

ДВИГАТЕЛЬ ДРЗ9Л
Техническое описание

029108200 ТО

1977

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение	3
2. Устройство и работа двигателя	4
3. Устройство и работа основных частей двигателя	6
3.1. Компрессор низкого давления	6
3.2. Компрессор высокого давления	13
3.3. Камера сгорания	20
3.4. Турбина высокого давления	25
3.5. Турбина низкого давления	30
3.6. Силовая турбина	34
3.7. Охлаждение турбин	39
3.8. Коробка приводов выносная	48 (22)
3.9. Турбина пусковая	50 (22)

Приложение в отдельной книге

029108200 TO

Двигатель ДР59Л
Техническое описание

Лист 2

1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящее техническое описание предназначено для изучения конструкции двигателя в объеме, необходимом для правильной его эксплуатации в составе газоперекачивающего агрегата ГПА-10.

Завод непрерывно работает над дальнейшим усовершенствованием конструкции двигателей и поэтому некоторые новейшие изменения конструкции отдельных его узлов, не влияющие на правильность эксплуатации, могут быть не отражены в настоящем описании.

Принятые сокращения

КВД	- компрессор высокого давления
КНД	- компрессор низкого давления
ОВ	- опорный венец
ТВД	- турбина высокого давления
ТНД	- турбина низкого давления
ТС	- турбина силовая
С.В.	- сопловой аппарат

2. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ДВИГАТЕЛЯ

Двигатель состоит из следующих основных составных частей ; компрессора низкого давления 3 (рис.1), компрессора высокого давления 4, камеры сгорания 5, турбины высокого давления 6, турбины низкого давления 7, силовой турбины 8 и выносной коробки приводов.

Компрессоры низкого и высокого давления приводятся во вращение соответственно турбинами низкого и высокого давления.

Компрессоры и приводящие их во вращение турбины образуют два кинематически между собой не связанных каскада - каскад низкого давления и каскад высокого давления, которые вращаются с различными частотами вращения на каждом из режимов работы двигателя.

Силовая турбина через редуктор 9 приводит во вращение нагнетатель и кинематически не связана с каскадами низкого и высокого давления.

Принцип работы двигателя заключается в следующем.

Воздух через входное устройство 2 засасывается семиступенчатым компрессором низкого давления 3, сжимается в нем и, проходя через переходник, предназначенный для плавного подвода воздуха, поступает в девятиступенчатый компрессор высокого давления 4, где происходит окончательное сжатие воздуха.

Из компрессора высокого давления сжатый воздух поступает в задний корпус, где в кольцевом диффузоре происходит снижение скорости потока воздуха, подводимого в камеру сгорания 5. В камере сгорания сжигается природный газ, подаваемый через форсунки. Часть воздуха участвует в сгорании природного газа, а остальная часть охлаждает жаровые трубы камеры сгорания и, смешиваясь с продуктами горения, образует газ требуемой температуры, энергия которого используется в турбинах двигателя.

Из камеры сгорания газ поступает в последовательно расположенные турбины высокого 6 и низкого давления 7 и в силовую турбину 8. В турбинах происходит преобразование тепловой энергии горячих газов в механическую работу.

Мощность, развиваемая турбинами высокого и низкого давления, используется для привода соответственно компрессоров высокого и низкого давления. Мощность, развиваемая силовой турбиной, используется для привода нагнетателя.

Выносная коробка приводов приводится во вращение рессорой, соединённой с ротором КНД.

3. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ОСНОВНЫХ ЧАСТЕЙ ДВИГАТЕЛЯ

3.1. Компрессор низкого давления

Компрессор низкого давления (рис. 2) семиступенчатый предназначен для сжатия атмосферного воздуха и подачи его через переходник в компрессор высокого давления.

Компрессор низкого давления состоит из входного устройства 1, переднего корпуса 2, корпуса КНД 3, ротора КНД 4, установленного на передней 8 и задней 7 опорах.

Входное устройство (см. рис. 2) предназначено для плавного подвода атмосферного воздуха в компрессор и состоит из наружного 19 и внутреннего 18 обтекателей. Кольцевой канал между ними служит началом проточной части двигателя.

- ③ Наружный обтекатель 19 ^{липой.} ~~выполнен сварным, коробчатой конструкции~~ состоит из профилированной "д" и конической "е" стенок и фланцев "р" и "а". Фланцем "г" наружный обтекатель крепится к переднему корпусу компрессора, а на фланце "а" расположены отверстия для крепления диафрагмы, отделяющей воздухозаборную шахту двигателя от помещения на объекте.

Внутренний обтекатель 18 выполнен сварным, состоит из профилированной стенки и двух фланцев. Внутренний обтекатель крепится к пе-

029108200 TO

Лист
6

Копирова

Формат

Зак. 245.201

реднему корпусу при помощи конуса обтекателя 15 и гайки 17. Конус обтекателя - сварной и состоит из стенки и двух фланцев.

Вместе с внутренним обтекателем к переднему корпусу крепится крышка лабиринта 9, уплотнительные поверхности которого с уплотнительными гребешками корпуса муфты 10 образуют двухрядное лабиринтное уплотнение, ограничивающее масляную полость переднего корпуса со стороны входа воздуха в компрессор низкого давления.

Эластичная муфта (см. рис. 2) предназначена для компенсации излома осей ротора КНД 4 и вала ⁽¹⁹⁾редуктора 16 выносной коробки приводов и передачи крутящего момента от ротора КНД на вал ⁽¹⁹⁾редуктора 16, состоит из корпуса муфты 10, щеки муфты 14 и втулки 11, затянутых на валике 12 гайками. С ротором КНД эластичная муфта соединяется шлицами, а с валом ⁽¹⁹⁾редуктора выносной коробки приводов - призонными болтами. Для разгрузки щеки муфты 14 от осевых усилий, возникающих при тепловых расширениях, в муфте установлен упорный валик 12, воспринимающий осевые усилия.

На валике 12 установлено регулировочное кольцо 13 для регулировки зазора "в".

Зазор "в" необходим для того, чтобы щека муфты 14, изгибаясь, могла воспринять перекося вала ⁽¹⁹⁾редуктора 16.

