

**Библиотека
ЭЛЕКТРОМОНТЕРА**



В. А. БУЛАТКИН

И. Я. ГУРЬЕВ

Р. М. СЕМКИН

Масляные уплотнения вала турбогенераторов



с. 1417513

6П2.12
5907

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Выпуск 294

БУЛАТКИН В. А., ГУРЬЕВ И. Я.,
СЕМКИН Р. М.

МАСЛЯНЫЕ УПЛОТНЕНИЯ ВАЛА ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ



«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1970

6П2.1.081

Б90

УДК 621.313.322-81-233.12-762.6

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Большам Я. М., Долгов А. Н., Ежков В. В., Каминский Е. А.,
Мандрыкин С. А., Синьчугов Ф. И., Смирнов А. Д., Устинов П. И.,
Булаткин В. А. и др.

Булаткин В. А., Гурьев И. Я., Семкин Р. М.

Б 90 Масляные уплотнения вала турбогенераторов.
М., «Энергия», 1970.

72 с. с илл. (Б-ка электромонтера. Вып. 294).

В брошюре описаны конструкции уплотнений вала отечественных турбогенераторов, ремонт уплотнений, рассмотрены разделка рабочей поверхности вкладышей, ремонт уплотняющих колец, маслоулавливающих устройств, установка деталей термоконтроля и сборка уплотнений. Изложены вопросы обслуживания уплотнений.

Брошюра рассчитана на рабочих, занимающихся ремонтом и обслуживанием турбогенераторов.

3-3-10

97-69

6П2.1.081

Булаткин Владимир Александрович

Гурьев Иван Яковлевич

Семкин Револьд Михайлович

Масляные уплотнения вала турбогенераторов

Редактор Аврух В. Ю.

Техн. редактор Ларионов Г. Е.

Корректор Р. К. Шилова

Сдано в набор 18/III 1969 г.

Подписано к печати 14/II 1970 г.

Т-00314

Формат 84×103^{1/32}

Бумага типографская № 2

Усл. печ. л. 3,78

Уч.-изд. л. 3,79

Тираж 8 000 экз.

Цена 13 коп.

Зак. 2157

Издательство «Энергия». Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10.

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.
Шлюзовая наб., 10.

В. Г. Бондарев
В. Г. Бондарев

1. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ УПЛОТНЕНИЙ И СХЕМ МАСЛОСНАБЖЕНИЯ

Основными элементами торцового уплотнения являются вкладыш с баббитовой заливкой на торце и упорный диск на валу, между которыми создается масляная пленка. Наибольшее распространение получили торцовые уплотнения двух основных типов:

1) однопоточные, в которых вкладыш поджимается к упорному диску давлением газа и винтовыми пружинами или давлением масла, поступающего для смазки и образования гидравлического затвора. Это масло принято называть «уплотняющим»;

2) двухпоточные, в которых вкладыш поджимается к упорному диску давлением газа и давлением так называемого «прижимающего» масла, причем потоки прижимающего и уплотняющего масла являются независимыми друг от друга.

Заводы «Электросила» и «Электротяжмаш» применяют на современных турбогенераторах в основном однопоточные уплотнения, наиболее типичные конструкции которых рассмотрены ниже.

Уплотнение турбогенератора ТВВ-165-2 (рис. 1) состоит из корпуса 1, закрепленного жестко на наружном щите генератора и имеющего эластичную связь с корпусом опорного подшипника. Подвижный вкладыш 2 винтовыми пружинами поджимается к упорному диску 3, имеющему шлифованную поверхность скольжения. Зазор между корпусом и вкладышем перекрывается уплотняющими кольцами 4 из высокоэластичной резины. Для предотвращения попадания масла в генератор на наружном щите устанавливается маслоуловитель 5, а на валу выполняются маслосбрасывающие канавки 6. Зазор между корпусом уплотнения и корпусом опорного подшипника перекрывается пластикатной диафрагмой 7.

Вкладыш уплотнения имеет баббитовую заливку, рабочая поверхность которой разделяется по специаль-

ной форме. Элементами рабочей поверхности вкладыша (рис. 2) являются запирающий водородный пояс 1, маслораздающая кольцевая канавка 2, радиальные каналы 3, несущие поверхности 4, 5 и запирающий наружный пояс 6, который на некоторых уплотнениях выполняется прерывистым. Для устранения циркуляции масла и вымывания баббита в кольцевой канавке выполняются перегородки 7. Несущая поверхность вкла-

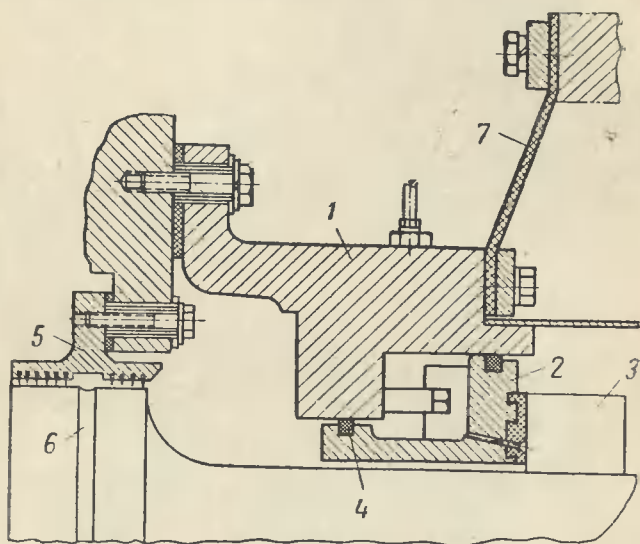


Рис. 1. Уплотнение турбогенератора ТВВ-165-2.

дыша состоит из участков 5 с уклоном в тангенциальном направлении, которые переходят в участки без наклона 4. В маслораздающие канавки рабочей поверхности вкладыша подводится уплотняющее масло.

Ранее для герметизации зазора между корпусом и вкладышем завод «Электросила» применял на турбогенераторах ТВ2-30-2 и ТВ-60-2 пластиковые диафрагмы, а на турбогенераторах ТВФ-60-2, ТВФ-100-2 и ТВФ-200-2— уплотняющие текстолитовые кольца.

Устройства такого типа оказались ненадежными в эксплуатации, и впоследствии завод «Электросила» перешел к установке резиновых уплотняющих колец на турбогенераторах всех типов.

На некоторых турбогенераторах из-за обводнения масла происходит коррозия корпусов и вкладышей, что ухудшает подвижность вкладышей и снижает надежность работы уплотнений. Для предотвращения коррозии завод «Электросила» в последнее время хромирует эти детали.

Завод «Электротяжмаш» применяет однопоточные уплотнения, которые, как и опорные подшипники, встроены в наружные щиты (рис. 3). Уплотнения этих генераторов имеют некоторые особенности. Вкладыш 2 поджимается к упорному диску 3 винтовыми пружинами 5. Зазор между корпусом 1 и вкладышем перекрывается двумя парами стальных уплотняющих колец 4. Наружный поясok рабочей поверхности вкладыша выполнен прерывистым, благодаря чему увеличивается расход масла в сторону воздуха и улучшается отвод тепла.

Современные мощные турбогенераторы с непосредственным охлаждением отличаются высокой концентрацией электромагнитных нагрузок в относительно ограниченных объемах, что ведет к увеличению полей рассеяния лобовых частей обмотки статора и потерь в конструктивных элементах торцевой зоны генератора, в том числе и уплотнениях. Поэтому завод «Электротяжмаш» предусматривает исполнение корпуса и вкладыша из немагнитных материалов.

Однопоточные уплотнения работают неустойчиво при изменении режима работы агрегата и давления водорода. Оптимальный режим работы таких уплотнений рассчитан на номинальный режим работы агрегата.

Двухпоточные уплотнения благодаря использованию для поджатия вкладыша независимого потока масла

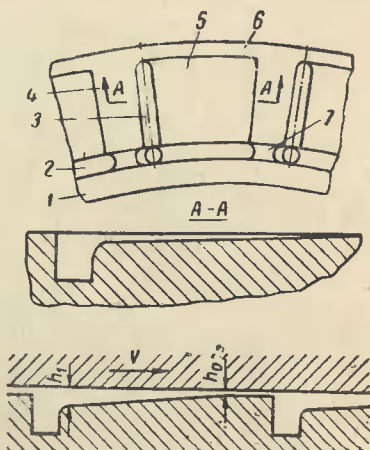


Рис. 2. Рабочая поверхность вкладыша.

h_1 — толщина масляной пленки в начале наклонного участка; h_0 — толщина масляной пленки на участке без наклона; v — направление вращения упорного диска.

с автоматическим регулированием давления создают возможности для управления режимом работы уплотнения в зависимости от давления водорода и исключают влияние режима работы агрегата на усилие прижатия вкладыша. В настоящее время двухпоточные уплотнения надежно эксплуатируются на турбогенераторах ТГВ-25,

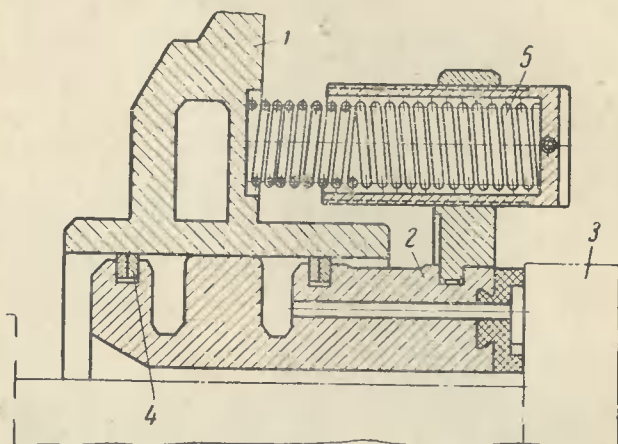


Рис. 3. Уплотнение турбогенератора ТГВ-300.

ТВС-30, ТВ2-30-2, ТВ-50-2, ТВ-60-2, ТВ2-100-2 и ТВ2-150-2, на которых установка двухпоточных уплотнений осуществлена ремонтными предприятиями Союзэнергоремтреста в основном по проектам ЦКБэнерго.

На турбогенераторах ТВВ-320-2 завод «Электросила» также устанавливает двухпоточное уплотнение (рис. 4). Уплотняющие кольца 4 выполняются из резинового шнура диаметром 10 мм. Зазор между корпусом 1 уплотнения и корпусом опорного подшипника перекрывается уплотняющим устройством 6 с резиновым кольцом 7 вместо пластиковой диафрагмы (рис. 1). Уплотняющее устройство с резиновым кольцом более надежно и предотвращает течь масла при длительной работе агрегата. Корпус уплотнения и маслоуловитель, расположенные на стороне контактных колец, имеют изоляцию от маслопроводов и наружного щита для предотвращения протекания подшипниковых токов.

Системы маслоснабжения торцовых уплотнений существуют двух типов:

- 1) с замкнутым контуром;
- 2) с разомкнутым контуром.

Система маслоснабжения с замкнутым контуром выполнена на турбогенераторах ТВФ-60-2, ТВФ-100-2, ТВВ-165-2, ТВВ-200-2, ТГВ-200 (рис. 5). Масло, насыщенное водородом, через сливную систему поступает

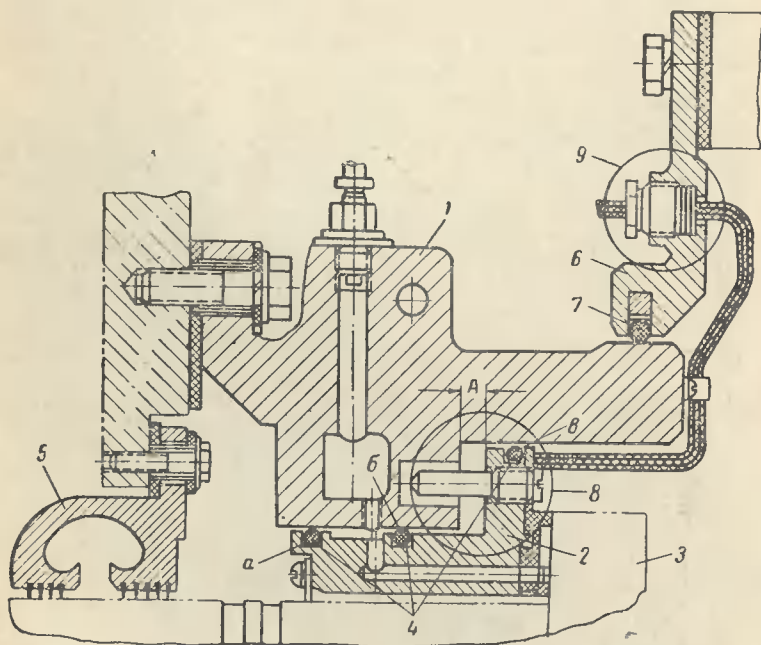


Рис. 4. Уплотнение турбогенератора ТВВ-320-2.

1 — корпус; 2 — вкладыш; 3 — упорный диск; 4 — уплотняющие кольца; 5 — маслоуловитель; 6 — уплотняющее устройство; 7 — уплотняющее кольцо; 8 — шпоночный узел; 9 — узел выводов проводки термометров.

в бачок продувки 1. Бачок продувки состоит из двух отсеков. По маслу эти отсеки соединены V-образной петлей, а по газу — разделены, чем предотвращается циркуляция водорода и масляных паров через сливную систему при различных напорах вентиляторов. Из бачка продувки масло стекает в поплавковый гидрозатвор 2, который обеспечивает слив масла и предотвращает прорыв водорода. Из гидрозатвора масло поступает в бак 3 агрегата маслоснабжения. Верхняя точка бака соединена с коллектором 4 слива масла из опорных подшип-

ников. На коллекторе устанавливается V-образный защитный гидрозатвор с вытяжной трубой 5 для предотвращения попадания водорода в масляный бак турбины в аварийных случаях.

Для подачи масла используются насосы 6 — переменного и 7 — постоянного тока. Основным источником маслоснабжения является масляный инжектор 8, который через маслоохладитель 9 и масляный фильтр 10 подает масло на регулятор давления РПД-14, откуда масло поступает на уплотнения. Регулятор 11 — дифференциальный, золотникового типа, обеспечивает заданный перепад между давлением уплотняющего масла и давлением водорода постоянным при изменении расхода уплотняющего масла и изменении давления водорода.

На турбогенераторах завода «Электротяжмаш» ТГВ-200 и ТГВ-300 основным источником маслоснабже-

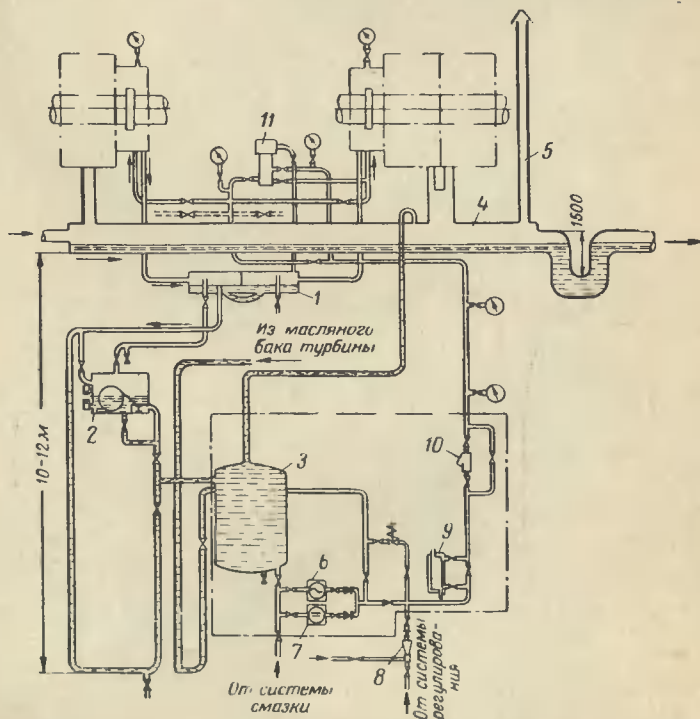


Рис. 5. Схема маслоснабжения уплотнений турбогенератора ТГВ-165-2.

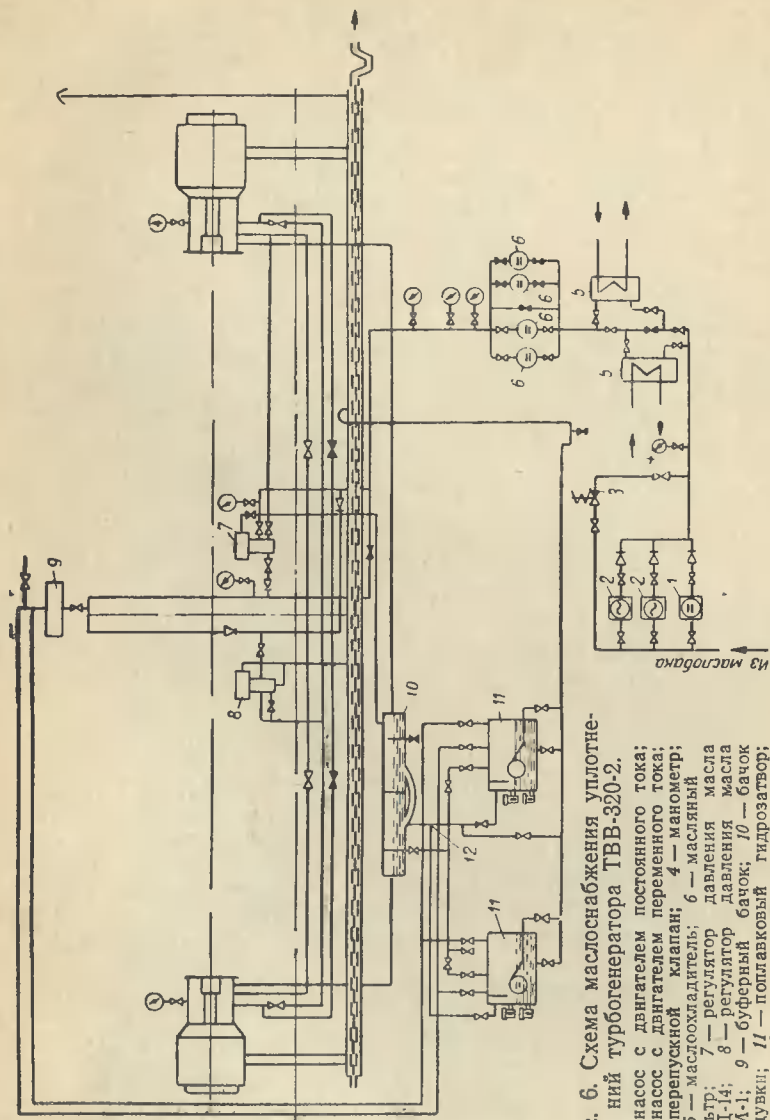


Рис. 6. Схема маслоснабжения уплотне-
ний турбогенератора ТВВ-320-2.

