медленные проворачивания холодных турбин, валопровода и зубчатой передачи для проверки состояния частей ГТЗА и их прослушивания;
- периодическое изменение положения шеек ротора турбины, зацеплений зубчатой передачи и валопровода во избежание развития процесса коррозии;

После вывода турбины из действия происходит постепенное остывание ротора и остальных частей паровой турбины. Остывание происходит неравномерно: нижняя часть ротора и корпуса турбины остывает более быстро, чем верхняя. Неравномерность остывания ротора приводит к деформации вала и его прогибу, что может послужить причиной возникновения аварии (задевания частей ротора о статор) при очередном пуске турбины. При выводе турбины из действия ее вал проворачивают с помощью ВПУ с одновременной прокачкой подшипников маслом до полного остывания корпуса и ротора. Аналогичные условия возникают при вводе турбины в действие, когда пар предварительно подается в корпус для прогрева ротора перед пуском. Если ротор при прогреве турбины не проворачивать, возникнет тепловой прогиб, который может привести к задеванию ротора о статор.

В конструкциях судовых турбин обычно применяется два типа валоповоротных устройств:

- ВПУ с приводом от электродвигателя и червячной передачи. Вращение вала двигателя ВПУ через муфту и червячную передачу передается на одну из шестерен редуктора, приводит во вращение зубчатое зацепление редуктора, и через него – ротор турбины;
- ВПУ с зубчатым колесом и гидравлическим толкателем. В этой конструкции ВПУ на валу турбины (рядом с фланцем отбора мощности) устанавливается колесо с зубьями. Шток гидравлического толкателя входит в зацепление с одним из зубьев ВПУ и при продольном перемещении проворачивает вал турбины на некоторый угол. При обратном движении шток выходит из зацепления и перемещается на следующий зуб колеса.

Во избежание поломки ВПУ при пуске турбины предусматривается система блокировки, исключающая пуск турбины при работающем ВПУ и выдающая сигнализацию о включенном состоянии ВПУ на пульт оператора управления паротурбинной установкой.

Литература

Судовые энергетические установки. Котлотурбинные энергетические установки. Болдырев О.Н. [2004]