Передняя цапфа ротора КНД 4 через эластичную муфту и вал ⁽¹⁹⁾редуктора передаёт крутящий момент на выносную коробку приводов при режимной работе двигателя. При запуске двигателя крутящий момент передаётся от выносной коробки приводов через вал эластичную муфту на переднюю цапфу ротора КНД.

Передний корпус компрессора предназначен для размещения входного направляющего аппарата (рис. 3), служащего для подачи воздуха под необходимым углом на первую ступень рабочих лопаток ротора КНД, передней опоры 6 ротора КНД.

Передний корпус состоит из наружной I и внутренней 4 стенок жестко соединенных между собой шестью профилированными стойками.

На наружной стенке закреплены: две цапфы 12 для крепления двигателя на раме, фиксатор 9 для поперечной фиксации двигателя, десять форсунок 8 для промывки проточной части компрессора и два штуцера 13 для замера статического давления в проточной части.

На боковой стойке 10 предусмотрен штуцер 3 для замера давления в масляной полости переднего корпуса (замер не штатный). Через фильтр 2, сверление в стойке 10 и далее по трубке подвода масла 5 к коллектору подводится масло для смазки подшипников передней опоры ротора КНД.

Через нижнюю вертикальную полую стойку 11 масло сливается из переднего корпуса в расходный маслоотделительный бак.

Внутренние полости остальных стоек не используются и снаружи закрыты крышками.

Фильтр (рис. 4) предназначен для очистки масла, подводящегося к передней опоре КНД.

Он представляет собой корпус в нём фильтрующий элемент.

Фильтрующий элемент состоит из корпуса и припаянной к нему сетки 3. Масло к фильтру подводится через боковой штуцер 5.

Корпус компрессора низкого давления (рис. 5); соединяясь с передним корпусом и переходником представляет собой часть силовой схемы двигателя, он выполнен в виде ⁽¹⁰⁾малого усеченного конуса, ⁽¹⁰⁾усиленного поперечными и продольными ребрами жесткости.

Корпус 2 имеет разъем по горизонтальной плоскости. На корпусе имеется три равнорасположенных по окружности отверстия, служащие для постановки приспособлений для фиксации ротора относительно корпуса компрессора при сборке и разборке двигателя, а также заземления

029108200 ТО -

ли
8

ротора во время сварочных работ в блоке двигателя. Отверстия заглушены заглушками 6.

Внутри корпуса в шести цилиндрических проточках устанавливаются спрямляющие аппараты 5, крепящиеся к корпусу винтами 3 законченными замками 1.

Для осмотра лопаток первой и последней ступеней ротора КНД предусмотрены окна, закрытые заглушками 7, 8.

Спрямляющий аппарат (рис. 6) является частью компрессорной ступени и предназначен для осуществления процесса сжатия воздуха в компрессоре и состоит из наружного 1 и внутреннего 4 колец, между которыми расположены спрямляющие лопатки 2.

Для крепления спрямляющих лопаток в наружном кольце выполнены пазы прямоугольного профиля по числу спрямляющих лопаток, а во внутреннем кольце выполнено такое же количество радиальных отверстий.

На внутренних кольцах сделаны проточки, в которые набираются меднографитовые вставки 3.

Меднографитовые вставки в сочетании сребрецами, выполненными на дисках ротора, образуют лабиринтные уплотнения, препятствующие перетеканию воздуха между ступенями компрессора.

Для снижения динамических напряжений в рабочих лопатках спрямляющие аппараты первой и второй ступеней выполнены разношагами.

Ротор компрессора низкого давления (рис. 7) барабанно-дисковой конструкции состоит из семи дисков 3 с лопатками 4, двух цапф - передней 1 и задней 6, лабиринтов 2 и 7 и трубы 8.

Для увеличения жесткости ротора, диски первой и седьмой ступеней выполнены консольными.

Каждый диск имеет обод "А", на котором крепятся рабочие лопатки.

профилированное полотно "в", переходящее в центральную ступицу "р". Диски второй - пятой ступеней имеют барабанную часть "б". На барабанной части ротора между ступенями выполнены гребешки лабиринтных уплотнений. Диски последовательно соединяются между собой и с цапфами с натягом по центрующим поясам и штифуются рациональными штифтами 9.

Во время работы во внутреннюю полость ротора через отверстия в барабанной части диска пятой ступени подается воздух, который используется для подпора уплотнения передней опоры КНД.

Рабочие лопатки установлены в пазах дисков своей замковой частью типа "ласточкин хвост" и фиксируются в осевом направлении спереди пластинчатыми замками 10 и сзади цилиндрическими штифтами 6.

На задней цапфе ротора выполнены внутренние шлицы для соединений с валом 13 (рис. 8), который в свою очередь соединяется с ротором турбины низкого давления.

Крутящий момент от передней цапфы ротора ТНД 12 через шлицы передается на вал 13 и далее на заднюю цапфу ротора КНД 3.

Промежуточной опорой вала 13 является подшипник 6 установленный в шлицевой втулке 5.

Вал жестко соединен с ротором КНД при помощи стяжки 1 и с ротором ТНД стяжкой 11. Через вал, передается осевое усилие от ТНД на КНД.

Стяжка 1 через сферическое кольцо 2 и стяжка 11 через сферическое кольцо 10 упираются соответственно в цапфу 3 ротора КНД и вал 12 ротора ТНД, тем самым устраняется перекос цапфы и валов.

Ротор компрессора низкого давления имеет переднюю и заднюю опоры.

Передняя опора размещена в переднем корпусе и состоит из корпуса 3 (рис. 9) и смонтированных в нём двух шариковых подшипников I, воспринимающих радиальную нагрузку и осевые усилия, корпус 3 кре-

пится к внутренней стенке переднего корпуса винтами. Между обоймами подшипников установлены распорные кольца 9 и регулировочные кольца 10.

На беговые дорожки подшипников масло подаётся через три равнорасположенные по окружности форсунки 4. К форсункам масло поступает через свердения в корпусе и коллектор 2.

Слив масла из опоры в передний корпус происходит через специальные продольные отверстия "в", расположенные в нижней части опоры.