1 — насос с двигателем постоянного тока;
2 — насос с двигателем переменного тока;
3 — перепускной клапан; 4 — манометр;
5 — маслоохладитель; 6 — масляный
фильтр; 7 — регулятор давления масла
РПД-14; 8 — регулятор давления масла
РПД-1; 9 — буферный бачок; 10 — бачок
продукции; 11 — полувальцовый гидрозатвор;
12 — линии продувки.

ния является электромасляный насос, а для регулирования давления уплотняющего масла применяется электронный регулятор.

Система маслоснабжения уплотнений турбогенератора ТВВ-320-2 выполнена с разомкнутым контуром (рис. 6). Основным источником маслоснабжения является насос 2 с электродвигателем переменного тока. Для регулирования давления уплотняющего масла применяется регулятор 7 типа РПД-14, а для регулирования давления прижимающего масла — регулятор 8 типа РПМ-1. Оба регулятора — дифференциальные, золотникового типа.

В настоящее время по предложению ОРГРЭС в схемах для повышения надежности маслоснабжения устанавливают буферный бачок 9, который соединяется с напорным коллектором маслопровода и газовыми отсеками поплавкового гидрозатвора и бачка продувки. Буферный бачок резервирует систему маслоснабжения и обеспечивает бесперебойную подачу масла на уплотнения при перерывах длительностью до 3 мин.

2. ПРИНЦИП И ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ УПЛОТНЕНИЙ

Принцип работы торцовых уплотнений основан на создании гидравлического затвора в зазоре между упорным диском и вкладышем. С этой целью уплотняющее масло через систему отверстий во вкладыше подводится в кольцевую капавку на рабочей поверхности баббитовой заливки. Из канавки масло распределяется на два потока: первый — в сторону воздуха и второй — в сторону водорода. Поток масла в сторону воздуха по радиальным каналам поступает на несущую поверхность вкладыша, где при вращении вала создается масляный клин, способный воспринимать значительные осевые нагрузки. Поток масла в сторону водорода заполняет зазор между упорным диском и водородным пояском, создавая сплошную масляную пленку, препятствующую выходу водорода из корпуса генератора. Давление уплотняющего масла всегда несколько выше давления водорода в корпусе генератора. Величина перепада давлений зависит от конструкции уплотнений и геометрии разделки рабочей поверхности вкладыша и составляет 0,4—0,8 кг/см². Основная часть уплотняющего масла сливается в сторону воздуха и только 1,5—3% общего расхода сливается в сторону водорода.

Потери, выделяющиеся в виде тепла на поверхности трения, отводятся уплотняющим маслом. Величина потерь и расход масла определяют превышение температуры вкладыша относительно температуры входящего масла. Потери и расход масла в свою очередь определяются давлением масла, скоростью вращения и геометрией разделки рабочей поверхности. Геометрия разделки выбирается так, чтобы на номинальных оборотах создавалась устойчивая масляная пленка и удовлетворялось требование по температуре масла и баббитовой заливки.

Наряду с этим при выборе оптимальной геометрии разделки рабочей поверхности вкладыша учитывается работоспособность поверхностей скольжения в переходных режимах работы турбоагрегата (пуск, останов, вращение от валоповоротного устройства). При вращении ротора с относительно малой скоростью имеет место сухое, полусухое или полужидкостное трение. При этом поверхности трения не разделены сплошной масляной пленкой, а имеющиеся неровности находятся в зацеплении друг с другом. Длительная работа в таком режиме приводит к интенсивному износу рабочей поверхности вкладыша. Особенно неблагоприятным режимом является вращение агрегата от валоповоротного устройства, когда скорость вращения составляет всего 2—4 об/мин.

Так, по результатам обследования ряда генераторов установлено, что за три-четыре пуска рабочая поверхность вкладыша срабатывается на 0,03—0,04 мм. Для предупреждения этого явления целесообразно в таком режиме увеличивать перепад уплотняющего масла на 0,15—0,2 кг/см², что особенно важно для современных блочных турбогенераторов с весьма длительной продолжительностью вращения от валоповоротного устройства. Износ поверхностей скольжения отрицательно сказывается на работе уплотнения, так как вносит отклонения в оптимальную геометрию разделки рабочих поверхностей вкладыша.

Принятые формы разделки рабочей поверхности вкладышей обычно обеспечивают жидкостное трение при скорости вращения порядка 200—300 об/мин. Жидкостное трение характеризуется тем, что наибольшие неровности трущихся поверхностей выходят из зацепления и появляется сплошная масляная пленка.

Условие жидкостного трения выполняется, если

$$h_0 \geq H + w,$$

где h_0 — минимальная толщина масляной пленки;

H — суммарная величина неровностей трущихся поверхностей;

w — прогиб упорного диска.

При условии обеспечения в процессе обработки 8-го класса чистоты поверхности упорного диска, 7-го класса чистоты рабочей поверхности вкладыша и при максимально допустимом прогибе упорного диска 0,02 мм минимальная толщина масляной пленки по условию жидкостного трения должна быть не менее 0,03 мм. Оптимальная толщина масляной пленки выбирается из условия обеспечения 2—2,5-кратного запаса надежности и составляет величину порядка 0,07 мм.

На работу уплотнений, кроме перечисленных выше факторов, могут влиять различные явления, связанные со сложным характером движения упорного диска ротора. Упорный диск испытывает осевые перемещения, связанные с тепловым расширением ротора агрегата. Кроме того, упорный диск совершает сложные колебательные движения, связанные с вибрацией валопровода. Влияние этих факторов в значительной степени снижается за счет выполнения специальной конструкции сопряжения вкладыша с корпусом уплотнения, позволяющей вкладышу следовать за всеми перемещениями упорного диска.

Режим работы торцового уплотнения характеризуется температурой рабочей поверхности вкладыша, температурой масла на входе и на выходе, расходом масла, давлением уплотняющего масла и давлением прижимающего масла для двухпоточного уплотнения.

Оптимальное значение температуры биббитовой заливки вкладыша составляет 55—65°С, а максимальное ее значение не должно превышать 80°С.

Температура масла, поступающего на уплотнение, должна находиться в пределах 35—45°С для получения оптимальной вязкости масла и толщины масляной пленки. При температуре ниже 35°С вязкость масла возрастает до значения, при котором возможны срывы масляной пленки.

Расход масла в сторону водорода в общем случае состоит из расхода масла через зазор между упорным диском и водородным пояском рабочей поверхности

вкладыша и через зазор между корпусом и уплотняющими кольцами.

Применение резиновых уплотняющих колец позволило практически устранить расход масла через зазор между кольцом и корпусом. Поэтому расход масла в сторону водорода для уплотнения с резиновыми кольцами можно считать зависящим только от потока масла через зазор между упорным диском и водородным пояском.

Масло, сливающееся в сторону водорода, обеспечивает газоплотность уплотнения и охлаждает поверхность скольжения. С этой точки зрения желательно увеличение расхода масла. Но, с другой стороны, это масло содержит растворенный кислород, который выделяется из масла и снижает чистоту водорода. С целью поддержания требуемой чистоты водорода 98% производятся продувки генератора чистым водородом. Продувки производятся в том случае, если расхода чистого водорода, предназначенного для покрытия утечек, недостаточно для поддержания требуемой чистоты водорода.

Для измерения расхода масла в сторону водорода применяется устанавливаемый на сливе маслоконтрольный патрубок конструкции ЦКБ-энерго. В том случае, если маслоконтрольный патрубок отсутствует, расход масла в сторону водорода определяется при помощи гидрозатвора ЗГ-30. Для этого необходимо измерить объем слившегося масла за контрольный промежуток времени при закрытом вентиле после гидрозатвора.

При жидкостном трении возникает подъемная сила масляной пленки на несущей поверхности вкладыша (несущая способность), которая уравнивается усилием прижатия вкладыша к упорному диску с учетом всех других осевых сил, обусловленных давлением водорода и давлением уплотняющего масла. В результате вкладыш находится в равновесии. Уравнение равновесия вкладыша в гидродинамическом режиме:

$$F_{\text{нес}} = p_{\text{н}} q_{\text{н}} + p_{\text{пр}} q_{\text{пр}} - p_{\text{у}} q_{\text{у}} - 0,5 (p_{\text{у}} + p_{\text{н}}) q_{\text{в.п.}}$$

где $F_{\text{нес}}$ — полная несущая способность вкладыша, кг;

$q_{\text{н}}$ — поверхность вкладыша, на которую воздействует водород, см²,

$q_{\text{пр}}$ — поверхность вкладыша, на которую воздействует прижимающее масло, см²;

q_y — поверхность кольцевой и радиальных канавок, $см^2$;
 $q_{в.л}$ — поверхность водородного пояса, $см^2$;
 $p_n, p_{пр}, p_y$ — соответственно давления водорода, прижимающего и уплотняющего масла, $кг/см^2$.

Таблица 1

Тип уплотнений	Параметры				
	$p_n, кг/см^2$	$\Delta p, кг/см^2$	$p'_{пр}, кг/см^2$	$p''_{пр}, кг/см^2$	$F_{пр}, кг$
ТГВ-25 ЦКБэнерго	1	0,55	1,4	0,8	
ТВ-2-30-2 ЦКБэнерго	1	0,55	1,4	1,1	
ТВС-30 ЦКБэнерго	1	0,55	1,4	0,7	
ТВ-50-2 ЦКБэнерго	1	0,5	1,9	1,2	
ТВ-60-2 ЦКБэнерго	2	0,6	1,2	1,2	
ТВ2-100-2 ЦКБэнерго	1	0,65	2,1	0,2	
ТВФ-60-2 „Электросила“	2	0,6	—	—	450
ТВФ-100-2 „Электросила“	2	0,6	—	—	450
ТВВ-165-2 „Электросила“	3	0,6	—	—	—
ТВВ-320-2 „Электросила“	3	0,6	1,2	1,2	—
ТГВ-200 „Электротяжмаш“	3	0,6	—	—	600
ТГВ-300 „Электротяжмаш“	3	0,6	—	—	600

Примечание. p_n — номинальное давление водорода.

Δp — перепад между давлением уплотняющего масла и давлением водорода;

$p'_{пр}$ — давление прижимающего масла при отсутствии давления водорода;

$p''_{пр}$ — давление прижимающего масла при номинальном давлении водорода;

$F_{пр}$ — усилие пружинного прижатия.

Несущая способность вкладыша определяется специальным расчетом. Для грубых оценок можно считать:

$$F_{нес} = (3 \div 4) q_{нес},$$

где $q_{нес}$ — площадь несущей поверхности вкладыша, $см^2$.

Из уравнения равновесия находят зависимость давления прижимающего масла от давления водорода и строят характеристику давления прижимающего масла. Для построения характеристики достаточно определить давление прижимающего масла при нулевом и номинальном давлении водорода.

В табл. 1 приведены давления прижимающего масла при номинальном и нулевом давлении водорода для некоторых турбогенераторов.

3. НЕПОЛАДКИ В РАБОТЕ УПЛОТНЕНИЙ И ИХ ПРИЧИНЫ

Повышение температуры вкладышей. Повышение температуры вкладышей объясняется неудовлетворительным состоянием рабочих поверхностей упорного диска и вкладыша, неправильной разделкой рабочей поверхности вкладыша, неудовлетворительной подвижностью вкладыша, попаданием в масло инородных частиц, увеличенными усилиями прижатия вкладыша к диску, низким перепадом между давлением водорода и давлением уплотняющего масла.

Появление водорода в сливных маслопроводах опорных подшипников. Концентрация водорода в сливных маслопроводах не должна превышать 1% [Л. 7]. Водород в сливных маслопроводах может появиться из-за:

- а) неплотного сцепления баббитовой заливки с корпусом вкладыша;
- б) нарушения плотности в разъемах корпуса или вкладыша;
- в) неудовлетворительной подвижности вкладыша;
- г) недопустимо низкого перепада между давлением уплотняющего масла и давлением водорода;
- д) недостаточного усилия прижатия.

Повышенный расход масла в сторону водорода. Повышенный расход масла вызывается следующими причинами:

- а) неудовлетворительное прилегание поверхности водородного пояска к упорному диску;
- б) дефекты в уплотняющих кольцах;
- в) неудовлетворительная подвижность вкладыша;
- г) недостаточное усилие прижатия;
- д) повышенный перепад между давлением уплотняющего масла и давлением водорода;
- е) неплотность разъемов вкладыша и корпуса.

Попадание масла в генератор. Масло в генераторе может появиться вследствие:

а) неправильной установки маслоуловителя относительно маслосбрасывающих канавок;

б) повышенного зазора между маслоуловителем и валом, между диффузором и ступицей вентилятора (для осевых вентиляторов);

в) нарушения плотности в разъемах маслоуловителей;

г) разности напоров вентиляторов ротора при отсутствии гидрозатвора между сливными полостями стороны турбины и стороны контактных колец;

д) отсутствия уклонов и малых сечений сливных маслопроводов;

е) повышенного расхода в сторону водорода.

При неполадках в работе уплотнений далеко не всегда требуется остановка генератора. В ряде случаев возможно ценой отклонения от оптимального режима достаточно длительное время продолжать работу. Например, при повышении температуры баббита удается приостановить рост температуры путем снижения давления прижимающего масла и увеличения давления уплотняющего масла, т. е. путем снижения удельных нагрузок и увеличения расхода масла через уплотнения. При этом необходимо знать располагаемый запас по производительности основного источника маслоснабжения. В отдельных случаях возможно подключение параллельно с основным резервного источника маслоснабжения. Во всех случаях изменения режима по маслу необходимо внимательно следить за сливом масла в сторону водорода, не допуская чрезмерно большого слива (диаметр струи не более 10 мм) во избежание заброса масла в генератор. Целесообразно в этом случае понизить давление водорода в корпусе генератора до величины, допустимой по условиям нагрузки генератора. Это уменьшает удельные давления на рабочих поверхностях вкладышей и позволяет добиться положительного результата при меньших расходах масла.

При работе с пониженными нагрузками на вкладыш и повышенным расходом масла следует иметь в виду возможность появления водорода в сливных маслопроводах за счет эжектирующего действия потока масла в сторону воздуха. Поэтому при работе в таком режиме

необходимо периодически брать пробу из сливных маслопроводов для определения содержания водорода.

Слив масла в сторону водорода, недопустимый по условиям поддержания требуемой чистоты водорода в корпусе генератора, может быть уменьшен за счет увеличения усилия прижатия вкладыша и уменьшения давления уплотняющего масла до минимально допустимого перепада над давлением газа. Подобное изменение режима следует производить только в случаях крайней необходимости и весьма осторожно, так как это может привести к повышению нагрева вкладышей.

4. ПОДГОТОВКА К РЕМОНТУ

Тщательная подготовка к ремонту является залогом успешного выполнения работ. Во время подготовки к ремонту знакомятся с режимом работы уплотнений, уясняют замеченные эксплуатационным персоналом неполадки и их причины и изучают имеющуюся документацию.

Наряду с этим до начала работ готовят материалы, инструмент, приспособления, запасные части (табл. 2), составляют график работ и расчет рабочей силы.

Для уяснения причин неполадок приходится проводить специальные исследования на работающем генераторе, связанные с изменением режима.

Так, например:

1. Недостаточная подвижность вкладыша может быть выявлена при резких изменениях нагрузки генератора. При этом следует внимательно наблюдать за температурой вкладышей, сливом масла в сторону водорода и содержанием водорода в сливных маслопроводах. Заметное увеличение температуры вкладыша и уменьшение слива масла в сторону водорода при резком снижении нагрузки для уплотнения со стороны контактных колец свидетельствует о плохой подвижности вкладыша. При резком увеличении нагрузки этот дефект сопровождается снижением температуры вкладыша, увеличением слива в сторону водорода и нередко появлением водорода в сливных маслопроводах.

2. Неплотное сцепление баббитовой заливки с корпусом вкладыша может быть выявлено по изменению содержания водорода в сливных маслопроводах при кратковременном изменении давления прижимающего масла в максимально допустимых пределах, ограничен-

С. 14/15/3

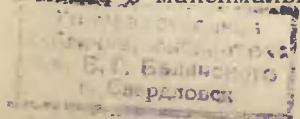


Таблица 2

Наименование	ГОСТ, технические условия или нормаль
Ключ рожковый	ГОСТ 2839-54
Ключ торцовый	ГОСТ 3329-54
Напильник драчевой	ГОСТ 1465-59
Напильник личной	ГОСТ 1465-59
Шабер	К-28 504-000
Сверло	ГОСТ 888-60
Развертка	ГОСТ 7722-55
Метчик	ГОСТ 9522-60
Молоток слесарный	ГОСТ 2310-54
Щуп	ГОСТ 882-41
Штангенциркуль	ГОСТ 166-51
Микрометр	ГОСТ 6507-60
Нутромер микрометрический	ГОСТ 10-58
Штангенглубиномер	ГОСТ 162-41
Плита поверочная	ГОСТ 10905-64
Линейка поверочная	ГОСТ 8026-56
Скобка контрольная для проверки упорных дисков	—
Индикатор часового типа	ГОСТ 577-60
Угольник лекальный	ГОСТ 3749-47
Шкурка шлифовальная	ГОСТ 5009-62
Круг шлифовальный	ГОСТ 2424-60
Ветошь	—
Бязь	ГОСТ 6639-53
Баббит Б-83	ГОСТ 1320-55
Пластикат	ТУМХП 2024-49
Текстолит	ГОСТ 2910-54
Трубка бакелизированная	ГОСТ 8726-58
Термометр сопротивления ТСМ-148	ГОСТ 6651-59
Шнур шприцованный	УТ 1014-59
Картон электротехнический ЭВ	ГОСТ 2824-60
Трубка хлорвиниловая	ГОСТ 6997-54
Паста ГОИ	ВТУ ММП РСФСР, 1951
Серебрин	ГОСТ 5434-50
Лак № 302	ТУМХП 1355-46
Установка для проточки и шлифова- ния упорных дисков	
Приспособление для оттяжки колец маслоуловителей	
Станок для установки корпусов	
Приспособление для снятия характе- ристик пружин	

ных допустимыми температурой вкладыша и сливом масла в сторону водорода.