Для предотвращения попадания масла из передней опоры в воздушную полость КНД, за подшипником установлен маслоотражатель В и двухрядное лабиринтное уплотнение. Гребешки лабиринтной втулки 7 совместно с крышкой передней опоры 5 и крышкой 6, напыленных специальным материалом, образуют лабиринтное уплотнение.

Для повышения эффективности лабиринтного уплотнения в полость "А" подводится воздух из полости ротора КНД через отверстия в передней цапфе 11 и лабиринтной втулке 7.

Задней опорой ротора КНД является роликовый подшипник 9 (рис. 10), который воспринимает радиальную нагрузку и допускает температурные перемещения ротора в осевом направлении.

Наружная обойма подшипника установлена в стенке задней опоры 7, закрепленной в переходнике (см. подраздел 3.2).

Внутренняя обойма подшипника закреплена на цапфе 3 ротора гайкой 10.

Подвод масла на смазку и охлаждение подшипника осуществляется через три форсунки коллектора 8, который установлен в стенке задней опоры.

Для слива масла предусмотрена круговая проточка и шесть отверстий в нижней части стенки задней опоры 7.

Уплотнение масляной полости задней опоры осуществляется воздухом из полости за седьмой ступенью КНД.

3.2. Компрессор высокого давления

Компрессор высокого давления служит для окончательного сжатия воздуха, поступающего из компрессора низкого давления через переходник и подачи его в камеру сгорания.

Компрессор высокого давления состоит из: переходника 1 (рис. II), корпуса КВД 2 со спрямляющими аппаратами, ротора КВД 3, установленного на передней 7 и задней 6 опорах и заднего корпуса 5.

Переходник расположен между компрессором низкого и компрессором высокого давления. В переходнике размещена задняя опора ротора КВД 18 (рис. 12), передняя опора ротора КВД 13, корпус 8 с датчиком замера оборотов 9 (см. рис. 11) и отверстием 10 для установки ключа ручной прокрутки ротора КВД. Через корпус 8 осуществляется подвод масла к задней опоре ротора КВД 18 и передней опоре ротора КВД 13 (см. рис. 12).

Переходник состоит из наружной 1 и внутренней 9 стенок, соединенных шестью профилированными стойками 2. К внутренней стенке переходника крепится стенка 21, в которой устанавливается задняя опора ротора КВД ^{стенка 21} и втулка 14 с роликовым подшипником, служащим передней опорой ротора КВД.

Конструктивно передняя опора ротора КВД аналогична задней опоре ротора КВД. Для устранения проскальзывания роликов подшипника передней опоры КВД служит нагрузочное устройство 10, которое статически нагружает подшипник радиальным усилием.

Для уплотнения масляной полости переходника, со стороны КВД, установлено двухрядное лабиринтное уплотнение. Гребешки лабиринтной втулки ротора КВД совместно с крышкой 11, напыленной специальным

материалом, образуют лабиринтное уплотнение.

На входе в переходник установлен двухрядный спрямляющий аппарат КНД 23. На выходе из переходника установлен входной направляющий аппарат КВД 8. Назначение его аналогично назначению входного направляющего аппарата КНД.

На наружной стенке переходника (рис. 13) находятся:

верхняя горизонтальная площадка 1 - для крепления заглушки, на которой размещена бобышка датчика замера оборотов ротора КВД и площадка для установки ключа ручной прокрутки ротора КВД; нижняя горизонтальная площадка 6 - для крепления трубы слива масла из переходника; фланец 7 - для крепления трубы отбора воздуха из проточной части на подпор масляных уплотнений выносной коробки приводов и пусковой турбины; два прилива 4 - для установки технологических ц/лпф, служащих опорами при сборке и разборке двигателя, труба подвода масла 3.

Предусмотрены также штуцера 10 для замера, в случае необходимости, параметров воздуха в проточной части и форсунки 9 для промывки проточной части.

Внутренние полости стоек переходника используются следующим образом:

через верхнюю вертикальную стойку проходит труба вывода проводов от датчика замера оборотов КВД и ключ для ручной прокрутки ротора КВД; в бобышке над верхней стойкой установлен штуцер 7 (см. рис. 12) для замера, в случае необходимости, давления в масляной полости переходника;

через нижнюю вертикальную стойку осуществляется слив масла из переходника;

через правую верхнюю наклонную стойку масло очищенное фильтром 4 (см. рис. 12) подводится по трубе 16 к коллектору 15 передней опоры ротора КВД и к коллектору 22 задней опоры КНД, закрепленному на стенке задней опоры КНД 21.

Нагрузочное устройство (рис. 14) состоит из стакана 3, пружины 4, регулировочного кольца 5, сферы 6, сегмента 1.

Сжимающее усилие от пружины 4 передаётся через сферу 6 и сегмент 1 на наружную обойму подшипника 2, деформирует её, ролики вводятся в соприкосновение с беговыми дорожками, проскальзывание устраняется.

Корпус КВД является силовым. Корпус и закрепленные в нём спрямляющие аппараты по своей конструкции аналогичны корпусу и спрямляющим аппаратам КНД, за исключением того, что КНД - семиступенчатый, КВД - девятиступенчатый.

Ротор компрессора высокого давления барабано-дисковой конструкции и состоит из девяти дисков 7 (рис. 15) с лопатками 5, передней 2 и задней 10 цапф и трубы 9.

Конструкция дисков, их соединение между собой и с цапфами такое же, как и на роторе КНД.

Для увеличения жесткости передняя и задняя цапфы выполены.

конической формы.

Диски первой, второй, восьмой и девятой ступеней выполнены консольными.

Через отверстия в диске III-й ступени внутренняя полость ротора КВД сообщается с проточной частью.

Труба 9. предназначена для изоляции внутренней полости ротора от возможного попадания масла.

Рабочие лопатки установлены в пазах дисков своей замковой частью типа "ласточкин хвост". Осевая фиксация лопаток осуществляется пластинчатым замком 6, концы которых отгибаются на торцы лопаток.

Ротор КВД установлен на двух опорах.

Передняя опора 3 - роликовый подшипник, смонтирован в переходнике, воспринимает радиальные нагрузки ротора. Задняя опора - роликовый и шариковый подшипники.