3. Периодические выбросы масла из сливных маслопроводов со стороны водорода (по наблюдению в бачке продувки) свидетельствуют об отсутствии требуемого уклона маслопроводов.

4. Разность напоров вентиляторов, которая является одной из причин попадания масла в генератор, можно зафиксировать по разным уровням в отсеках бачка продувки и периодическим прорывам газа через V-образный гидрозатвор между отсеками. Наличие разности напоров вентиляторов подтверждается выравниванием уровней в отсеках бачка продувки при открытии вентилей на линиях продувки (12, рис. 6).

5. Повышение температуры вкладыша, сопровождающееся увеличением слива масла в сторону водорода, как правило, свидетельствует о частичном подплавлении баббитовой заливки и главным образом в зоне водородного пояса. Кроме того, перед разборкой уплотнений следует проверить газоплотность турбогенератора.

Газоплотность генераторов в сборе считается удовлетворительной, если суточная утечка воздуха, приведенная к атмосферному давлению (760 мм рт. ст.) и температуре 15° С, составляет не более 1,5% газового объема генератора. Практически о величине утечек удобнее судить по падению давления на дифманометре за определенное время — обычно за 24 ч. Допустимые величины падения давления приведены в табл. 3.

Если при испытании температура воздуха в корпусе генератора изменяется, то величину допустимого падения давления необходимо пересчитать по формуле:

$$P_1 - P_2 = P_1 - \left[\frac{P_1 (273 + t_2)}{273 + t_1} - \frac{\Delta V (273 + t_2)}{0,38V} \right],$$

где $P_1 - P_2$ — допустимая величина падения давления воздуха с учетом изменения температуры, мм рт. ст.;

P_1 — абсолютное давление воздуха в генераторе в начале испытания, мм. рт. ст.;

t_1, t_2 — температуры воздуха в генераторе в начале и конце испытания, °С;

ΔV — допустимая величина утечек воздуха, приведенная к атмосферному давлению и температуре 15° С, м³;

V — газовый объем корпуса генератора, м³.

Объект измерений		ТВБ-320-2	ТВБ-200-2	ТВБ-165-2	ТВФ-100-2, ТВФ-60-2	ТВБ-300	ТВБ-200
Газовый объем турбогенератора	Без ротора V_1 , м ³ С ротором V_2 , м ³	93 87	60 56	57 53	54 50	80 75	75 70
	P_0 , кг/см ² P_1 , мм рт. ст. $P_1 - P_2$, мм рт. ст. T , °C	4 2 280 11 24	4 2 280 12 24	4 2 280 11 24	2 1 520 8 24	4,5 2 280 11,5 24	4 2 280 11,5 24
Ротор	P_0 , кг/см ² P_1 , мм рт. ст. $P_1 - P_2$, мм рт. ст. T , °C	4 2 280 114 1	4 2 280 114 1	4 2 280 114 1	4 2 280 228 6	6 2 280 — —	6 2 280 — —
	P_0 , кг/см ² P_1 , мм рт. ст. $P_1 - P_2$, мм рт. ст. T , °C	4 2 280 5 1	4 2 280 5 1	4 2 280 5 1	3 1 520 5 1	4 760 2 1	4 760 2 1
Газомасляная система	P_0 , кг/см ² P_1 , мм рт. ст. $P_1 - P_2$, мм рт. ст. T , °C	4 2 280 5 1	4 2 280 5 1	4 2 280 5 1	—	—	—
	P_0 , кг/см ² P_1 , мм рт. ст. $P_1 - P_2$, мм рт. ст. T , °C	4 2 280 53 24	4 2 280 56 24	4 2 280 53 24	2 1 520 38 24	4 2 280 50 24	4 2 280 50 24

Примечание. P_0 — давление, при котором производится определение мест утечек;
 P_1 — давление, устанавливаемое в начале испытания на газоплотность;
 $P_1 - P_2$ — допустимое падение давления за контрольное время T ;
 V_1, V_2 — газовый объем турбогенератора без ротора и с установленным ротором.

При испытаниях на газоплотность необходимо учитывать, что утечка газа через неплотности прямо пропорциональна избыточному давлению при условии, что при повышенном давлении не вскрываются новые неплотности.

5. ТРЕБОВАНИЯ К КОМПОНОВКЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ

В процессе эксплуатации турбогенератора могут появиться отклонения в расположении деталей уплотнения, например в результате проточки упорного диска или баббитовой заливки вкладыша, замены прокладок и реконструкции отдельных узлов уплотнения. Отклонения в расположении деталей зачастую приводят к нарушению качественной работы уплотнений, а в отдельных случаях и выводу их из строя.

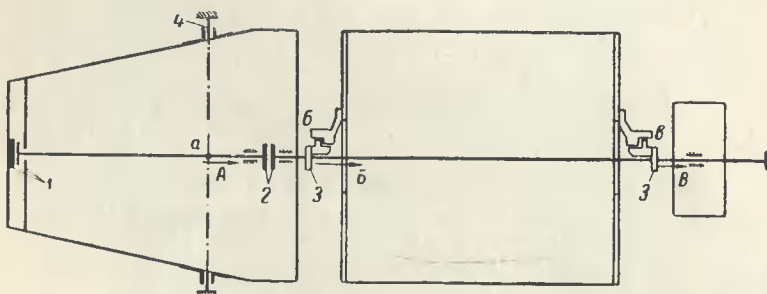


Рис. 7. Схема перемещений упорных дисков ротора генератора.
1 — упорный подшипник турбины; 2 — муфта; 3 — упорный диск ротора;
4 — фикс-пункт цилиндра турбины.

Компоновка уплотнения выполняется с учетом относительных перемещений отдельных деталей, появляющихся в процессе работы турбогенератора. Осевые перемещения упорного диска вместе с вкладышем относительно корпуса уплотнения, а также перемещения вала относительно маслоуловителя вызываются тепловыми удлинениями роторов агрегата и деформацией наружных щитов генератора при изменениях давления водорода.

На рис. 7 изображена схема тепловых удлинений роторов агрегата и корпуса одноцилиндровой турбины. Картина удлинений роторов агрегата с многоцилиндро-

вой турбиной не имеет принципиальных отличий. Хвостовая часть корпуса турбины зафиксирована от осевых перемещений. Поэтому удлинение корпуса турбины направлено в сторону переднего подшипника. При перемещении передней части корпуса перемещается и упорный подшипник, фиксирующий положение ротора. Ротор и корпус турбины в установившемся режиме имеют примерно равные удлинения. В результате точка ротора, лежащая в плоскости фиксации, имеет незначительное перемещение.

Во время пусков турбины, когда нагрев ротора опережает нагрев корпуса турбины, указанная точка может иметь весьма значительные перемещения в сторону генератора. Во время сбросов нагрузки точка *a* может иметь перемещения в сторону переднего подшипника турбины.

Перемещения хвостовой части ротора турбины как для установившегося режима, так и для переходных режимов могут быть определены по указателю, расположенному в хвостовой части турбины. Если же такой указатель отсутствует, то относительные перемещения могут быть оценены по величине осевых зазоров в заднем паровом уплотнении.

Часть валопровода от точки *a* до точки *b* (упорный диск ротора генератора) также имеет тепловое удлинение, которое обычно не превышает 1 мм. Перемещение упорного диска, расположенного со стороны контактных колец (точка *b*), относительно фундамента складывается из перемещения упорного диска, расположенного со стороны турбины, и теплового удлинения соответствующего участка вала ротора генератора. Удлинение вала ротора можно определить из зависимости

$$\Delta l = \psi (t_r - t_x) l_d,$$

где ψ — коэффициент линейного расширения, равный $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$;

t_r — средняя температура вала ротора при номинальной нагрузке (обычно принимается равной 80°C);

t_x — температура вала ротора во время сборки (холодное состояние), $^{\circ}\text{C}$;

l_d — длина участка вала ротора между упорными дисками, см.

Для вычисления перемещений упорных дисков относительно корпусов уплотнений необходимо учесть перемещение самих корпусов относительно фундамента. Корпуса уплотнений имеют осевые перемещения в связи с деформацией наружных щитов генератора при изменении давления водорода. Величины деформаций для различных генераторов различны и в некоторых случаях весьма значительны. Так, корпус уплотнения генератора ТВ2-100-2 перемещается в осевом направлении до 3 мм при изменении давления водорода от 0 до 2 кг/см². Величина деформации наружного щита может быть измерена индикатором во время вытеснения водорода из генератора до начала ремонта. В табл. 4 приведены значения нормальных перемещений упорных дисков для некоторых генераторов.

Таблица 4

Тип турбогенератора	Перемещение упорного диска, мм	
	со стороны турбины	со стороны контактных колец
ТВ2-30-2, ТГВ-25, ТВС-30	2	5
ТВ-50-2, ТВ-60-2	2	7
ТВФ-60-2	3	8
ТВ2-100-2	3	10
ТВФ-100-2	3	8
ТВ2-150-2	4	12
ТВВ-165-2	12	17
ТВВ-200-2	12	19
ТГВ-200	11	17
ТГВ-300	8	15
ТВВ-320-2	8	16

Относительное расположение корпуса и вкладыша двухпоточного уплотнения характеризуется величиной зазора *A* (рис. 4). Аналогичный зазор существует и в других конструкциях торцовых уплотнений. Зазор *A* для двухпоточных уплотнений обычно задается формулярном, но пределы его изменения в процессе эксплуатации, как правило, не указываются. Значение этих величин можно определить, исходя из следующих положений:

1. Для уплотнения, расположенного со стороны турбины, зазор *A* в холодном состоянии агрегата должен на 3—4 мм превышать сумму величин максимальной де-

формации наружного щита и перемещения упорного диска в режиме пуска турбины. Величина зазора в установившемся режиме работы агрегата будет несколько меньшей, чем в холодном состоянии. Но при сбросах нагрузки и отсутствии давления водорода в генераторе величина зазора A превышает величину зазора в холодном состоянии агрегата.

2. Для уплотнения, расположенного со стороны контактных колец, зазор A в холодном состоянии должен быть на 3—4 мм больше величины максимальной деформации щита. Величина зазора A максимальна в режиме наибольшей нагрузки при отсутствии давления водорода и может быть принята равной сумме величин зазора в холодном состоянии и наибольшего перемещения упорного диска.

Компоновка уплотняющих колец, шпоночного узла и канала подвода масла выполняется с учетом возможных изменений зазора A . При этом должны соблюдаться следующие условия:

1. При полном отжатии вкладыша от упорного диска ($A=0$) уплотняющее кольцо a (рис. 4) не должно выходить за кромку корпуса, кольцо b не должно перекрывать канал подачи масла. В случае радиального расположения шпоночного узла (см. § 11) шпонка не должна упираться в кромку шпоночного паза (осевая шпонка не должна выходить из паза).

Наряду с выполнением этих условий не должно быть задеваний выступающих частей вкладыша, например, планок разъемов за другие детали при возможных перемещениях вкладыша.

Компоновка маслоуловителей относительно вала должна выполняться с учетом перемещения упорных дисков и деформаций наружного щита генератора с таким расчетом, чтобы при номинальном режиме работы агрегата маслосбрасывающие канавки находились напротив камер маслоуловителя (рис. 1).

6. РАЗБОРКА УПЛОТНЕНИЙ

Технология разборки уплотнений зависит от их конструктивных особенностей. К разборке следует приступать только после подробного изучения конструкции по чертежам.

В процессе разборки обращается внимание на качество крепежных деталей и на наличие маркировки, ука-

зывающей на место установки (сторона турбины, сторона контактных колец, верхняя половина, нижняя половина). Обращается внимание на качество установки деталей с целью выявления таких дефектов, как перекосы, неплотности в сопряжении разъемов, остаточная деформация и «закусывания» резиновых колец и шнура в канавках разъемов.

Особое внимание следует уделить тем узлам и деталям, дефекты которых могли явиться причиной неполадок, обнаруженных во время эксплуатации генератора.

Измерения расстояний, характеризующих взаимное положение деталей, производятся после полного остывания агрегата при собранных упорном подшипнике турбины и соединительных муфтах. При этом фиксируются толщины всех прокладок между сопрягаемыми деталями. Результаты измерений заносятся в формуляр (см. § 14). Наиболее важными являются размеры, характеризующие положение вкладыша относительно корпуса, корпуса относительно подшипника и маслоуловителя относительно маслосбрасывающих канавок на валу ротора.

После разборки уплотнений проверяется торцовое биение поверхности наружного щита относительно оси вала индикатором, укрепленным на роторе.

Окружность торцовой поверхности щита разбивается на восемь равных частей. При вращении ротора от валоповоротного устройства снимаются показания индикатора последовательно в каждой точке. На линии разъема снимается по два показания на каждой половине щита. Аналогичные измерения выполняются и для поверхности щита, на которую крепится маслоуловитель.

Причинами торцового биения могут быть неперпендикулярность поверхности щита относительно оси вала и неправильность формы поверхности, вызванная смещением или изломом по линии разъема. Допустимая величина неперпендикулярности определяется требованиями к установке маслоуловителей и резиновых уплотняющих колец и для большинства турбогенераторов составляет 2,5 мм.

Неправильность формы поверхности влияет на плотность сопряжения корпуса и наружного щита и может быть допущена 0,3 мм. Устранение торцового биения выполняется проточкой торцовой поверхности наружного щита на станке или с помощью специального приспособ-

собрания (рис. 8) при вращении ротора от валоповоротного устройства.

Торцовое биение может быть устранено также обработкой поверхности шлифовальной машинкой с контролем качества обработки индикатором и контрольной линейкой.

После разборки выполняется анализ компоновки деталей уплотнения. С этой целью на листе миллиметровой

бумаги вычерчивается уплотнение в разрезе по горизонтальному разряду в масштабе 1:1. В плоскости чертежа желательно изобразить условно все выступающие части деталей уплотнения, не попавшие в разрез. По компоновочному чертежу проверяется осевое расположение корпуса и вкладыша уплотнений с учетом возможных относительных перемещений. При этом обращают внимание на компоновку уплотняющих колец, канала подачи масла и шпоночного узла. Необходимое изменение осевого расположения корпуса осуществляется за счет

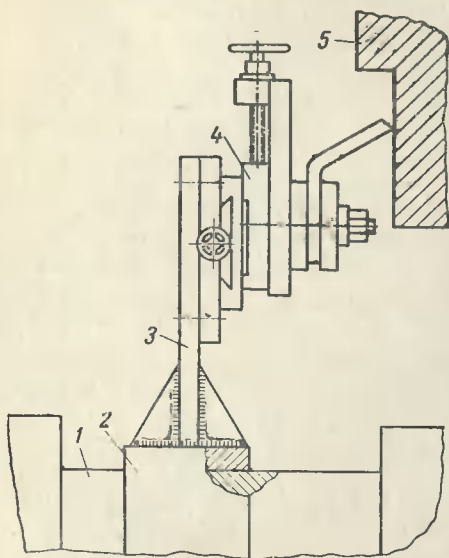


Рис. 8. Приспособление для проточки торцевой поверхности наружного щита.

1 — вал ротора; 2 — хомут; 3 — основание; 4 — суппорт; 5 — наружный щит.

подбора толщины прокладки между корпусом и наружным щитом или за счет проточки фланца корпуса уплотнения.

Осевое расположение маслоуловителя относительно канавок вала может быть изменено за счет подбора толщины прокладки или за счет проточки фланца маслоуловителя. Наряду с этим по компоновочному чертежу проверяется взаимное положение выступающих частей (планки разъемов, ребра жесткости) различных деталей относительно друг друга. Особое внимание уделяется расположению планок разъемов деталей устройства,

предназначенного для перекрытия зазора между корпусом уплотнения и корпусом опорного подшипника. При этом учитываются относительные перемещения, связанные с деформацией щитов.

После окончания разборки и анализа компоновки уточняется объем работ по отдельным деталям и узлам уплотнения.

7. ОБРАБОТКА УПОРНОГО ДИСКА

Необходимость обработки упорного диска может быть вызвана следующими причинами:

1. Износ рабочей поверхности диска.
2. Повреждение рабочей поверхности диска с появлением глубоких кольцевых рисок, задигов металла в результате попадания с маслом твердых частиц (грат, окалина, песок).
3. Повреждение рабочей поверхности диска с появлением глубоких задигов металла и местной закалки в результате подплавления баббитовой заливки вкладыша.
4. Конусность и биение рабочей поверхности диска, вызванные неправильной проточкой или неравномерной выработкой металла.

Технология ремонта упорного диска определяется в зависимости от состояния его рабочей поверхности. Состояние рабочей поверхности оценивается:

- 1) визуальным осмотром диска — обращается внимание на чистоту поверхности, на наличие рисок, забоин, задигов металла, цветов побежалости, трещин. Трещины выявляются методом цветной пробы;
- 2) определением степени выработки с помощью лекальной линейки и набора щупов из стальной проволоки диаметром от 0,3 мм до 1 мм;
- 3) измерением конусности рабочей поверхности диска с помощью лекальной линейки и пластинчатого щупа (рис. 9);
- 4) измерением биения рабочей поверхности диска с помощью двух индикаторов, установленных в диаметрально противоположных точках (рис. 10).

Проверка биения производится дважды: по поверхности, расположенной на расстоянии 5—10 мм от наружного диаметра диска, и по поверхности, соответствующей водородному пояску вкладыша. Округлость диска разбивается на восемь равных частей. Индикаторы уста-

навливаются на отметки 1 и 5. Показания индикаторов приводятся к нулевому значению. Затем при медленном вращении ротора производится отсчет показаний индикаторов последовательно на всех отметках. Результаты

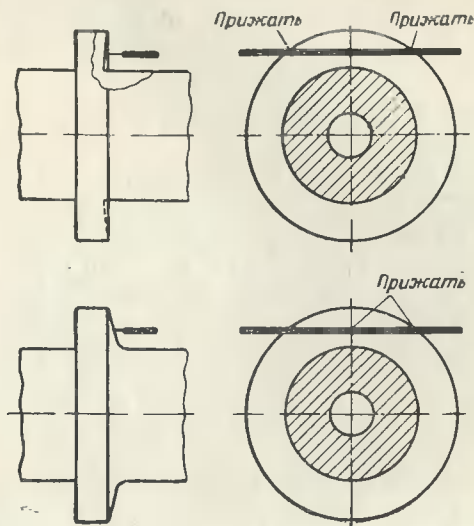


Рис. 9. Измерение конусности упорных дисков.

записываются в таблицу. После проворота ротора на 360° разность показаний индикаторов должна быть равна нулю, что свидетельствует о правильности измерений. Абсолютная величина показаний индикаторов может при этом измениться за счет осевого смещения ротора.

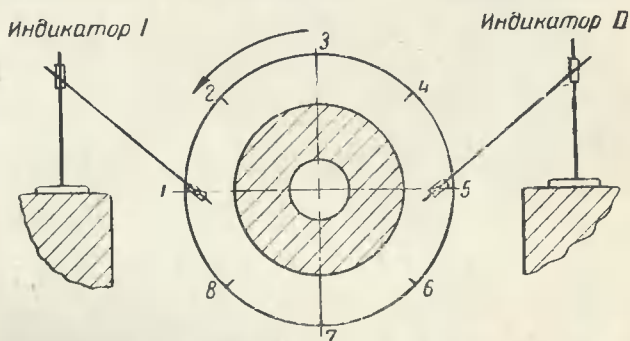


Рис. 10. Измерение торцового биения упорного диска.

Истинная величина биения поверхности упорного диска вычисляется в каждой точке как алгебраическая полуразность показаний обоих индикаторов: первого — в точке, для которой по таблице определяется биение, и второго, измеряющего смещение в диаметрально противоположной точке. Допустимая величина биения 0,02 мм. Пример записи показаний индикаторов и вычисления биения приведен в табл. 5.

Таблица 5

Места от- счетов индикаторов		Показания индикаторов		Алгебраи- ческая разность показаний	Биение диска
I	II	I	II		
1	5	0	0	0	0
2	6	+3	—3	6	3
3	7	+6	—6	12	6
4	8	+10	—10	20	10
5	1	+16	—16	32	16
6	2	+33	+13	20	10
7	3	+19	+7	12	6
8	4	+16	+10	6	3
1	5	+13	+13	0	0

При оценке состояния рабочей поверхности диска могут быть самые различные сочетания дефектов. Рассмотрим основные из возможных случаев, когда требуется ремонт диска.

На рабочей поверхности имеются незначительные кольцевые риски глубиной до 0,2 мм, конусность и биение отсутствуют. В этом случае достаточно произвести притирку диска при вращении ротора валоповоротным устройством. Притирка производится чугунным притиром (рис. 11) с применением шлифпорошков № 180—280 с турбинным маслом. Во время вращения ротора притир необходимо постоянно перемещать в тангенциальном направлении на угол 30—40°. Притирку можно производить и без вращения ротора. В этом случае во избежание появления биения диска притир по мере обработки равномерно перемещается по окружности диска. Периодически необходимо снимать притир и промывать в керосине. При длительной обработке без смены шлифпорошка последний смещается на периферию притира и возможен «завал» наружной кромки диска. В процессе

притирки поверхность диска периодически проверяется контрольной скобой, а притир — по контрольной плите. Целесообразно иметь два притира, что значительно сокращает время на обработку диска. Обработка шлифпорошком производится до полного удаления рисок и до получения ровной и чистой поверхности диска, после чего диск промывается бензином и полируется пастой

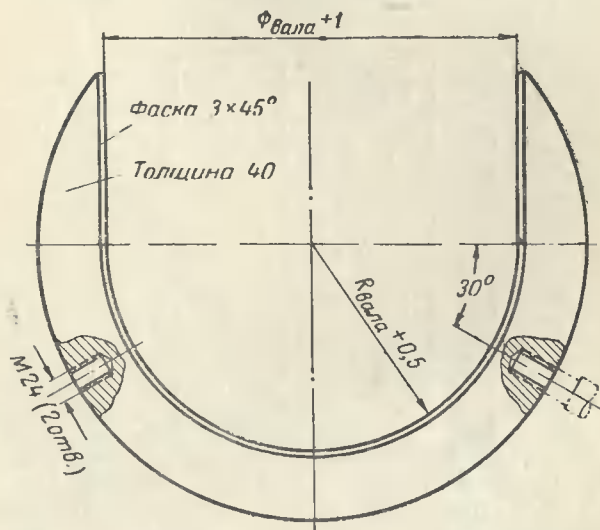


Рис. 11. Притир (контрольная скоба).

ГОИ, разведенной керосином. Полировка производится до получения 8-го класса чистоты поверхности диска. По окончании полировки поверхность диска необходимо промыть бензином, проверить контрольной скобой и смазать маслом.

Поверхность диска имеет равномерную выработку до 0,5 мм; биение не превышает 0,02 мм; кольцевая поверхность, соответствующая маслораздающей канавке на вкладыше, отчетливо выделяется на поверхности диска на величину выработки. В этом случае диск рекомендуется шабрить по контрольной скобе на краску. Контрольная скоба предварительно шабруется по контрольной плите 1-го класса точности до получения не менее 15 точек на площади 25×25 мм². В процессе шабрения диска

контрольную скобу следует периодически проверять во избежание ошибок из-за ее деформации. При шабрении упорных дисков хорошо зарекомендовали себя шаберы, изготовленные из изношенных дисковых фрез толщиной 3—4 мм (сталь Р-18). Шабрение ведется до получения не менее 20 точек на площади 25×25 мм². Шабрением также удастся устранить конусность рабочей поверхности диска величиной до 0,3 мм при условии, что биение не превышает допустимой величины.

На рабочей поверхности диска имеются глубокие кольцевые риски (величиной более 0,5 мм), задиры металла или трещины. Биение превышает величину 0,02 мм. В этом случае требуется проточка упорного диска. Проточка производится резцом с помощью переносного суппорта, установленного на наклонной площадке. Наклонная площадка приваривается к основанию, которое с помощью болтов крепится к нижней половине разъема наружного щита, стула опорного подшипника или корпуса уплотнения. Конструкция основания разрабатывается для каждого типа генератора, но во всех случаях должна обеспечиваться жесткость крепления суппорта, исключая вибрацию резца. Суппорт устанавливается так, чтобы движение резца было направлено по радиусу диска. Перемещение резца должно происходить в плоскости, строго перпендикулярной оси ротора, что достигается путем выверки суппорта по индикатору, установленному в резцедержателе с учетом имеющейся конусности. После первого прохода резца проверяется конусность рабочей поверхности диска и при необходимости вносится поправка в установку суппорта на величину конусности. Необходимо добиться максимально возможной точности в установке суппорта (конусность не более 0,02 мм). Это сокращает работы по дальнейшей обработке диска и по подгонке вкладыша. Вращение ротора во время проточки осуществляется от турбины или специального привода со скоростью 70—150 об/мин.

Вращение ротора может быть осуществлено и от возбудителя*. Для работы возбудителя собирается схема с независимым возбуждением. В качестве генератора используется резервный возбудитель. Регулирование оборотов производится шунтовым реостатом. Для умень-

* Опыт предприятия Мосэнергоремонт.

шения пускового момента ротор разворачивается с помощью мостового крана. При вращении ротора без турбины необходимо установить специальные упоры, исключающие перемещение ротора в осевом направлении. Вращение ротора иногда осуществляют от валоповоротного устройства турбины. При этом качество проточки значительно ухудшается. Для проточки упорных дисков применяются резцы с твердосплавными напайками марок Т5К10, Т14К8, Т15К6 при вращении ротора турбиной и ВК8 при вращении валоповоротным устройством. Чистота поверхности диска после проточки должна быть не ниже 6-го класса. После проточки рабочей поверхности диска необходимо восстановить поднутрение. Форма и размеры поднутрения для некоторых типов генераторов даны на рис. 12.

Окончательная доводка рабочей поверхности производится притиркой шлифпорошком и пастой ГОИ до получения 8-го класса чистоты и до полного устранения конусности, полученной после проточки. Последнее обстоятельство, как правило, исключает необходимость подгонки вкладыша по диску.

При повреждениях упорного диска, связанных с выплавлением баббита вкладыша, не редки случаи, когда происходит местная закалка рабочей поверхности диска, исключающая производство качественной проточки резцом. В этом случае необходимо прошлифовать диск абразивным кругом. В качестве привода используются пневматические шлифмашинки типов ШР-0,6, ПШМ-0,8 и другие. Рабочая скорость круга должны быть в пределах 28—35 м/сек. Шлифмашинка закрепляется на суппорте вместо резцедержателя (рис. 13). Выверка суппорта и обработка диска производится аналогично проточке. Шлифовку рекомендуется производить кругами из электрокорунда на керамической связке зернистостью 46, твердостью МЗ (ГОСТ 2424-60). Ротор генератора во время шлифовки необходимо вращать с помощью валоповоротного устройства. При этом направление вращения шлифовального круга должно быть противоположным направлению вращения диска.

В связи с обработкой упорного диска следует иметь в виду, что уменьшение толщины диска меньше определенной величины может привести к нарушению нормальной работы вкладыша на масляной пленке из-за появления прогиба диска.

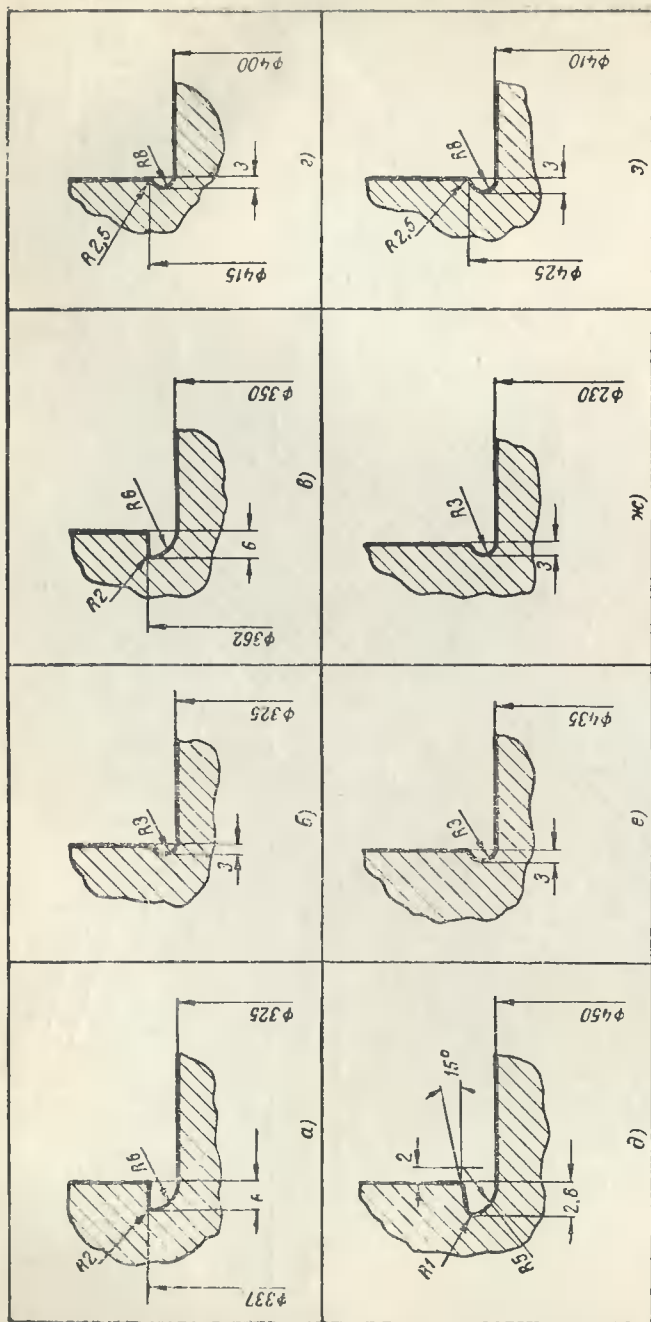


Рис. 12. Поднутрение упорных дисков роторов генераторов.

а — ТВΦ-60-2; ТВΦ-100-2; б — ТВ-50-2; в — ТВ-60-2; г — ТВ-100-2; д — ТВ-100-2; е — ТВ-100-2; ж — ТВ-100-2; з — ТВ-150-2. Обработка $\nabla 6$ кругом.

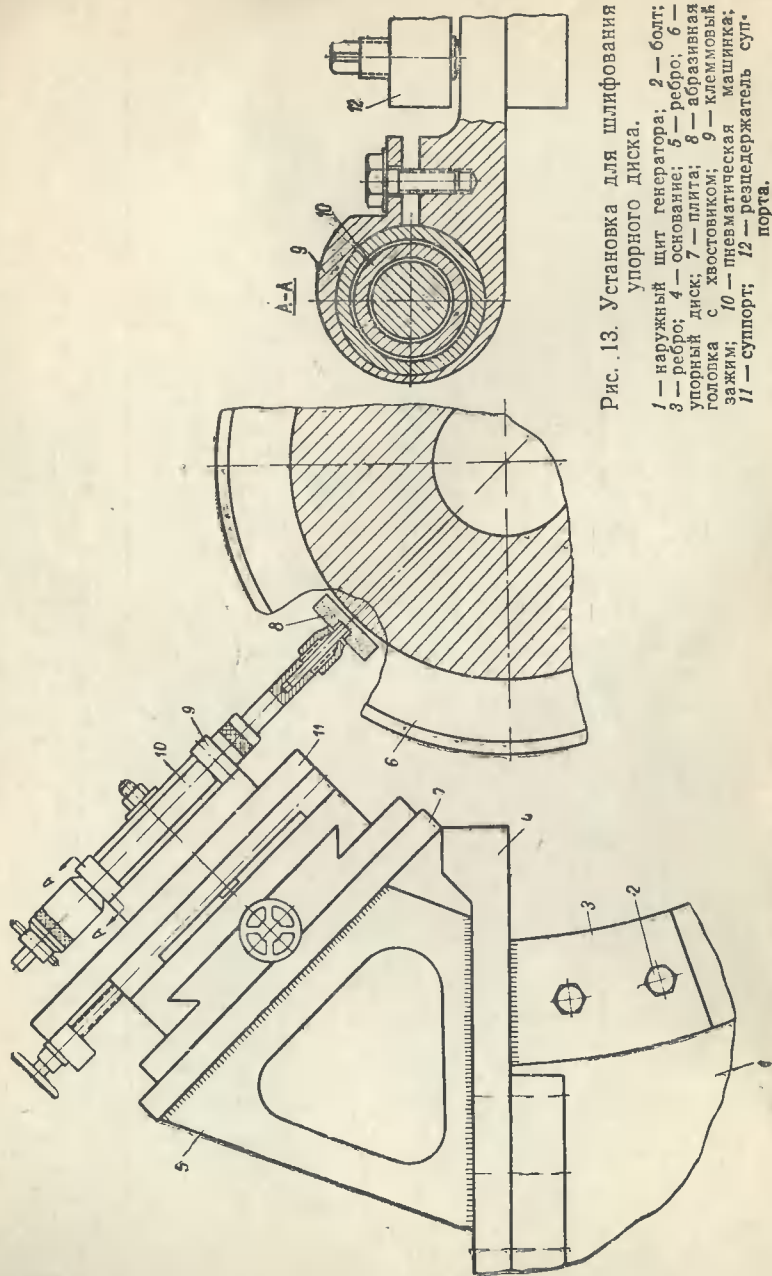


Рис. 13. Установка для шлифования
упорного диска.

- 1 — наружный щит генератора; 2 — болт;
3 — ребро; 4 — основание; 5 — ребро; 6 —
упорный диск; 7 — плита; 8 — абразивная
головка с хвостовиком; 9 — клеммовый
зажим; 10 — пневматическая машинка;
11 — суппорт; 12 — резецдержатель суп-
порта.

Минимальная толщина упорного диска при этих условиях может быть оценена по выражению

$$b_{\text{мин}} = \sqrt[3]{\frac{\beta p_{\text{макс}} r_1^4}{E \omega}},$$

где $p_{\text{макс}}$ — максимальное давление на рабочей поверхности диска кг/см^2 ;

$E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$ — модуль упругости материала диска;

r_1, r_0 — наружный и внутренний радиусы диска, см ;

$\omega = 0,002 \text{ см}$ — максимально допустимый прогиб диска;

β — коэффициент, зависящий от отношения наружного радиуса диска к внутреннему.

Для $r_1/r_0 = 1,25$ $\beta = 0,00231$ и уменьшается до нуля при $r_1/r_0 = 1$ по закону, близкому в этой области к линейному.

В табл. 6 приведены минимально допустимые толщины упорных дисков некоторых генераторов.

Таблица 6

Тип турбогенератора	Минимально допустимая толщина упорного диска, мм	Тип турбогенератора	Минимально допустимая толщина упорного диска, мм
ТГВ-25	10	ТВФ-60-2	11
ТВ2-30-2	10	ТВФ-100-2	12
ТВС-30	10	ТВВ-165-2	13
ТВ-50-2	11	ТГВ-200	15
ТВ-60-2	11	ТГВ-300	15
ТВ2-100-2	14	ТВВ-320-2	15

8. УПЛОТНЯЮЩИЕ КОЛЬЦА

На современных турбогенераторах применяется два вида уплотняющих колец: металлические (чугунные или стальные) и резиновые.

Для обеспечения необходимой плотности перекрытия зазора и подвижности вкладыша металлические кольца требуют тщательной подгонки. Подгонка колец производится как по ширине канавки, так и по внутренней расточке корпуса. Боковые плоскости колец шлифуются с чистотой поверхности не ниже 7-го класса и с отклонением по толщине от номинального размера — $0,02 \text{ мм}$.