Роликовый подшипник воспринимает радиальные нагрузки от ротора КВД и от вала внутреннего 13 (рис. 16). Шариковый подшипник воспринимает ^{Разность (16)} осевых усилий от роторов КВД и ТВД.

Для устранения проскальзывания роликов подшипника задней опоры КВД служит нагрузочное устройство 1. По конструкции нагрузочное устройство задней опоры КВД аналогично нагрузочному устройству передней опоры КВД (см. рис. 14).

Соединение роторов КВД и ТВД осуществляется шлицевой втулкой 5 (см. рис. 16) установленной на задней цапфе 2 ротора КВД. Крутящий момент от ротора ТВД на ротор КВД передается с помощью шлицевого соединения задней цапфы 2 ротора КВД, вала ТВД 12 и шлицевой втулки 5.

Внутри шлицевой втулки 5 установлен роликовый подшипник 17, служащий промежуточной опорой для внутреннего вала каскада низкого

давления. Наружная обойма подшипника 17 и крышка 16 захаты в шлицевой втулке гайкой 6. Крышка 16 с лабиринтом 15 внутреннего вала образуют уплотнение, препятствующее перетеканию масла в полость между внутренним валом 13 и валом ротора ТВД 12.

Задний корпус представляет собой кольцевой диффузор камеры старания, в котором происходит снижение скорости потока воздуха перед входом в жаровые трубы и служит для размещения задней опоры 10 (рис. 117) ротора КВД, спрямляющего аппарата девятой ступени 16, спрямляющего аппарата на выходе из КВД 1.

Задний корпус состоит из двух основных узлов: наружной стенки диффузора 1 и внутренней стенки диффузора, состоящей из сваренных между собой кожуха наружного 3, внутренней стенки диффузора и кожуха внутреннего 8.

Спрямляющий аппарат на выходе 17 является силовым. Он связывает внутреннюю стенку диффузора с наружной. Каждая лопатка этого спрямляющего аппарата прикреплена призонным винтом к внутренней стенке диффузора, а своими полками входит в паз наружного кольца 18, запрессованного в расточку наружной стенки диффузора.

Наружное кольцо спрямляющего аппарата девятой ступени установлено в расточке наружной стенки диффузора с небольшим зазором. Лопатки аппарата своими цилиндрическими цапфами входят в отверстия внутреннего кольца 15, которое крепится винтами к внутренней стенке диффузора 5. В проточке внутреннего кольца 15 набраны металлокерамические вставки 14, которые в сочетании с гребешками, выполненными на диске девятой ступени ротора КВД, образуют уплотнение, отделяющее заднюю разгрузочную полость "а" от поточной части КВД. В разгрузочной полости поддерживается давление, от величины которого зависит осевое усилие на шариковый подшипник ротора КВД.

Для поддержания заданного давления в разгрузочной полости часть воздуха, протекающего в полость, стравливается по трубе 1 (рис. 18) в атмосферу.

Замер давления в разгрузочной полости КВД производится через штуцер 4, установленный на трубе стравливания 1. Регулирование давления производится краном стравливания 2, установленным на трубе стравливания 1 с учетом обеспечения необходимого давления в разгрузочной полости КВД. Отбор воздуха из проточной части КВД в разгрузочную полость ТС производится через отверстия в трубах 8. Давление в разгрузочной полости ТС регулируется краном 9.

По своей конструкции, подводу и сливу масла задняя опора ротора КВД аналогична передней опоре ротора КНД.

Отличительной особенностью задней опоры ротора КВД по сравнению с передней опорой КНД является то, что и полость между первым от ротора подшипником и маслоотражателем через два отверстия в корпусе подается свежее масло для лучшего охлаждения подшипников и предотвращения коксования масла.

Масло к подшипникам задней опоры подводится по трубе подвода масла 7 (см. рис. 18), далее масло поступает в коллектор 9 (см. рис. 17) и по сверлениям в корпусе задней опоры поступает к трем форсункам 11, через которые подается к обоим подшипникам.

Уплотнение масляной полости со стороны ротора КВД производится при помощи трехрядного лабиринтного уплотнения. Гребешки лабиринтной втулки ротора КВД и крышка задней опоры 13, напыленная специальным материалом, образуют уплотнение задней опоры КВД. Воздух проникающий из разгрузочной полости КВД, стравливается через отверстия в крышке в кольцевую полость и по двум трубам стравливания 4 отводятся под кожух газоотвода.

Уплотнение масляной полости заднего корпуса со стороны ТВД производится трехрядным лабиринтным уплотнением. Гребешки шлицевой втул-

ки 5 (см. рис. 16) совместно с металлокерамическими вставками крышки лабиринта 6 (см. рис. 17) образуют уплотнение. Стравливание воздуха из крышки лабиринта 6 осуществляется через отверстия 7 в крышке в кольцевую полость и далее по трубам стравливания 4 воздух отводится под кожух газоотвода.

Слив масла производится по трубам 5 и 6 (см. рис. 18) в сливную магистраль.

Кран стравливания (рис. 19) состоит из корпуса 1, гайки 4 и решетки 5, служащей для защиты от попадания посторонних предметов ⁽¹⁹⁾ внутрь компрессора.

В корпусе 1 установлен винт 2 с хвостовиком квадратного сечения. Проворачивая винт, можно регулировать площадь проходного сечения крана стравливания.

Для фиксации винта в определенном положении на хвостовике винта устанавливается гайка 3.

Для изменения входного сечения крана необходимо отвернуть гайку 3 и вручную повернуть винт 2 до получения необходимого давления в разгрузочной полости. После получения требуемого давления завернуть гайку 3 и законтрить.

3.3. Камера сгорания

Камера сгорания предназначена для передачи тепла рабочему телу – воздуху, поступающему из компрессора, за счёт непрерывного сжигания в нем, как в окислитель топлива – природного газа.

По конструкции камеры сгорания является прямоточной трубчато-кольцевого типа с горизонтальным разъемом кожухов. Горизонтальные разъемы кожуха камеры сгорания уплотняются с помощью вкладышей 11. В местах соединений кожуха камеры сгорания с фланцами заднего корпуса КВД и корпуса соплового аппарата горизонтальные разъемы уплотняются с помощью прокладок 12, прижимаемых планками 13. Применение такой конструкции позволяет производить осмотр и замену жаровых труб в условиях эксплуатации без разборки всего двигателя.