Пара колец подбирается так, чтобы суммарная толщина была меньше ширины канавки на 0,05—0,07 мм. Это условие обеспечивает необходимую подвижность колец в канавке при достаточной плотности перекрытия зазора. Канавки на вкладыше должны иметь ширину с отклонением от номинального размера $+0,02$ мм и чистоту обработки боковых поверхностей не ниже 6-го класса. При необходимости подгонки канавок обработка производится путем шабрения с контролем ширины канавки мерными плитками или специально изготовленным калибром. Подогнанные по канавке кольца маркируются биркой, на которой указывается сторона генератора и условный номер канавки.

Подгонка колец по корпусу производится для обеспечения максимальной плотности прилегания колец. С этой целью торцовые поверхности кольца в месте стыка припиливаются так, чтобы при установке кольца в расточку корпуса было плотное прилегание кольца к корпусу и кольцо перемещалось в корпусе от руки с легким затиранием. При этом допускается наличие зазоров между кольцами и корпусом величиной не более 0,05 мм на 2—3 участках длиной до 60 мм. В случае слабой посадки кольца в корпусе один из его концов наплавляется латуной.

Большая трудоемкость в подгонке колец, недостаточно плотное перекрытие зазора, возможность поломки кольца при сборке уплотнения и появление выработки на внутренней поверхности корпуса — все эти недостатки свойственны металлическим уплотняющим кольцам. Их можно избежать применением в качестве материала уплотняющих колец шприцованного шнура из резины на основе полисилоксанового каучука марок 14р-2 5р-129, 14р-6 и 14р-15 по ТУ № 1014-59, физико-механические свойства которых приведены в табл. 7. Наиболее предпочтительными для применения в качестве уплотняющих колец являются резины марок 5р-129 и 14р-2.

Изделия из резины на основе полисилоксанового каучука надежно работают в среде масла и водорода в широком диапазоне температур при деформациях, не превышающих 10%.

При установке резиновых колец необходимо соблюдать следующие требования:

а) односторонний зазор между корпусом и вкладышем в месте установки колец должен быть 0,4—0,5 мм

Таблица 7

Наименование свойства	Марка резины		
	14p-2	5p-129	14p-6, 14p-15
Сопротивление разрыву, $\kappa\Gamma/\text{см}^2$	22(22) *	25 (25) *	25 (25) *
Относительное удлинение, %	170 (100) *	170 (100) *	200 (160) *
Температура хрупкости, °C	—62	—65	—65
Твердость по ТШМ-2, $\kappa\Gamma/\text{см}^2$	4,5—9	4,5—10,5	Не более 8
Набухание в масле МК-3 в течение 24 ч при температуре 150° C не должно превышать, %	—	40	

* В скобках указаны величины свойств после старения в течение 200 ч при температуре 25° C для резин 14p-2 и 5p-129 и температуре 200° C для резины 14p-6, 14p-15.

для резины диаметром 6 мм; 0,6—0,7 мм для резины диаметром 8 мм и 0,8—0,9 мм для резины диаметром 10 мм;

б) размеры канавки и диаметр резины должны быть подобраны так, чтобы ширина канавки была на 20% больше диаметра резины, а радиальное сжатие кольца по всему периметру составляло 5% диаметра резины.

Уплотняющий эффект с резиновыми кольцами создается главным образом за счет давления масла, а не за счет предварительного сжатия резины. В ЦКБЭнерго имеется положительный опыт эксплуатации уплотнений при значительно меньшей степени сжатия резины. Поэтому не следует стремиться к увеличению сжатия резины, так как это, не повышая уплотняющего эффекта, вызывает остаточные деформации резины и отрицательно сказывается на подвижности вкладыша. Так, в практике известны случаи, когда чрезмерное сжатие являлось причиной появления водорода в картерах опорных подшипников. Это объясняется тем, что упругое соединение вкладыша с корпусом через резиновые кольца не позволяет вкладышу полностью повторить колебания упорного диска, вызванные прогибом вала и торцовым биением диска, что при определенных условиях может привести к нарушению устойчивости масляной пленки и прорыву водорода в сливную систему.

Приведенная выше величина радиального сжатия резинового кольца является расчетной. В реальной кон-

струкции могут быть отклонения, вызванные некруглостью расточки корпуса, эксцентричным положением вкладыша в расточке корпуса и непараллельностью осей корпуса и вкладыша из-за неперпендикулярности наружного щита к оси вала.

Допустимые величины неперпендикулярности щита к оси вала (§ 6) и эллипсности расточки корпуса (§ 10) заданы из условия, что во всех случаях максимальное сжатие любого из колец на отдельных его участках не превышает 10% диаметра резины, а минимальное 1%.

Отклонение степени сжатия резины от расчетной величины в результате эллипсности расточки корпуса равно половине величины эллипсности. При этом имеется в виду, что расчетная величина сжатия резины определена исходя из среднего диаметра расточки корпуса. Отклонение степени сжатия резины в результате эксцентричного расположения вкладыша в корпусе равно величине эксцентриситета. Отклонение степени сжатия резины, вызванное неперпендикулярностью наружного щита относительно оси вала, может быть определено по формуле

$$\Delta \varepsilon = k \frac{l_0}{D_k},$$

где k — величина неперпендикулярности поверхности наружного щита в месте крепления корпуса уплотнения;

l_0 — расстояние от середины опорной поверхности вкладыша до центра сечения кольца;

D_k — диаметр фланца корпуса.

Кроме того, существуют определенные отклонения в размерах сечения шнура, используемого для колец. Так, по техническим условиям № УТ 1014-59 при диаметре шнура 6—10 мм допускаются отклонения диаметра от +1 до —0,5 мм. Поэтому следует проверять диаметр шнура по длине через 60—100 мм; при отклонениях свыше 0,2 мм шнур бракуется.

При оценке допустимости отклонений степени сжатия, вызванных одновременно несколькими причинами, необходимо учитывать их относительное расположение по периметру кольца.

Замена металлических колец на резиновые, как правило, связана с некоторыми изменениями конструкции вкладыша.

Если зазор между корпусом и вкладышем в зоне установки колец находится в указанных выше пределах, достаточно привести в норму ширину и глубину канавки путем ее проточки (если размеры канавки не достаточны) или на дне канавки установить соответствующей толщины прокладку из листовой стали. Крепление прокладки выполняется винтами М3 или М4, как показано на рис. 14, а.

Толщина прокладки выбирается на 1—1,5 мм больше расчетной, затем после крепления прокладки производится ее проточка. Если зазор между корпусом и вкладышем превышает указанные величины, то устанавливаются специальные заполнители, форма которых и способ крепления показаны на рис. 14, б. Кромки канавок должны быть притуплены по радиусу 0,5 мм, так как синтетическая резина весьма чувствительна к надразам.

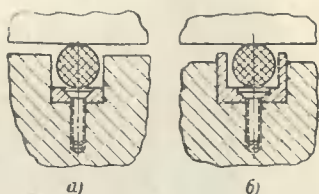


Рис. 14. Установка заполнителей для резиновых уплотняющих колец.

С целью обеспечения равномерного сжатия резины по всей окружности необходимо во время ремонта вкладыша обеспечить concentricity поверхности дна канавки относительно расточки корпуса. Это достигается путем установки под опорные колодки нижней половины вкладыша металлических прокладок. Если опорные колодки отсутствуют и по какой-либо причине не устанавливаются в период ремонта уплотнений, то равномерное сжатие резиновых колец может быть обеспечено путем эксцентричной проточки дна канавок относительно опорной поверхности вкладыша. Вкладыш при этом смещается в патроне станка в сторону его нижней половины на величину, равную половине диаметального зазора между вкладышем и корпусом.

9. РЕМОНТ ВКЛАДЫШЕЙ

Технология ремонта вкладышей намечается после тщательного осмотра всех его элементов с учетом ненормальностей в работе уплотнений, выявленных в процессе эксплуатации генератора. Основными элементами вкладыша, состояние которых влияет на работу уплот-

нений, являются баббитовая заливка, поверхности разъемов и призонные болты, опорная поверхность.

Порядок технологических операций при ремонте вкладыша зависит от состояния его отдельных элементов. Поэтому рассмотрим методы оценки состояния и способы устранения дефектов каждого элемента вкладыша в отдельности.

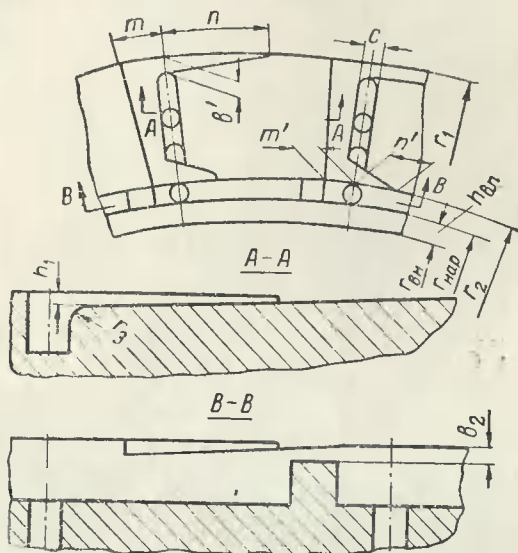


Рис. 15. Форма разделки рабочей поверхности вкладыша.

Баббитовая заливка. Баббитовая заливка должна иметь прочное сцепление с корпусом вкладыша. Отставание баббита легко обнаружить по появлению масла на границе баббита и стали при нажатии на рабочую поверхность. Плотность сцепления может быть также определена простукиванием или керосиновой пробой. Форма разделки рабочей поверхности баббита должна соответствовать чертежу для данного типа генератора (рис. 15 и табл. 8).

Баббитовая заливка должна иметь чистую блестящую рабочую поверхность без посторонних включений и следов структурных изменений поверхностного слоя в результате чрезмерного нагрева. Признаками таких изменений являются темные и матовые пятна, местные

Таблица 8

Конструкция уплотнения	r_1 , мм	r_2 , мм	$r_{нар'}$, мм	$r_{ян'}$, мм	$k_{в.д'}$, мм	m , мм	n , мм	m' , мм	n' , мм	b' , мм	c , мм	k_1 , мм	r_3 , мм	b_2 , мм	z , шт.
ТВБ-25 ЦКБэнерго	185 188	169 174	161 166	152,5 159	8,5 7	7	14	5	—	4	4	0,15	3	1,5	32
ТВБ-30-2 ЦКБэнерго	185	164	156	147,5	8,5	7	14	5	—	4	4	0,15	3	1,5	32
ТВБ-30 ЦКБэнерго	185 188	169 174	161 166	152,5 159	8,5 7	7	14	5	—	4	4	0,15	3	1,5	32
ТВБ-50-2 ЦКБэнерго	200	178,5	171,5	165	6,5	7	14	6	—	4	6	0,15	3	1,5	32
ТВБ-60-2 ЦКБэнерго	210	186,5	178,5	170	8,5	7	14	5,5	—	4	5	0,2	3	1,5	36
ТВБ-100-2 ЦКБэнерго, 1 $\kappa\Gamma/см^2$	250	231,5	223,5	216	7,5	8	18	6,5	—	4	6	0,25	3	1,5	36
ТВБ-100-2 ЦКБэнерго, 2 $\kappa\Gamma/см^2$	247,5	225	217	205	12	9	18	7	—	4	6	0,25	3	1,5	36
ТВБ-60 „Электросила“	210	184	176	167,5	8,5	—	24	—	—	4	5	0,8	3	1,5	36
ТВБ-165-2 „Электросила“	225	195,5	187,5	180	7,5	—	53	—	—	3	4	0,3	2	1,5	18
ТВБ-200 „Электротяжмаш“	267,5	233	229	225	4	9	25	4,5	8	3,5	5	0,2	2,5	1,5	40
ТВБ-300 „Электротяжмаш“	263,5	238,5	234,5	230	4,5	9	26	4,5	—	3,5	5	0,2	2,5	1,5	40
ТВБ-320-2 „Электросила“	275	245,5	237,5	230	7,5	19	25	13	—	6	8	0,25	2	1,5	32

Примечание. z — число несущих площадок.

подплавления баббита, повышенная твердость и хрупкость поверхностного слоя. Последнее легко обнаруживается при обработке поверхности баббита шабером.

При отсутствии каких-либо дефектов баббитовой заливки и при отсутствии необходимости в обработке упорного диска ротора ремонт ограничивается слесарной обработкой рабочей поверхности с целью устранения отклонений в форме разделки, вызванных износом баббита. Такая обработка производится с помощью шабера и сводится в основном к восстановлению наклонных участков несущей поверхности. Замер осевых размеров на несущей поверхности производится пластинчатым щупом с помощью лекальной линейки.

При наличии структурных изменений поверхностного слоя баббита, местных подплавлений, а также в случаях обработки упорного диска производится проточка рабочей поверхности вкладыша со снятием слоя металла толщиной 0,5—1 мм с последующей слесарной обработкой. Рабочая поверхность предварительно шабрится по контрольной плите до получения достаточно равномерного распределения точек касания по всей поверхности. Затем производится разделка рабочей поверхности в соответствии с чертежом. Для получения точной и одинаковой формы разделки на всех участках производится разметка рабочей поверхности по шаблону. Разделка производится шабером; обрабатываемые поверхности контролируются лекальной линейкой и пластинчатым щупом. При разделке рабочей поверхности необходимо строго соблюдать все требования чертежа. После этого производится окончательное шабрение поверхности по контрольной плите.

В процессе шабрения необходимо обеспечить чистоту поверхности не ниже 7-го класса и точность не менее 12 точек на площади $25 \times 25 \text{ мм}^2$. Конструкция вкладыша некоторых типов генераторов не позволяет производить шабрение непосредственно по контрольной плите. В этом случае изготавливается специальная кольцевая плита из стали толщиной 35—40 мм, которая предварительно шабрится по контрольной плите с точностью не менее 20 точек на площади $25 \times 25 \text{ мм}^2$.

В случаях, когда имеют место отставание баббитовой заливки, большая пористость и выкрашивание или частичное выплавление баббита на рабочей поверхности, производится перезаливка вкладыша. Если указанные

дефекты носят местный характер, то они могут быть устранены наплавкой баббита с помощью газовой горелки.

При перезаливке баббит выплавляется газовой горелкой или путем нагрева вкладыша в печи до температуры 270—280° С. Вкладыш тщательно очищается от грязи металлической щеткой и протирается чистой салфеткой, смоченной в бензине.

Прочность сцепления баббита с корпусом вкладыша зависит в основном от качества подготовки поверхности. Поверхность под заливку должна быть совершенно чистой и не иметь следов окисления и масла. С этой целью поверхность подвергается специальной обработке. Окисления удаляются травлением в 10—15%-ном растворе серной или соляной кислоты в течение 10 мин с последующей промывкой в горячей воде. Обезжиривание поверхности производится погружением вкладыша на 10—15 мин в 10%-ный раствор едкого натра или кальцинированной соды с температурой 80—90° С. Затем вкладыш промывается горячей чистой водой. Лужение поверхности, подлежащей заливке, производится баббитом Б-83 или припоем ПОС-40.

Поверхность под заливку покрывается слоем флюса, представляющего собой насыщенный раствор металлического цинка в концентрированной соляной кислоте (раствор хлористого цинка). Плохая смачиваемость поверхности свидетельствует о недостаточном обезжиривании. Вкладыш нагревается до температуры 350—375° С. Поверхность под заливку вновь покрывается флюсом, натирается палочкой баббита Б-83 (или припоя ПОС-40), посыпается нашатырем и протирается чистой салфеткой до получения ровной блестящей поверхности. Для предохранения полуды от окисления рекомендуется луженую поверхность смочить водным раствором нашатыря. Желтоватый цвет поверхности указывает на окисление полуды. В этом случае вкладыш следует перелудить. Остывший после лужения вкладыш необходимо подготовить к заливке баббитом. В отверстия для подвода масла к рабочей поверхности устанавливают стальные пробки. Пробки должны иметь небольшой конус, что позволяет плотно установить их в отверстия и облегчает удаление после заливки. Применение таких пробок обеспечивает точное совпадение отверстий в баббите с маслоподводящими отверстиями

в корпусе вкладыша. Внутренний масляный канал заполняется сухим асбестовым порошком. Зона заливки ограничивается стальными кольцами, размеры и способ крепления которых определяются конструкцией вкладыша.

В разъеме вкладыша устанавливаются прокладки из листовой стали толщиной 1—1,5 мм. Все неплотности промываются огнеупорной замазкой. Подготовленный таким образом вкладыш перед заливкой баббита необходимо просушить до полного удаления влаги, после чего можно приступить к расплавлению баббита.

Расплавление баббита лучше всего производить в глубоком тигле. Тигель предварительно нагревается до температуры 400—450° С, затем производится загрузка баббита кусками весом 1—2 кг. После расплавления баббита его поверхность следует покрыть слоем измельченного и просеянного древесного угля. Затем температура баббита доводится до 400—420° С. Нагрев баббита свыше 430° С недопустим, так как это вызывает интенсивное окисление и выгорание сурьмы. По этим же соображениям не следует долго держать баббит в расплавленном состоянии. Перегретый баббит после остывания приобретает крупнозернистую структуру, что ухудшает его механические свойства.

Вкладыш перед заливкой подогревают до 300° С и располагают в непосредственной близости от тигля. Заливка баббита производится непрерывной короткой струей. Скорость заливки к концу операции уменьшается для восполнения усадки. Для облегчения выхода на поверхность пузырьков газа и различных включений залитый баббит перемешивается стальным нагретым прутом, а затем некоторое время подогревается с поверхности. После затвердевания поверхность баббита должна иметь однородный цвет иногда с местным золотистым оттенком. Плотность сцепления баббита с корпусом вкладыша проверяется простукиванием, при этом дребезжащий и глухой звук свидетельствует о недостаточной плотности сцепления. Кроме того, после проточки баббитовой заливки плотность сцепления проверяется керосиновой пробой. С этой целью вкладыш погружается в ванну с керосином на 3—5 ч, затем насухо протирается чистой ветошью. Место стыка баббита со сталью патируется мелом, вкладыш кладется на ровную поверхность вниз баббитовой заливкой и прижимается

грузом 40—50 кг. В местах неплотного сцепления на меловой поверхности выступают следы керосина.