Камера сгорания состоит из: кожуха камеры сгорания 5 (рис. 20), десяти жаровых труб 6, кожуха вала турбины 7, десяти топливных форсунок 4, диффузора камеры сгорания 3, коллектора газового 1, десяти труб подвода газа 2, двух воспламенителей 8.

Топливо – природный газ подводится в камеру сгорания по кольцевому коллектору, расположенному вокруг корпуса КВД.

Проточная часть камеры сгорания выполнена следующим образом:

спрямляющий аппарат на выходе из КВД плавно переходит в диффузор камеры сгорания, в котором происходит торможение потока воздуха и раздача его по кольцевому каналу камеры сгорания. Распределение воздуха по длине камеры сгорания производится отверстиями в жаровых трубах.

Топливо в головную часть жаровых труб подается с помощью десяти форсунок.

Каждая жаровая труба 6 в головной части опирается на два фиксатора 10, которые фиксируют её в определенном положении; хвостовая часть жаровой трубы входит в гнездо соплового аппарата 1 ступени ТВД.

Тепловое расширение жаровой трубы происходит в сторону турбины,

Для чего между торцем трубы и сопловым аппаратом ТВД предусмотрен зазор "е".

Между собой жаровые трубы соединены десятию пламяперебрасывающими патрубками 9, к двум из которых подходят патрубки от воспламенителей 8.

Кожух камеры сгорания 5 является силовым узлом двигателя. Передним фланцем кожух крепится к заднему корпусу КВД, задним — к наружному корпусу соплового аппарата первой ступени ТВД. Кожух камеры сгорания имеет горизонтальный разъем.

На поверхности кожуха приварены следующие фланцы (рис. 21):

восемь фланцев 1 — для крепления фиксаторов жаровых труб;

два фланца 2 — для крепления фиксаторов жаровых труб и воспламенителей,

фланец 3 — для крепления дренажного штуцера;

фланец 5 — отбор воздуха на охлаждение турбины;

шесть фланцев 6 — для осмотра камеры сгорания. ⑥

Кожух вала турбины 7 (см. рис. 20) предохраняет вал ТВД от воздействия высоких температур. Кожух вала турбины разъемный. Передним фланцем кожух вала крепится к заднему корпусу КВД, задним фланцем — к проставке, которая соединяет кожух вала с внутренним корпусом соплового аппарата 1 ступени ТВД.

Жаровые трубы (рис. 22) являются основным узлом камеры сгорания. Каждая жаровая труба состоит из завихрителя 1, входного конуса 2, экрана 3, проставки 4, конических обечайек 5, 6, 7, 8, обечайки смесителя 9 и смесителя 10 сложной формы, обеспечивающего плавный переход от цилиндрического сечения жаровой трубы к кольцевому сечению соплового аппарата первой ступени ТВД.

① Все детали жаровой трубы изготовлены из жаростойкого материала и

В смеситель воздух поступает через большие отверстия в конусах 8 и 9 и, перемешиваясь с горячими газами создает требуемое поле температур газа перед турбиной.

Охлаждение стенок жаровой трубы – комбинированное.

Снаружи стенки жаровой трубы охлаждаются воздухом, движущимся по кольцевому каналу.

Внутреннее охлаждение – пленочное, осуществляется следующим образом: места сочленения конусов жаровых выполнены так, что они образуют ряд кольцевых щелей вдоль жаровой трубы. Воздух из кольцевого канала через отверстия в гофре проходит в кольцевую щель и сливается в сплошную кольцевую пленку, которая смывает внутреннюю поверхность конуса жарового.

Длина конусов жаровых выбрана из условий смывания их на всей длине воздушной пленкой.

На первой обечайке 5 жаровой трубы приварены два патрубка 11 и 12.

В патрубок 11 вставляется пламяпереносящий патрубок 12 соседней жаровой трубы.

На второй обечайке приварены две втулки 15 для установки фиксаторов

Воспламенитель (рис 23) выполнен в виде небольшой камеры сгорания, которая даёт первоначальный факел, разжигающий топливо в основной камере сгорания.

Воспламенитель состоит из корпуса 3, фильтра 2, пусковой форсунки 1, свечи 5, втулки 4. В центральной части корпуса 3 воспламенителя расположена пусковая форсунка 1 воспламенителя, через которую природный газ во время запуска подается в полость воспламенителя. Перед пусковой форсункой расположен сетчатый фильтр 2, очищающий природный газ от механических примесей.

На корпусе воспламенителя крепится запальная свеча 5, работающая от агрегата зажигания

Воздух в корпус воспламенителя поступает из кольцевого пространства камеры сгорания через отверстия в средней части корпуса.

Подача природного газа в основные форсунки камеры сгорания производится только после появления устойчивого пускового факела в обоих воспламенителях.

Рабочая форсунка (рис 24) одноканальная, состоит из корпуса и колпачка. На колпачке по окружности выполнены два ряда отверстий, предназначенных для равномерной раздачи газа

Корпус форсунки выполнен в виде трубки с фланцем, которым форсунка крепится к заднему корпусу КВД

Топливный коллектор выполнен в форме кольца с горизонтальным разъемом и закреплен на корпусе КВД с помощью шарнирных подвесок, обеспечивающих компенсацию радиальных расширений коллектора и корпуса КВД. На коллекторе приварены десять штуцеров.

Для подвода газа к основным форсункам.

Для обеспечения равномерной раздачи газа по форсункам, подвод газа к коллектору выполнен двухсторонним.