Завод «Уралэлектротяжмаш» успешно применяет способ наплавки баббита на стальные детали с помощью газовой горелки. В качестве горючего газа используется пропан-бутан. Поверхность вкладыша, подлежащая наплавке, лудится баббитом Б-83 по описанной выше технологии. Вкладыш помещается в ванну с проточной водой, так чтобы уровень воды был ниже наплавленной поверхности на 5—10 мм.

Для наплавки применяются прутки из баббита Б-83, имеющие катет 15—20 мм и длину 400—500 мм. Наплавка производится горелкой типа ГС-53 или СУ-48 № 4 или 5. Пламя горелки при наплавке должно быть восстановительное, т. е. с небольшим избытком горючего газа. Вкладыш подогревается горелкой до температуры 50—60° С, после чего начинается наплавка баббита.

При наплавке необходимо следить за качеством сцепления наплавленного баббита с луженой поверхностью. Признаком качественного сцепления является хорошее смачивание наплавленным слоем луженой поверхности. Нагрев вкладыша в процессе наплавки не должен превышать 100° С. В случае перегрева необходимо увеличить расход воды или на некоторое время прекратить наплавку. Перегрев вкладыша сопровождается большой жидкотекучестью баббита по наплавленной поверхности, появлением усадочных впадин в период кристаллизации и шероховатой поверхности. Наплавку можно производить в несколько слоев до требуемой толщины. Перед наплавкой каждого последующего слоя поверхность зачищается металлической щеткой до блеска.

Непосредственно после наплавки производится термообработка вкладыша в печи при температуре 180—200° С с последующим охлаждением в печи в течение 15—17 ч. В случае обнаружения отслоений баббита, рыхлости, сквозных пор дефектные участки удаляются местной вырубкой; поверхность лудится и вновь подвергается наплавке.

Поверхности разъемов и призонные болты. Состояние поверхностей разъемов проверяется на краску и щупом 0,03 мм при удаленных болтах, стягивающих разъем. Щуп не должен заходить на глубину более 2 мм. При

проверке на краску не должно быть участков, имеющих менее 15 точек на площади 25×25 мм².

В случае неудовлетворительного состояния поверхностей разъемов необходимо произвести шабрение по контрольной плите с последующей проверкой половин вкладыша друг по другу. Иногда из-за несовпадения поверхностей разъемов шабрение по контрольной плите требует снятия большого слоя металла. В этом случае необходимо выбрать наилучшую по состоянию поверхности разъема половину вкладыша и по ней пришабрить вторую половину.

Призонные болты должны плотно входить в отверстие от ударов молотка средней силы. При этом не должно происходить смещения половин вкладыша и раскрытия разъемов. Отверстия и призонные болты должны иметь равномерные натиры по всей поверхности без задиров металла. Двух-, трехкратная разборка и сборка разъемов не должна приводить к изменению относительного положения половин вкладыша. При обнаружении дефектов в сопряжении необходимо поправить отверстия разверткой при плотно стянутых разъемах и изготовить новые призонные болты по ГОСТ 7817-62 из стали 45. Эту операцию необходимо производить только после окончательной подгонки поверхностей разъемов.

Опорная поверхность. Вкладыш располагается в расточке корпуса с определенным зазором по опорной поверхности. Для обеспечения свободы колебательных движений опорная поверхность вкладыша выполняется по сферической форме.

Диаметральный зазор между корпусом и опорной поверхностью вкладыша определяется в основном раз-

Таблица 9

Марка материала	Модуль упругости, кг/см ²	Твердость по Бринеллю, НВ	Коэффициент трения по стали	
			со смазкой	без смазки
БРОФ 10-1	10 300	90—120	0,008	0,1
БРОЦ 10-2	10 000	75—90	0,007	0,18
БРОЦС 6-6-3	9 000	65—75	0,009	0,16
ЛО70-1	10 500	—	0,008	0,3

личным тепловым состоянием корпуса и вкладыша и задается для большинства турбогенераторов в пределах 0,5—0,7 мм.

При выборе величин зазора следует учитывать, что уменьшение зазора может привести к потере подвижности вкладыша, а увеличение зазора ведет к увеличению выработки и наклепа на контактных поверхностях вкладыша и корпуса.

Для снижения сил трения, возникающих в зоне контакта корпуса и вкладыша, на вкладыше устанавливаются опорные колодки из антифрикционного материала. Рекомендуемые материалы для колодок приведены в табл. 9.

Наибольшее распространение получила конструкция колодок, приведенная на рис. 16. Расположение колодок относительно оси вкладыша выбирается из следующих соображений. Пусть колодки расположены под

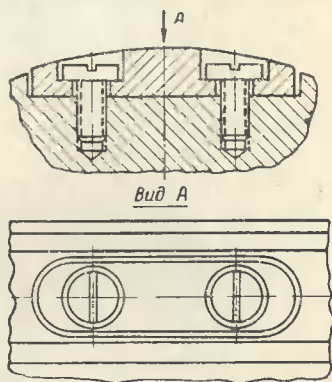


Рис. 16. Опорная колодка.

углом α относительно вертикальной оси (рис. 17, б).

Тогда сила трения в контакте колодки и корпуса составляет:

$$N = f \frac{P}{2 \cos \alpha},$$

где f — коэффициент трения;
 P — вес вкладыша.

Очевидно, что наименьшая сила трения возникает в том случае, когда опорная колодка расположена на вертикальной оси (угол α равен нулю). Если же опорные колодки приблизить к горизонтальной оси, то сила трения возрастает настолько, что может наступить заклинивание вкладыша.

Целесообразнее всего расположение опорных колодок по схеме, приведенной на рис. 17, а. Колодка, расположенная в нижней половине вкладыша, является опорной, а колодки вблизи разъемов и на верхней половине устанавливаются для центрирования вкладыша в расточке корпуса.

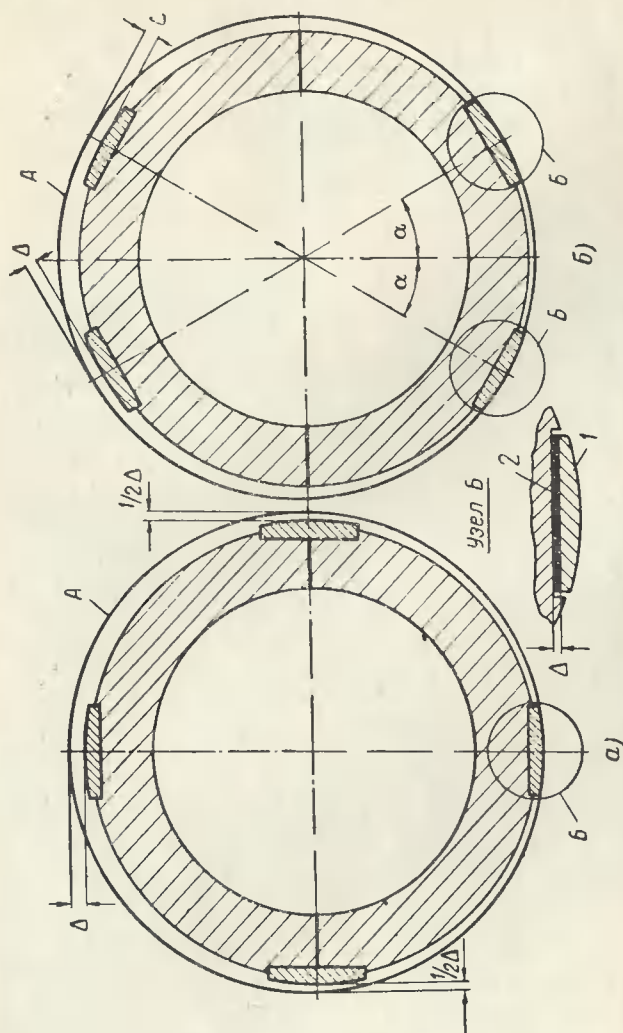


Рис. 17. Расположение опорных колодок на вкладыше.
 А — контур расточки корпуса; Δ — диаметральный зазор между корпусом и опорной поверхностью вкладыша.

Можно устанавливать колодки также и по схеме, приведенной на рис. 17,б. Угол α в этом случае следует выполнять небольшим — порядка 30° — во избежание недопустимого возрастания сил трения. Колодки на верхней половине вкладыша устанавливаются для центрирования вкладыша.

Обработка колодок производится следующим образом. Колодки, предварительно установленные на вкладыше, протачиваются по сферической форме. Диаметр сферы при проточке задается меньше диаметра расточки корпуса на удвоенную величину требуемого диаметрального зазора между корпусом и опорной поверхностью вкладыша. После проточки под опорную колодку 1 (рис. 17), расположенную на нижней половине вкладыша, устанавливается стальная прокладка 2 толщиной, равной величине диаметрального зазора. Установка прокладок производится для того, чтобы поверхность вкладыша в зоне установки уплотняющих колец была концентрична расточке корпуса.

Тепловой контроль. Для контроля температуры баббитовой поверхности вкладыша используются малогабаритные термометры сопротивления типа ТСМ-148 по ГОСТ 6651-59 Луцкого приборостроительного завода, имеющие диаметр 4 и длину 22 мм. Проводники термометров сопротивления должны иметь маслостойкую изоляцию и располагаться на вкладыше в специальной канавке так, чтобы было исключено их повреждение во время сборки уплотнений и в процессе эксплуатации генератора. Крепление осуществляется с помощью винтов и металлических скобок. После установки термометров измеряется величина сопротивления изоляции мегомметром 250 в, которая должна быть не менее 2 Мом. Учитывая необходимость надежного контроля температуры вкладыша, рекомендуется на каждую половину вкладыша устанавливать по два термометра сопротивления.

10. РЕМОНТ КОРПУСОВ

Проверка состояния корпусов производится после очистки от грязи, масла и ржавчины. Проверке подвергаются расточка, поверхности разъемов, призонные болты, уплотняющие канавки.

Расточка корпуса осматривается визуально для оценки чистоты обработки, выявления выработки и наклепа.

Чистота обработки должна быть не ниже 7-го класса, Затем производятся измерения диаметра расточки для предварительной оценки правильности форм окружности микрометрическим нутромером. Измерения производятся по вертикальному диаметру и по двум диаметрам вблизи разъема. Величина эллипсности для корпусов

Таблица 10

Диаметр резины, мм	Допустимая эллипсность расточки корпуса, мм
6	0,15 (0,30)
8	0,20 (0,40)
10	0,25 (0,50)

уплотнений с резиновыми кольцами не должна превышать 2,5% диаметра резины, если имеется неперпендикулярность торцевой поверхности наружного щита (табл. 10) и 5% диаметра резины, если неперпендикулярность отсутствует (размеры в скобках).

Плотность прилегания поверхностей разъема проверяется щупом 0,03 мм и на краску. С этой

целью нижняя половина корпуса устанавливается вертикально в машинных тисках или в специальном приспособлении (рис. 18). Верхняя половина с помощью крана осторожно опускается на поверхность разъема и при ослабленном тросе проверяется прилегание поверхностей разъема. Щуп 0,03 мм не должен проходить в разъем на глубину более 5 мм, а при проверке на краску должно быть не менее 10 точек на площади 25×25 мм².

Затем проверяются размеры и форма канавок под уплотняющую резину на разъеме нижней половины кор-

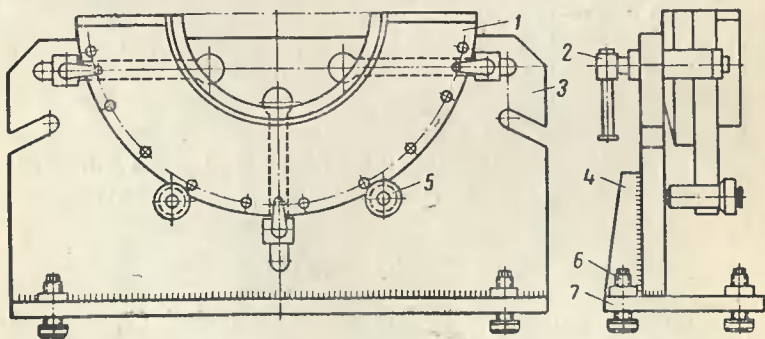


Рис. 18. Станок для установки деталей уплотнения при слесарной обработке.

1 — корпус уплотнения; 2 — струбина; 3 — стенка; 4 — ребро; 5 — ролик; 6 — установочный винт; 7 — основание.

пуса. Ширина канавки должна быть равна диаметру резинового шнура, а глубина — меньше диаметра на 1—1,3 мм (для шнура диаметром 8—10 мм).

Если размеры и форма канавок не отвечают указанным требованиям, необходимо произвести обработку канавок, подобрав предварительно резину соответствующего диаметра. По всему периметру канавки снимается фаска $1 \times 45^\circ$ во избежание закусывания резины при соединении разъема. Конфигурация канавки должна быть такой, чтобы перекрывалась резиной вся поверхность разъема. Это требование диктуется тем, что даже при самой тщательной подгонке разъемов их газоплотность во многом зависит от правильной установки резинового шнура.

В случае неудовлетворительного состояния разъемов необходимо пришабрить поверхности друг к другу. Шабрение поверхностей разъемов по поверочной плите нецелесообразно, так как это приводит к неоправданным дополнительным трудозатратам.

После подгонки разъемов проверяется плотность посадки призонных болтов в планках разъемов. Призонные болты должны плотно входить в отверстия от удара молотком, на поверхности болтов и отверстий должны быть равномерные натиры без задиоров металла. После установки призонных болтов не должны появляться раскрытия разъема и смещения половин корпуса относительно друг друга в радиальном направлении. В случае обнаружения каких-либо дефектов необходимо при затянутых болтах разъемов поправить разверткой отверстия под призонные болты до получения чистой поверхности и изготовить новые призонные болты по ГОСТ 7817-62 из стали 45. После приведения в надлежащее состояние разъемов корпусов еще раз определяется эллипсность расточки и проверяется плоскость фланца на станке. При неправильной форме, большой выработке (более 0,2 мм) или изломе плоскости фланца необходимо корпус проточить. При проточке корпус выставляется в станке по расточке и по поверхности фланца со стороны крепления к наружному щиту с точностью 0,05 мм.

Чистота обработки внутренней расточки должна быть не ниже 7-го класса.

Для обеспечения коррозионной стойкости поверхностей расточки корпусов уплотнений блочных турбогенераторов применяется твердое хромирование. Поверх-

ности расточки защищаются хромовым покрытием типа Х9 или Х12 по ГОСТ 9791-61.

На корпусах уплотнений турбогенераторов, у которых не наблюдается корродирование поверхностей, следует обрабатывать расточку корпуса раскатыванием шари-

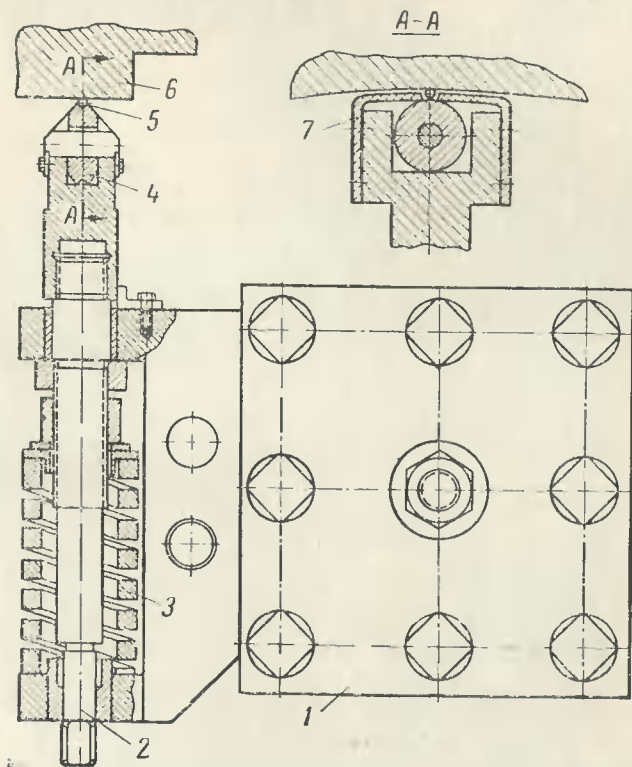


Рис. 19. Приспособление для раскатывания расточки корпуса уплотнения.

1 — резцедержатель суппорта станка; 2 — шток; 3 — тарированная пружина; 4 — опорный ролик; 5 — шарик; 6 — корпус уплотнения; 7 — щека для удержания шарика.

ком. Для этого применяется одношариковое пружинное приспособление (рис. 19) с шариком диаметром от 3 до 10 мм.

Качество обработки при раскатывании определяется давлением на шарик, скоростью раскатывания и типом смазочного материала.

Усилие раскатывания (давление на шарик) рассчитывается по формуле

$$P_p \approx 25d_{\text{ш}}^2,$$

где P_p — усилие раскатывания, кГ ;
 $d_{\text{ш}}$ — диаметр накатного шарика, мм .

Раскатывание осуществляют со скоростями до 200 м/мин .

Смазка оказывает большое влияние на стойкость шариков. Чаще всего для смазки при раскатывании применяют сульфорезол, индустриальное масло, трансформаторное масло или олеиновую кислоту.

Раскатывание, а также твердое хромирование позволяют получить поверхности с высоким классом чистоты и высокой микротвердостью, что увеличивает износостойкость поверхностей и повышает долговечность работы резиновых уплотняющих колец.

11. ШПОНОЧНЫЙ УЗЕЛ

Шпоночный узел предназначен для предотвращения проворачивания вкладыша в корпусе уплотнения.

В торцевых уплотнениях применяется два типа шпоночных узлов: с радиальным и с осевым расположением шпонки.

Шпоночный узел радиального типа (рис. 20) состоит из шпонки 1, расположенной на одной из цилиндрических поверхностей корпуса, и колодки 2, закрепленной на вкладыше двумя болтами 3.

Шпоночный узел осевого типа (рис. 21) состоит из шпонки 1, закрепленной на торце вкладыша двумя болтами 4 через прокладку 3, и втулки 2, установленной в отверстии корпуса.