ИЗМ. № 1	ИЗМ. № 2	ИЗМ. № 3	ИЗМ. № 4	ИЗМ. № 5	ИЗМ. № 6	ИЗМ. № 7	ИЗМ. № 8	ИЗМ. № 9	ИЗМ. № 10	ИЗМ. № 11	ИЗМ. № 12	ИЗМ. № 13	ИЗМ. № 14	ИЗМ. № 15	ИЗМ. № 16	ИЗМ. № 17	ИЗМ. № 18	ИЗМ. № 19	ИЗМ. № 20	ИЗМ. № 21	ИЗМ. № 22	ИЗМ. № 23	ИЗМ. № 24	ИЗМ. № 25	ИЗМ. № 26	ИЗМ. № 27	ИЗМ. № 28	ИЗМ. № 29	ИЗМ. № 30	ИЗМ. № 31	ИЗМ. № 32	ИЗМ. № 33	ИЗМ. № 34	ИЗМ. № 35	ИЗМ. № 36	ИЗМ. № 37	ИЗМ. № 38	ИЗМ. № 39	ИЗМ. № 40	ИЗМ. № 41	ИЗМ. № 42	ИЗМ. № 43	ИЗМ. № 44	ИЗМ. № 45	ИЗМ. № 46	ИЗМ. № 47	ИЗМ. № 48	ИЗМ. № 49	ИЗМ. № 50	ИЗМ. № 51	ИЗМ. № 52	ИЗМ. № 53	ИЗМ. № 54	ИЗМ. № 55	ИЗМ. № 56	ИЗМ. № 57	ИЗМ. № 58	ИЗМ. № 59	ИЗМ. № 60	ИЗМ. № 61	ИЗМ. № 62	ИЗМ. № 63	ИЗМ. № 64	ИЗМ. № 65	ИЗМ. № 66	ИЗМ. № 67	ИЗМ. № 68	ИЗМ. № 69	ИЗМ. № 70	ИЗМ. № 71	ИЗМ. № 72	ИЗМ. № 73	ИЗМ. № 74	ИЗМ. № 75	ИЗМ. № 76	ИЗМ. № 77	ИЗМ. № 78	ИЗМ. № 79	ИЗМ. № 80	ИЗМ. № 81	ИЗМ. № 82	ИЗМ. № 83	ИЗМ. № 84	ИЗМ. № 85	ИЗМ. № 86	ИЗМ. № 87	ИЗМ. № 88	ИЗМ. № 89	ИЗМ. № 90	ИЗМ. № 91	ИЗМ. № 92	ИЗМ. № 93	ИЗМ. № 94	ИЗМ. № 95	ИЗМ. № 96	ИЗМ. № 97	ИЗМ. № 98	ИЗМ. № 99	ИЗМ. № 100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

029108200 TO

Лист
24

3.4. Турбина высокого давления

Турбина высокого давления приводит во вращение компрессор высокого давления.

Турбина высокого давления – осевая, реактивная, двухступенчатая. Каждая ступень турбины образуется рядом сопловых лопаток, закрепленных в неподвижном корпусе соплового аппарата и следующим за ним рядом рабочих лопаток, закрепленных на диске ротора.

Турбина высокого давления состоит из соплового аппарата I ступени 4 (рис. 25), соплового аппарата II ступени 5, ротора ТВД 1 и опорного венца ТВД 6.

Сопловой аппарат I ступени состоит из силового 11 (рис. 26), наружного 2 и внутреннего 6 корпусов, сопловых лопаток 22[ⓐ], наружных 15 и внутренних 5 башмаков, экрана 10 и спиц 3.

Силовой корпус 11 крепится передним фланцем совместно с наружным корпусом 2 и кожуху камеры сгорания, задним – к корпусу соплового аппарата второй ступени. Наружный корпус 2 крепится к силовому корпусу 11 винтами 1.

В передней части наружного корпуса 2 имеется кольцевая проточка, в которую входит передними выступами наружные башмаки 15.

Башмаки в соединениях по торцам образуют профильные гнезда, в которые вставляются сопловые лопатки 22[ⓐ] с зазором по профилю, для обеспечения свободного перемещения в радиальном направлении. Внутри лопатки вставлен дефлектор 16, [ⓑ] разделенный перегородкой 27 на две половинки. По выходной кромке лопатки выполнены щели для выхода охлаждающего воздуха.

Между дефлектором и внутренней поверхностью лопатки образуется зазор "а" по которому проходит воздух, охлаждающий лопатку. С тор-

цев к лопатке приварены доньшки 21 и 23, закрывающие внутреннюю полость лопатки. В доньшках 21 и 23 имеются отверстия, в которые вставляются втулки 24.

Через отверстия во втулке 24 из полости, образованной экраном 10 и внутренним корпусом 6, воздух поступает в переднюю часть дефлектора, откуда через щели "е" во входной кромке, проходит в зазор "а" между дефлектором и лопаткой, охлаждает их и через щели в выходной кромке лопатки выходит в проточную часть.

Сопловой аппарат II ступени состоит из корпуса 2 (рис. 27), пакетов лопаток 11 и вставок 3, диафрагмы 13 и уплотнительных секторов 17.

Корпус передним фланцем крепится к сопловому аппарату первой ступени, а задним к опорному венцу ТВД. Корпус имеет горизонтальный разъем.

Пакеты лопаток к корпусу крепятся болтами 5. На стыке пакетов имеются зазоры "а", "б" и "в" для тепловых расширений.

В корпусе имеется отверстие для осмотра лопаток. При работе двигателя отверстие закрыто заглушкой 22.

Ротор турбины высокого давления состоит из полого вала 3 (рис. 28) двух облопаченных дисков 4 и 13, лабиринта 15, лабиринтной втулки 20 и восьми секторов 6 с лабиринтными гребешками.

Вал турбины соединен с дисками в один неразъемный узел с помощью

18
выступов, выполненных на дисках, и радиальных штифтов 5, обеспечивающих возможность теплового расширения сопрягаемых деталей в радиальном направлении при сохранении взаимной центровки. Выпадение штифтов от действия центробежных сил предотвращается кольцами 14, вставленными в кольцевые канавки дисков первой и второй ступеней.

На переднем конце вала по наружному диаметру нарезаны шлицы для соединения со шлицевой втулкой КВД.

Сзади на вале установлены лабиринт 15 и лабиринтная втулка 20.

На наружном ободе дисков первой и второй ступеней протянуты елочные пазы для постановки рабочих лопаток 9 и 11.

Спереди на полке рабочей лопатки 9 предусмотрен выступ, который входит в паз кольца экрана соплового аппарата первой ступени и образует уплотнение, препятствующее перетеканию газа из проточной части в полость между экраном соплового аппарата первой ступени и диском первой ступени.