Требования, предъявляемые к шпоночному узлу, вытекают из анализа движения вкладыша в расточке корпуса. При работе на вкладыш уплотнения постоянно действует момент вращения, определяемый силами трения на рабочей поверхности вкладыша. Из-за этого вкладыш смещается от своего первоначального положения до столкновений со шпонкой, которая подвергается удару. Вкладыш при этом из-за упругости шпонки движется в обратном направлении и затем под действием момента снова приближается к шпонке.

Ударное воздействие вкладыша вызывает наклепы на шпонке и стенках шпоночного паза и даже может вызвать разрушение шпонки.

Поэтому все детали шпоночного узла (шпонка, колодка, втулка) изготавливаются из стали 45, термически обработанной до твердости *HRC* 40—50. Термообработка

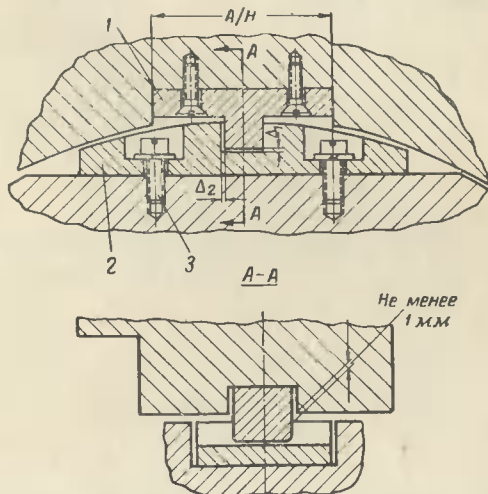


Рис. 20. Шпоночный узел радиального типа.

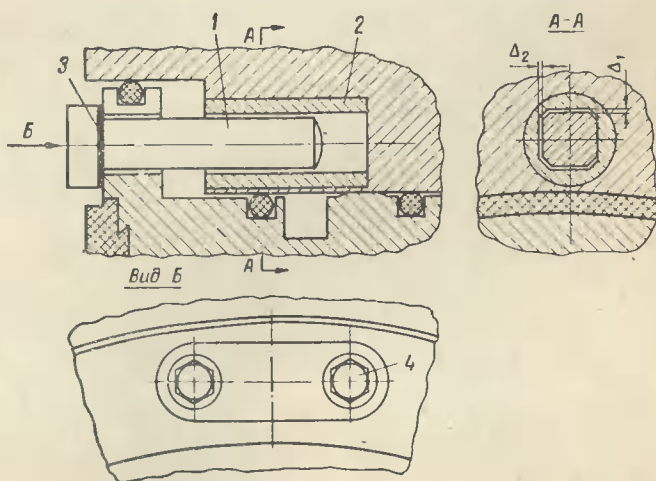


Рис. 21. Шпоночный узел осевого типа.

поверхностей шпоночного узла повышает работоспособность деталей. Химико-термические методы обработки поверхностей (цементация, азотирование) не следует применять, так как при ударных нагрузках появляется выкрашивание поверхностного слоя.

При установке шпонок выдерживаются зазоры Δ_1 не менее 1 мм, Δ_2 в пределах 0,7—1 мм.

Следует учитывать, что увеличение зазора Δ_2 может привести к увеличению амплитуды колебаний вкладыша и, как следствие, к увеличению силы удара.

При ремонте шпоночного узла проверяются также осевые зазоры и устраняются возможные дефекты в компоновке.

12. РЕМОНТ МАСЛОУЛАВЛИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Для организации слива масла, поступающего в сторону водорода, и предотвращения попадания масла в корпус генератора уплотнение отделяется от внутренней полости генератора маслоуловителем (рис. 1).

Основными деталями маслоуловителя являются корпус и уплотнительные кольца.

Корпус обычно выполняется литым из чугуна или алюминиевого сплава. Для предотвращения воздействия потока масла, движущегося с высокой скоростью, и появления эрозии поверхности корпуса должны иметь защитное покрытие (например, серебрин, ГОСТ 5431-50 на лаке № 302, ТУМХП 1355-46). Уплотнительные кольца выполняются из латуни Л68 или нейзильбера МНЦ15-20.

Существующие конструкции маслоуловителей не позволяют полностью исключить попадание масла в генератор, что является недопустимым из условия длительно надежной работы высоковольтной изоляции. Поэтому заводами-изготовителями и ремонтными предприятиями ведутся работы по усовершенствованию конструкции маслоуловителей. Заводом «Электросила» в настоящее время разработана конструкция маслоуловителя с подвижными уплотнительными кольцами (рис. 22), которая позволяет сохранять небольшие зазоры в процессе эксплуатации генератора.

Ремонт маслоуловителей заключается, как правило, в подгонке поверхностей разъемов и призонных болтов, в восстановлении требуемого зазора между уплотнительными кольцами и валом.

Методы контроля и ремонта элементов разъема аналогичны описанным в § 10. Следует только учесть, что допустимая точность подгонки поверхностей разъемов маслоуловителей составляет пять пятен на площади $25 \times 25 \text{ мм}^2$.

Для определения величины диаметрального зазора маслоуловитель собирают на валу ротора в нормальном

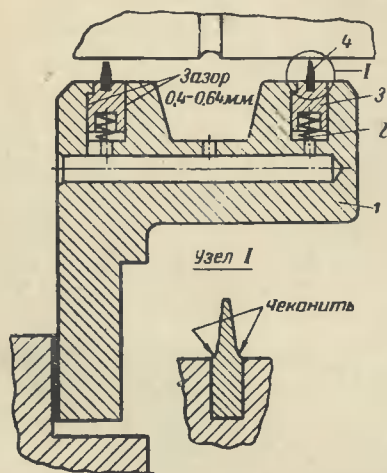


Рис. 22. Маслоуловитель с подвижными уплотнительными кольцами.

1 — корпус; 2 — пружина; 3 — вкладыш; 4 — уплотнительное кольцо.

положении (разъем располагается горизонтально) и производят измерение зазора в нижней точке по обоим торцам маслоуловителя. Затем маслоуловитель поворачивают на 90° и измерения повторяют. Первые измерения дают величину диаметрального зазора по вертикальной оси, вторые — по горизонтальной оси (боковой зазор), максимально допустимый зазор 0,9 мм. Если зазоры выше допустимых, то приведение зазоров к нормальному достигается или оттяжкой уплотнительных колец приспособлением (рис. 23), или заменой колец. Новые кольца запрессовываются в канавки

корпуса с использованием специальной оправки. Крепление колец осуществляется кернением в нескольких местах по окружности. Вновь установленные кольца растачиваются до диаметра, превышающего диаметр вала на 0,6 мм. Выверка корпуса маслоуловителя в станке производится по внутренней расточке и по торцевой поверхности фланца с точностью 0,1 мм.

В том случае, когда корпус маслоуловителя выполнен из алюминиевого сплава без съемных уплотнительных колец, восстановление зазоров осуществляется двумя путями:

1) наплавка алюминия на расточку корпуса и последующая токарная обработка по требуемым размерам;

2) предварительная обработка расточки корпуса, проточка канавок и установка уплотнительных колец, как описано выше.

Наиболее надежной конструкцией устройства, перекрывающего зазор между корпусом уплотнения и корпусом опорного подшипника, является конструкция сальникового типа (рис. 24), которая состоит из уплотнительного щитка 1, закрепленного на корпусе опорного подшипника 2, нажимного кольца 4, опорного кольца 8 и сальникового кольца 9. Сальниковое кольцо имеет некоторую свободу перемещений относительно опорного кольца, закрепленного на корпусе уплотнения 6. Перемещения сальникового кольца вызываются деформацией корпуса уплотнения при изменении давления газа в генераторе и теплового режима агрегата, а также вибрацией корпуса уплотнения и корпуса опорного подшипника.

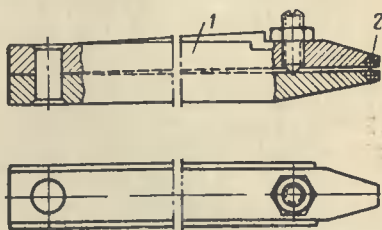


Рис. 23. Приспособление для оттяжки уплотнительных колец маслоуловителей.

1 — корпус; 2 — шарик.

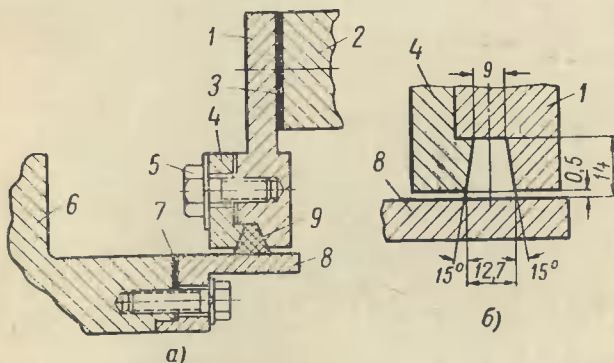


Рис. 24. Сальниковое уплотнение, устанавливаемое между корпусом уплотнения и корпусом опорного подшипника.

а — сальниковое уплотнение; б — форма и размеры канавки под сальниковое кольцо; 1 — уплотнительный щиток; 2 — корпус опорного подшипника; 3 — прокладка; 4 — нажимное кольцо; 5 — болт; 6 — корпус уплотнения; 7 — прокладка; 8 — опорное кольцо; 9 — сальниковое кольцо.

Ремонт деталей такого устройства заключается в основном в подгонке поверхностей разъемов и призонных болтов уплотнительного щитка и опорного кольца.

Методы контроля и ремонта элементов разъема этих деталей аналогичны изложенным в § 10. Допустимая точность подгонки поверхностей разъемов составляет пять пятен на площадь $25 \times 25 \text{ мм}^2$.

На разъемах нижней половины как уплотнительного щитка, так и опорного кольца выполняются канавки под уплотняющую резину такого же типа, как и на корпусах уплотнений.

Для сальниковых колец применяется шнур из высокоэластичных полиорганосилоксановых резин прямоугольного сечения. Рекомендуемые размеры сечения шнура $10,5 \times 14 \text{ мм}^2$. Форма и размеры канавки для шнура такого сечения приведены на рис. 24. Для повышения долговечности работы сальниковых колец целесообразно наружную цилиндрическую поверхность опорного кольца обрабатывать по 6-му классу чистоты.

13. РЕВИЗИЯ ПРУЖИН

Пружинный прижим вкладышей в настоящее время применяется на турбогенераторах ТВФ-60-2, ТВФ-100-2, ТГВ-200 и ТГВ-300. В уплотнениях турбогенераторов ТВВ-165-2, ТВВ-200-2 и ТВВ-320-2 (первых выпусков), усилие, создаваемое пружинами, не является преобладающим в сумме осевых сил, действующих на вкладыш, и по рекомендации завода «Электросила» их можно демонтировать. При этом отверстия, имеющиеся на вкладышах, следует заглушить, используя, например, винты для натяжения пружин. Основным требованием, предъявляемым к пружине, является стабильность ее характеристики. Характеристика пружины представляет собой зависимость упругой деформации от приложенной осевой нагрузки.

При ревизии пружин выполняют следующие операции:

1) внешний осмотр; 2) проверку размеров; 3) стабилизацию свойств; 4) контроль характеристики.

При внешнем осмотре выявляют поверхностные дефекты, в основном трещины. При проверке размеров обращается внимание на наружный диаметр пружины и перпендикулярность торцевой шлифованной поверхности витка к оси пружины. Отклонение действительного

диаметра пружины от расчетного существенно влияет на характеристику пружины. Если отклонение превышает 3% расчетного диаметра пружины, то пружину необходимо заменить. Опорные поверхности пружины обеспечивают правильную установку и нормальную деформацию под действием приложенной нагрузки. Неперпендикулярность торцевой поверхности пружины относительно оси должна быть не более 0,5 мм на полной длине. При необходимости выполняют шлифование торцевых поверхностей по 6-му классу чистоты вручную на абразивных станках или на плоскошлифовальных станках.

По различным причинам характеристика пружины в процессе эксплуатации изменяется. Для стабилизации свойств пружины следует при ремонте произвести старение (механическую раскачку) или заневоливание. Старение выполняется периодическим сжатием в течение 1—2 ч при числе циклов 30—40 в 1 мин. Заневоливание заключается в сжатии пружины до соприкосновения витков и выдерживании в таком состоянии в течение 12 ч. Нагрузка стальной пружины при сжатии ее до соприкосновения витков определяется по формуле

$$P_{\text{пред}} = 1\,000 \frac{d_{\text{п}}^4}{(D_{\text{нар}} - d_{\text{п}})^3} (s - d_{\text{п}}), \text{ кг},$$

где $d_{\text{п}}$ — диаметр проволоки, мм;

$D_{\text{нар}}$ — наружный диаметр пружины, мм;

s — шаг пружины в свободном состоянии, мм.

После стабилизации проводят контроль характеристики пружины, используя специальные приспособления. Одно из таких приспособлений, применяемых

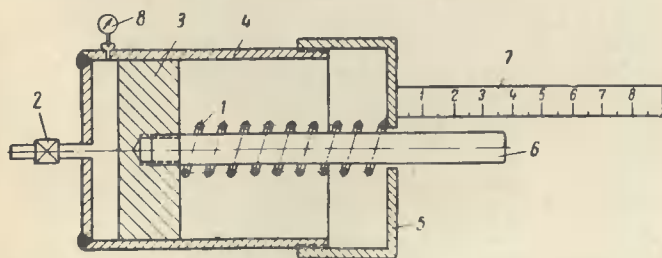


Рис. 25. Приспособление для контроля характеристики пружины.

1 — контролируемая пружина; 2 — газоплотный вентиль; 3 — поршень; 4 — корпус; 5 — крышка; 6 — шток; 7 — линейка; 8 — манометр.

предприятием Дальэнергоремонт, приведено на рис. 25. Пружину можно использовать для дальнейшей работы в том случае, если ее реальная характеристика отличается от расчетной не более чем на 10%. В противном случае необходимо установить новую пружину. На

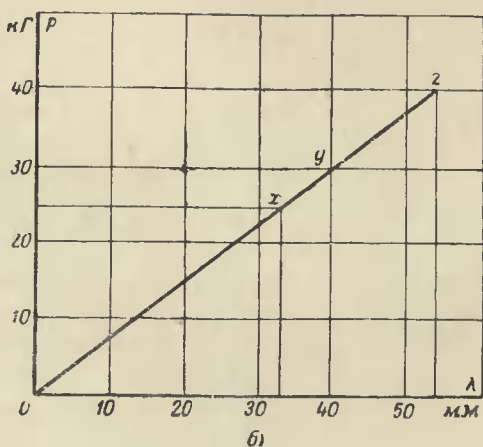
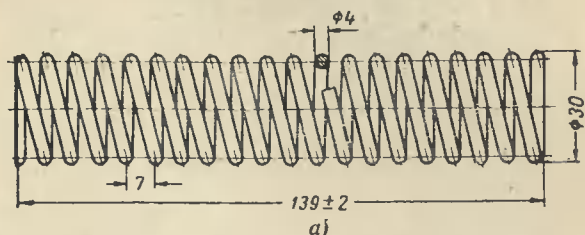


Рис. 26. Пружина уплотнений турбогенераторов ТГВ-200 и ТГВ-300.

a — геометрия пружины; b — расчетная характеристика пружины; x — рабочая нагрузка пружины для ТГВ-200; y — рабочая нагрузка пружины для ТГВ-300; z — конечная нагрузка пружины.

рис. 26 приведены конструкция и расчетная зависимость нагрузки P от деформации λ пружины уплотнений турбогенераторов ТГВ-200 и ТГВ-300.

Для изготовления пружин торцовых уплотнений используется стальная проволока кл. II ГОСТ 9389-60. Изготовление пружины можно выполнить и в стационарных условиях. Технология изготовления состоит из навивки, отделки концов, термической обработки, стабили-

зации антикоррозионного покрытия и контроля размеров и характеристик. Навивку пружины осуществляют на оправке в токарном станке. Диаметр оправки должен быть меньше внутреннего чертежного диаметра пружины и подбирается после опытной навивки пружины.

После отделки концов производится термическая обработка пружины — отпуск в селитровой ванне при температуре 250—320° С.

Для антикоррозионного покрытия применяется оксидирование или фосфатирование.

14. СБОРКА УПЛОТНЕНИЙ

До начала сборки уплотнений выполняются следующие работы:

1. Проверяется состояние всех крепежных деталей (болты, шайбы, гайки, шпильки). При этом обращают внимание на длину болтов, предназначенных для установки в «глухие» резьбовые отверстия (например, болты для крепления корпусов к наружным щитам). Длина болта должна быть такова, чтобы болт вворачивался на глубину не менее 1,5 диаметра и в то же время не упирался в дно отверстия. Все болты и гайки должны иметь стопорящие элементы — пластинчатые или пружинные шайбы. Все крепежные детали желательно оксидировать.

2. Проверяется качество вновь изготовленных изоляционных втулок и шайб. Длина втулки должна быть на 1—1,5 мм меньше суммарной толщины фланца корпуса уплотнения и изоляционной шайбы. Толщина изоляционной шайбы должна быть не менее 5 мм. Втулки и шайбы должны быть покрыты изоляционным лаком и хорошо просушены.

3. Изготавливаются прокладки из пластика и электрокартона, толщина которых подбирается в соответствии с компоновочным чертежом. Пайку пластика рекомендуется производить специальным воздушным паяльником, представляющим собой медную трубку диаметром 5—6 мм с электрообогревом, через которую пропускается сжатый воздух. Мощность нагревательного элемента должна быть порядка 500 Вт, а скорость воздуха регулируется так, чтобы температура воздуха была 160—180° С.

4. Готовится в достаточном количестве и требуемых размеров резиновый шнур для уплотняющих колец

вкладыша и для уплотнения разъемов деталей. Заготовки шнура для уплотняющих колец нарезаются длиной на 20—30 мм более расчетной.

5. Подбирается соответствующий инструмент.

6. Непосредственно перед сборкой еще раз проверяется на краску плотность прилегания разъемов всех деталей.

Сборку уплотнений можно начинать только после центрирования роторов агрегата и сборки упорного подшипника турбины. Порядок сборки уплотнений зависит от их конструкции и определяется для каждого типа генератора в отдельности на основании изучения чертежа и инструкции. Поэтому рассмотрим лишь общие и наиболее важные вопросы сборки, влияющие на качество работы уплотнений.