Сбоку на полке имеется канавка для постановки ролика 8, который, перемещаясь под действием центробежной силы, закрывает зазор между полками соседних лопаток и препятствует вытеканию охлаждающего воздуха.

Передней опорой ротора ТВД является задняя опора ротора КВД.

Задней опорой ротора ТВД служит роликовый подшипник 8 (рис. 29), воспринимающий радиальную нагрузку и допускающий тепловое перемещение ротора ТВД в осевом направлении.

Внутренняя обойма подшипника устанавливается на лабиринтной втулке 10.

Наружная обойма устанавливается во втулке, смонтированной в корпусе подшипников опорного венца ТВД.

Для обеспечения нормальной работы роликоподшипника задней опоры

служит нагрузочное устройство, которое статически нагружает подшипник радиальным усилием.

Нагрузочное устройство расположено в корпусе подшипников опорного венца ТВД по оси обтекателя (см. описание опорного венца ТВД).

Нагрузочное устройство состоит из восьми пакетов тарельчатых пружин 5 (рис. 30) по пяти пружин в каждом пакете. Пружины расположены в корпусе нагрузочного устройства 3. Пакеты между собой разделены шайбами 4. ^{Усилия от пружины на подшипник передаётся через штифт 6 и сегмент 7.} ~~Усилия от пружины на подшипник передаётся через штифт 6 и сегмент 7.~~ ²³ Все нагрузочное устройство заключено в экранирующий кожух 2, который крепится к корпусу подшипников винтами 1.

Принцип работы нагрузочного устройства аналогичен работе нагрузочного устройства задней опоры ротора КВД.

Опорный венец состоит из корпуса опорного венца 1 (рис. 31), корпуса подшипников 10 и десяти стоек 2. Стойки с корпусом 1 соединяются при помощи пакетов упругих элементов, которые устанавливаются на цапфу стойки 2 с зазором и крепятся винтами и штифтами. Пакеты упругих элементов компенсируют тепловое расширение стоек.

Пакет упругих элементов состоит из корпуса 3 и восьми пластин 5. Пластины 5 набраны в корпусе и стягиваются стяжкой, ввернутой в стойку и затянуты гайкой 4.

Стойки с корпусом подшипников 10 соединяются пальцами 8 и 11.

Масло на смазку подшипников подается по трубе 5 (рис. 32) и затем по сверлениям в корпусе подшипников поступает в коллекторы 8 и 11 и далее к жиклерам 9 и 10. Жиклеры 9 и 10, а также жиклеры, расположенные на коллекторе, подают масло на беговые дорожки подшипников.

Труба подвода масла 5 имеет уплотнение, состоящее из фланца 6, уплотнительного кольца 1, нажимного кольца 2 и гайки 3. На входе мас-

ла в Трубу установлен фильтр 4.

Слив масла из масляной полости осуществляется по трубе 8 (рис. 33).

По трубе 7 (см. рис. 32) подаётся воздух в полость "б" на охлаждение. Воздух, выходя из полости "б" через кольцевую щель "а", образует пленку, охлаждающую диск третьей ступени ротора ТНД.

Трубы подвода и слива масла проходят через обтекатели 13 и 5 (см. рис. 33).

По оси обтекателя 2 расположено нагрузочное устройство.

Через трубы подвода воздуха 1 и 4 (рис. 33а) и угольник 2 воздух из-за V ступени КВД подаётся в полость "б" для охлаждения диска II ступени ротора ТВД и снижения температуры газов, прорвавшихся в масляную полость опорного венца через переднюю уплотнительную крышку. Часть воздуха по сверлению в корпусе подшипников поступает в полость "а" из полости "б" и снижает температуру газов, прорвавшихся в масляную полость через заднюю уплотнительную крышку.

3.5. Турбина низкого давления

Турбина низкого давления приводит во вращение компрессор низкого давления.

Турбина низкого давления – осевая, реактивная, двухступенчатая состоит из соплового аппарата III ступени I (рис. 34), соплового аппарата IV ступени 3, ротора ТНД 2 и опорного венца ТНД (на рисунке не показан).

Передним концом вал ротора ТНД внутренними шлицами соединен с внутренним валом КНД и передает крутящий момент от ротора турбины на ротор компрессора. Внутренний вал КНД затягивается стяжкой 8, с упором в сферические кольца 9 и 10, контрится втулкой шлицевой 7, заглушкой 6 и гайкой 4.

Заглушка 6 исключает ^{попадание} ~~попадание~~ масла во внутреннюю полость ротора ТНД. (18)

Сопловой аппарат III ступени состоит из корпуса I (рис. 35), пакетов лопаток 6, вставок 3 и уплотнительного кольца 7.

Пакеты лопаток вставлены в пазы корпуса наружного и закреплены винтами 5. На сопловом аппарате предусмотрены зазоры "а" и "б" для возможности теплового расширения. Корпус соплового аппарата не имеет горизонтального развѐма. В корпусе имеется отверстие для осмотра лопаток. При работе двигателя отверстие закрыто заглушкой 22. (18) (7)

Сопловой аппарат IV ступени (рис. 36) по конструкции аналогичен сопловому аппарату второй ступени.

Ротор турбины низкого давления состоит из вала ТНД 6 (рис. 37), диска турбины III ступени 10, диска турбины IV ступени 16, лопаток турбины III и IV ступеней 13 и 15, лабиринтов 7 и 19, лабиринтных втулок 1 и 25 и секторов 9.

Вал турбины соединен с дисками с помощью радиальных штифтов 8.

обеспечивающих возможность теплового расширения сопрягаемых деталей в радиальном направлении при сохранении взаимной центровки. Выпадение штифтов от действия центробежных сил предотвращается кольцами 18, вставленными в кольцевые канавки дисков третьей и четвертой ступеней.

На переднем и заднем концах вала напрессованы лабиринты 7 и 19 и лабиринтные втулки 1 и 25.

Внутри вала имеются шлицы и два посадочных места для центровки внутреннего вала.

На ободке дисков третьей и четвертой ступеней протянуты ёлочные пазы для постановки рабочих лопаток 13 и 15. Рабочие лопатки по конструкции аналогичны рабочим лопаткам турбины высокого давления.