При установке наружных щитов необходимо обеспечить совпадение торцовых поверхностей в плоскости разъема. Появившиеся смещения устраняют деформацией выступающей половины щита домкратом и в таком положении плотно затягивают болты разъема.

При установке маслоуловителя производят измерение расстояния, характеризующего осевое положение маслоуловителя относительно маслосбрасывающей канавки. Результаты измерений заносятся в формуляр.

При центрировании маслоуловителя нижний зазор устанавливается в пределах 0,2—0,3 мм, при этом верхний зазор должен составлять 0,4—0,6 мм. Допустимое различие в величинах боковых зазоров — 0,1 мм.

Поскольку центрирование корпуса производится с целью обеспечения правильного положения вкладыша относительно упорного диска, эту операцию целесообразно выполнять после сборки вкладыша. Нижняя половина корпуса при этом закрепляется двумя болтами вблизи разъема (остальные болты не затянуты). Перемещением нижней половины корпуса добиваются совпадения цилиндрических поверхностей баббитовой заливки вкладыша и упорного диска и только после этого производится равномерная затяжка всех болтов. При этом необходимо следить за положением вкладыша, не допуская его смещения относительно упорного диска. При центрировании вкладыша относительно упорного диска целесообразно учесть подъем ротора на масляном клине опорного подшипника на величину около 0,1 мм.

Перемещение центрируемых деталей удобно выполнять болтом через гайку, закрепленную на одной из деталей.

После окончательной затяжки болтов, крепящих нижнюю половину корпуса, измеряют расстояния, характерные

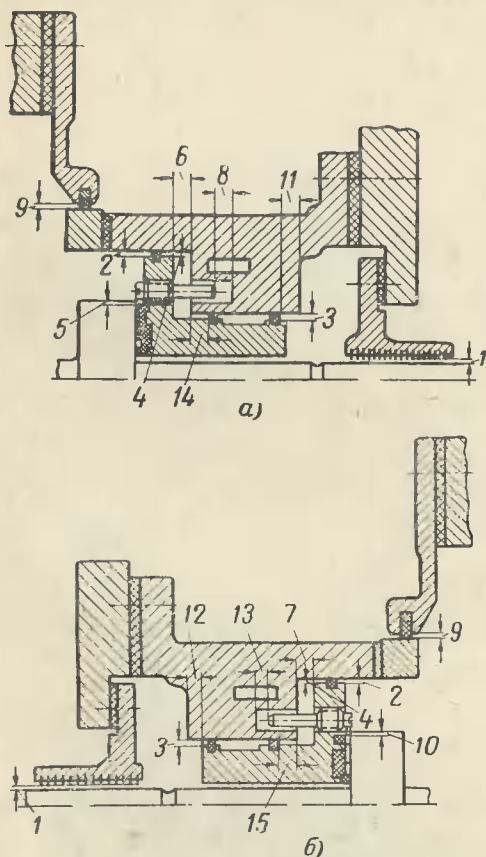


Рис. 27. Формуляр зазоров уплотнений турбогенератора ТВВ-320-2.

а — со стороны турбины; *б* — со стороны контактных колец.

ризующие относительное положение вкладыша и корпуса. Результаты измерений записывают в формуляр. На рис. 27 и в табл. 11 приведен формуляр зазоров уплотнений турбогенератора ТВВ-320-2, а на рис. 28 и

Таблица 11

Место измерения	Тип турбогенератора					
	ТВВ-320-2		ТГВ-200		ТГВ-300	
	Верхний	Боковой	Верхний	Боковой	Верхний	Боковой
1	0,4	0,3	0,45—0,6	0,3—0,4	0,48—0,6	0,34—0,4
2	1,5—1,8		$\begin{smallmatrix} +3 \\ 40-1,5 \end{smallmatrix}$		$\begin{smallmatrix} +4 \\ 25-1,9 \end{smallmatrix}$	
3	1,5—1,8		15+3,5		112+1	
4	0,8	0,4	119±1		112+1	
5	0,9		23+3,5		23+ ³	
6	12		4±1		2±0,5	
7	8		99±3		$\begin{smallmatrix} +2,4 \\ 22-1,8 \end{smallmatrix}$	
8	15		0,5—0,6	0,25—0,3	1,4	0,7
9	2—3		—		$\begin{smallmatrix} +6,9 \\ 36-5 \end{smallmatrix}$	
10	0,9		$\begin{smallmatrix} +8 \\ 16,5-8 \end{smallmatrix}$		$\begin{smallmatrix} +8,5 \\ 21,5-7,5 \end{smallmatrix}$	
11	12		113+1		105+ ¹	
12	2		12±3,5		17±3	
13	5		93±3		$\begin{smallmatrix} +4,8 \\ 18-5,1 \end{smallmatrix}$	
14	2		$\begin{smallmatrix} +7 \\ 16-4 \end{smallmatrix}$		—	
15	16		$\begin{smallmatrix} +3,9 \\ 5-1,9 \end{smallmatrix}$		$\begin{smallmatrix} +3 \\ 5-2 \end{smallmatrix}$	
16			2+1,43		2+ ^{1,5}	
17			$\begin{smallmatrix} +3,9 \\ 5-1,9 \end{smallmatrix}$		$\begin{smallmatrix} +3 \\ 5-2 \end{smallmatrix}$	

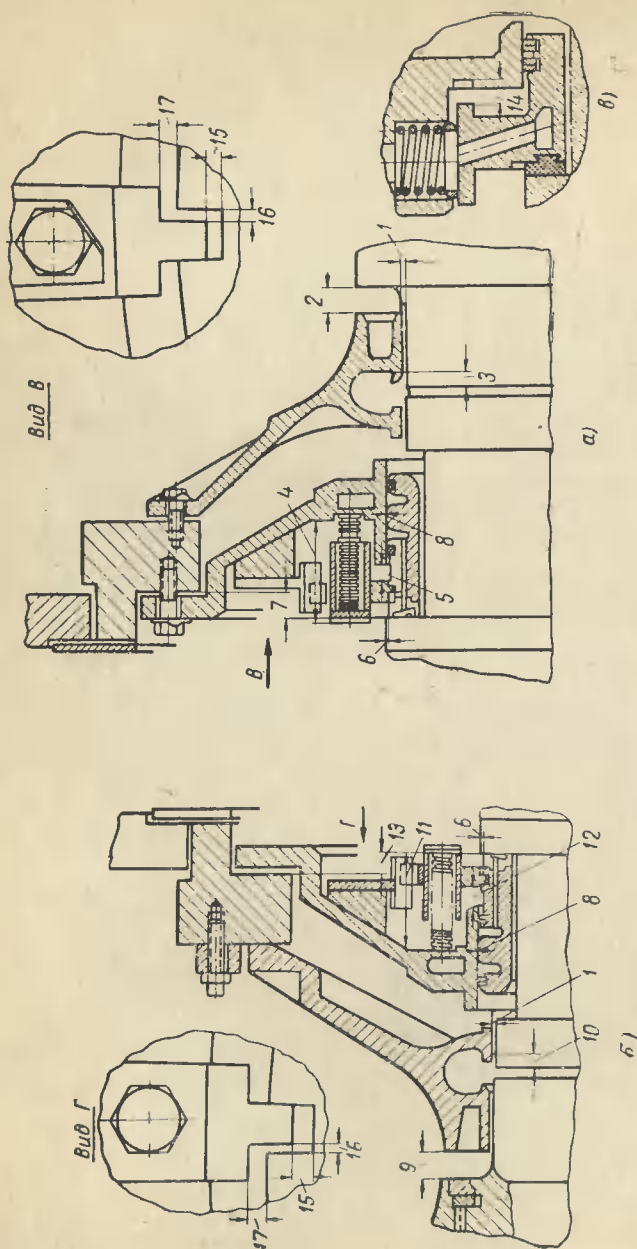


Рис. 28. Формуляр зазоров уплотнений турбогенераторов ТГВ-200 и ТГВ-300.
 а — со стороны турбины; б — со стороны контактных колец; в — подвод масла для ТГВ-200.

в табл. 11 — формуляр зазоров уплотнений турбогенераторов ТГВ-200 и ТГВ-300.

Со стороны контактных колец необходимо измерить мегомметром 1000 Ω величину сопротивления изоляции корпуса, которая должна быть не менее 2 *Мом* для турбогенераторов ТГВ-25, ТГВ-200, ТГВ-300 и 1 *Мом* — для остальных.

После центрирования корпуса проверяется на краску качество прилегания рабочей поверхности вкладыша к упорному диску.

Для соединения резинового шнура в кольцо применяют винтовые пружины. Пружины изготовляют из стальной пружинной проволоки диаметром 0,3—0,5 мм на оправке диаметром 2—3 мм.

Резиновые уплотняющие кольца заводят в предварительно смазанные турбинным маслом канавки с помощью медной проволоки. Проволоку привязывают к пружине, ввернутой до половины в торец одного из концов шнура. Вкладыш во время заводки резины необходимо несколько приподнять. Резиновый шнур в канавке должен лежать свободно, без натяжений. При соединении в кольцо концы шнура предварительно закручиваются в направлении, противоположном намотке пружины, настолько, чтобы после ввинчивания пружины в торец свободного конца шнур не испытывал скручивания. Места стыков всех колец должны быть смещены по окружности на 40—50 мм.

Перед установкой верхней половины корпуса необходимо осмотреть поверхности разъема, протереть их чистой салфеткой и уложить резиновый шнур в канавки разъема. После затяжки болтов на разъеме и по окружности корпуса плотность соединения разъема проверяется щупом 0,03 мм. При сборке деталей уплотнений не рекомендуется смазывать лаком или эмалью поверхности разъемов вкладышей и корпусов.

После сборки корпуса целесообразно проверить подвижность вкладыша, используя рычаг длиной 500—600 мм. Такая проверка позволяет выявить грубые дефекты в сборке уплотнений. Более точная оценка подвижности вкладыша производится в период предпусковой наладки уплотнений.

При сборке однопоточных уплотнений натяги пружин устанавливаются в соответствии с данными табл. 12,

Таблица 12

Тип турбогенератора	Натяг, мм	
	на стороне контактных колец	на стороне турбины
ТВ-60-2, ТВФ-60-2, ТВФ-100-2	18—20	13—15
ТГВ-200	35—38	29—32
ТГВ-300	40—43	33—36

составленной на основании указаний заводов-изготовителей и ЦКБЭнерго.

15. Предпусковая наладка собранных уплотнений

Предпусковую наладку собранных уплотнений можно разделить на следующие этапы:

1) промывка системы; 2) проверка качества сборки; 3) настройка регуляторов; 4) опрессовка турбогенератора.

На весь процесс предпусковой наладки верхние половины деталей устройства, перекрывающего зазор между уплотнением и корпусом опорного подшипника, должны быть сняты для возможности проведения контрольных операций.

Известно, что основная часть повреждений торцового уплотнения связана с загрязнением масла, попаданием в систему различного рода частиц, вызывающих повышенный износ трущихся поверхностей. Поэтому все маслопроводы системы перед сборкой должны быть тщательно очищены.

После сборки осуществляется промывка системы маслоснабжения и уплотнений одновременно. С этой целью вкладыш устанавливается относительно упорного диска с зазором порядка 1 мм. В систему подается уплотняющее масло давлением около 0,3 кг/см². Предварительно на фланцевых соединениях напорных маслопроводов в непосредственной близости от уплотнений должны быть установлены фильтрующие сетки. Периодически во время промывки сетки извлекают и очищают или заменяют. Режим продолжается до момента, пока сетки не будут чистыми, но не менее 8 ч.

По достижении требуемых результатов вкладыш прижимающим маслом поджимается к упорному диску так,

чтобы давление уплотняющего масла возросло примерно до $0,6 \text{ кг/см}^2$. В таком режиме, продолжающемся не менее 3 ч, обеспечивается промывка всех масляных каналов вкладыша. В некоторых случаях целесообразно промывку системы маслоснабжения произвести отдельно от уплотнений по временной схеме со сливом масла в сливную систему опорных подшипников, а затем произвести совместную промывку, как указано выше. Во время промывки необходимо вести контроль за сливом масла в сторону водорода по заполнению бачка продувки во избежание попадания масла в корпус генератора.

Подвижность вкладыша существенным образом влияет на надежность работы уплотнений и является одной из важнейших характеристик собранного уплотнения. На основании опытных данных для уплотнения с резиновыми уплотняющими кольцами сила трения при движении вкладыша в корпусе не превышает 50 кг. Для уплотнений с металлическими кольцами сила трения составляет не более 150 кг.

Проверка подвижности вкладыша двухпоточного уплотнения заключается в определении давления прижимающего масла, при котором вкладыш полностью поджимается к упорному диску. С этой целью вкладыш отжимают от упорного диска, затем при плавном увеличении давления прижимающего масла определяют момент прижатия вкладыша к диску и по манометру отмечают соответствующее давление прижимающего масла. Опыт повторяется несколько раз. В среднем это давление не превышает $0,15 \text{ кг/см}^2$ для уплотнений с резиновыми кольцами и $0,4 \text{ кг/см}^2$ для уплотнений с металлическими кольцами.

Подвижность вкладыша однопоточных уплотнений проверяется следующим образом:

1. На турбогенераторах ТВФ-60-2 и ТВФ-100-2 при увеличении перепада между давлением уплотняющего масла и давлением газа до $0,6—0,8 \text{ кг/см}^2$ вкладыш должен отжиматься от упорного диска.

2. На турбогенераторах ТВВ-165-2 и ТВВ-200-2 вкладыш, предварительно отжатый от упорного диска на 1—2 мм, должен при давлении уплотняющего масла $0,6—0,8 \text{ кг/см}^2$ (давление газа в генераторе равно нулю) поджиматься к диску.

3. На турбогенераторах ТГВ-200 и ТГВ-300 при увеличении перепада между давлением уплотняющего мас-

ла и давлением газа до 1,2—1,4 кг/см² вкладыш должен отжиматься от упорного диска.

Для устойчивой работы уплотнений и регулирующей аппаратуры необходимо, чтобы камеры уплотняющего и прижимающего масла были независимы друг от друга.

Автономность масляных камер проверяется при максимальном давлении уплотняющего масла и номинальном давлении газа, при этом линия прижимающего масла должна быть перекрыта. При таких условиях избыточное давление в камере прижимающего масла должно быть равно нулю.

Уплотняющий эффект колец и правильная подгонка запорного водородного пояска вкладыша проверяются при создании номинального режима по маслу. В таком режиме расход масла в сторону водорода должен быть значительно меньше расхода масла в сторону водорода на работающей машине и составлять не более 0,5 л/мин на оба уплотнения. Увеличенный расход масла в сторону водорода вызывается неплотным прилеганием запорного водородного пояска вкладыша к диску или неправильной установкой уплотняющих колец.

Все описанные выше операции производятся при ручном управлении системой маслоснабжения.

После отладки уплотнений включаются в работу регуляторы уплотняющего и прижимающего масла и производится их настройка так, чтобы обеспечивались в рабочем диапазоне давлений газа оптимальный перепад между давлением уплотняющего масла и давлением газа и оптимальные удельные нагрузки на рабочей поверхности вкладыша. При настройке регулятора уплотняющего масла следует иметь в виду, что перепады для уплотнений со стороны турбины и со стороны контактных колец могут быть несколько различными за счет отклонений в разделке рабочих поверхностей вкладышей и различных падений давления в маслопроводах.

После настройки регуляторов производится опрессовка турбогенератора в сборе воздухом при давлении, указанном в табл. 3. В процессе опрессовки производится контрольный замер утечек и проверка газоплотности разъемных соединений мыльной эмульсией. Особое внимание уделяется плотности соединений, расположенных внутри полости слива масла в сторону воздуха. Незначительные неплотности этих соединений могут не отразиться на результатах контрольного замера утечек,

но явиться причиной попадания водорода в сливную систему опорных подшипников. Кроме того, при внимательном наблюдении за струей масла, выходящей из зазора между вкладышем и упорным диском, может быть обнаружена неплотность соединения баббитовой заливки с корпусом вкладыша по пузырькам воздуха, периодически появляющимся в струе сливающегося масла.

По окончании всех наладочных работ устанавливается верхняя половина устройства, перекрывающего зазор между уплотнением и корпусом опорного подшипника, и генератор считается готовым к пуску.

ЛИТЕРАТУРА

1. Титов В. В., Хуторецкий Г. М., Загородная Г. А., Вартаньян Г. П., Заславский Д. И., Смотров И. А., Турбогенераторы. Расчет и конструкция, изд-во «Энергия», 1967.
 2. Миренбург Л. А., Аврух В. Ю., Перевод турбогенераторов на повышенное давление водорода, «Энергетик», 1960, № 3.
 3. Аврух В. Ю., Сапельников К. Н., Опыт реконструкции системы водородного охлаждения генераторов типов ТВ-50-2 и ТВ2-100-2, «Энергетик», 1961, № 1.
 4. Токарь И. Я., К выбору размеров торцовых уплотнений роторов турбогенераторов, «Вестник электропромышленности», 1961, № 2.
 5. Куфман Я. И., Схемы маслоснабжения уплотнений современных турбогенераторов, изд-во «Энергия», 1964.
 6. Инструкция по эксплуатации и ремонту генераторов на электростанциях, изд-во «Энергия», 1966.
 7. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей, Госэнергоиздат, 1961.
 8. Смоленский А. Н., Конструкция и расчет деталей паровых турбин, изд-во «Машиностроение», 1964.
 9. Тимошенко С. П., Сопротивление материалов, изд-во «Наука», 1965.
-

СОДЕРЖАНИЕ

1. Основные типы уплотнений и схем маслоснабжения	3
2. Принцип и особенности работы уплотнений	10
3. Неполадки в работе уплотнений и их причины	15
4. Подготовка к ремонту	17
5. Требования к компоновке и определение относительных перемещений деталей	21
6. Разборка уплотнений	24
7. Обработка упорного диска	27
8. Уплотняющие кольца	35
9. Ремонт вкладышей	39
10. Ремонт корпусов	49
11. Шпоночный узел	53
12. Ремонт маслоулавливающих устройств	55
13. Ревизия пружин	58
14. Сборка уплотнений	61
15. Предпусковая наладка собранных уплотнений	67
16. Литература	71

Цена 13 коп.