Передняя и задняя опоры — роликовые подшипники 4 и 21, внутренние обоймы которых установлены соответственно на лабиринтных втулках 1 и 25 и захвачены гайками 2 и 24.

Наружная обойма подшипника передней опоры 4 устанавливается в опорном венце ТВД, наружная обойма подшипника задней опоры — в опорном венце ТНД.

Осевое положение внутренней обоймы относительно наружной устанавливается регулировочными кольцами 5 и 20.

Конструкция опор аналогична конструкции задней опоры ротора ТНД. Опорный венец ТНД (рис. 38) предназначен для размещения задней опоры ротора турбины низкого давления и передней опоры ротора силовой турбины. Опорный венец образует проточную часть между турбиной низкого давления и силовой турбиной.

Опорный венец состоит из корпуса опорного венца 2, корпуса подшипников 6 и десяти стоек 3. Стойки с корпусом подшипников соединены пальцами 19 и 20, а с наружным корпусом опорного венца соеди-

няются при помощи пакетов упругих элементов, которые устанавливаются на цапфу стойки 3 с зазором и крепятся винтами к наружному корпусу. Пакеты упругих элементов компенсируют тепловые расширения стоек.

Пакет упругих элементов состоит из корпуса и восьми пластин. Пластины набраны в корпус фланца I и стягиваются стяжкой, ввернутой в цапфу стойки и затянуты гайкой.

В корпусе подшипников расточены гнезда для монтажа втулки 15 и корпуса импеллера 12, в которых устанавливаются наружные обоймы роликоподшипников II и I4. Подшипники закреплены при помощи колец 10, 16 и винтов.

Наружный 23 и внутренний 22 кожуха образуют проточную часть и изолируют корпус подшипников и наружный корпус 2 от горячих газов проточной части.

Между кожухами в проточной части опорного венца расположены три обтекателя I, 2, 8 (рис. 39) через которые проходят соответственно труба подвода масла, труба отвода масла от импеллера и труба слива масла.

Обтекатели входят в прорезы на внутреннем и наружном кожухах. Против каждого обтекателя на наружном корпусе имеются окна для выхода труб.

Масло на смазку и охлаждение подшипников и к импеллеру подводится через трубу подвода масла (рис. 40). В которую вмонтирован фильтр 5. Труба подвода масла ввёрнута в корпус подшипников и уплотняется медной прокладкой 9. Уплотнение трубы по наружному корпусу состоит из фланца 3, кольца уплотнительного I, нажимного кольца 2 и гайки 7.

Через сверления в корпусе подшипников масло поступает к дополнительным жиклёрам 10 и 15, а через расточку и телескоп 12 масло под-

вводится к корпусу импеллера.

Из корпуса импеллера часть масла подводится к жиклёрам II и I4, которые служат для подачи масла на беговые дорожки подшипников, часть через жиклёр I3 поступает к импеллеру.

Слив и суфлирование масляной полости осуществляется через трубу слива масла 10 (см. рис. 39).

3.6. Силовая турбина

Силовая турбина приводит во вращение нагнетатель. Силовая турбина — осевая, реактивная, двухступенчатая состоит из опорного венца ТНД 1 (рис. 41), соплового аппарата V ступени 2, соплового аппарата VI ступени 3, опорного венца силовой турбины 4 и ротора силовой турбины 4.

Вращение от ротора силовой турбины на нагнетатель передается через рессору 6 и фрикционную муфту предельного момента.

Задняя опора ротора силовой турбины размещена в опорном венце силовой турбины 6 и состоит из шарикового подшипника 13, роликового подшипника 9, маслоотражательного кольца 3. Между подшипниками установлены распорные кольца 10 и 11. Пакет подшипников зажимается гайкой 7.

Передняя опора ротора силовой турбины размещена в опорном венце ТНД и состоит из роликового подшипника 15, захваченного гайкой 17.

Для подачи масла в систему регулирования двигателя служит импеллер 20.

Импеллер посажен на втулку, которая связана с ротором силовой турбины с помощью штифтов. Давление создаваемое импеллером пропорционально оборотам ротора силовой турбины.

Импеллер находится в полости, образованной корпусом импеллера 23 и крышкой 22.

Полость нагнетания уплотняется бронзовыми кольцами 19.

Масло через трубу подвода масла и телескоп 12 (см. рис. 40) попадает в корпус импеллера и по сверлению в крышке 22 (см. рис. 41) подводится к жиклеру 21, что обеспечивает осевой подвод к импеллеру определенного количества масла.

Из полости нагнетания масло поступает в трубу отвода масла 7 (рис. 42), связанную с корпусом импеллера телескопом $\phi 12$.

Труба отвода масла от импеллера ввернута в корпус подшипников и уплотняется медной прокладкой 8. Уплотнение по наружному корпусу состоит из фланца 3, кольца уплотнительного 1, нажимного кольца 2 и гайки 6. От виворачивания трубы отвода масла от импеллера служит замок 4. Теплоизоляцию трубы обеспечивают: дефлектор 8, асбестовая ткань 9.

Сопловый аппарат У ступени (рис. 43) состоит из корпуса 8, пакета лопаток 4, уплотнительного кольца 6. Пакеты лопаток вставлены в пазы корпуса наружного и закреплены винтами 1. В корпусе имеется отверстие для осмотра лопаток. При работе двигателя отверстие закрыто заглушкой 9.

Сопловой аппарат УІ ступени (рис. 44) состоит из корпуса 1, пакетов лопаток 19, диафрагмы 10 и уплотнительных секторов 11. Пакеты лопаток и корпусу крепятся болтами 2.

Ротор турбины силовой предназначен для превращения тепловой энергии в механическую работу, передаваемую через рессору на нагнетатель.

Ротор состоит из диска У ступени 9 (рис. 45), диска УІ ступени 19, рабочих лопаток турбины У 12 и УІ ступени 15, вала 28 и эластичной муфты 22.

Вал с диском соединен в один неразъемный узел с помощью радиальных штифтов 10, обеспечивающих возможность теплового расширения сопрягаемых деталей в радиальном направлении при сохранении взаимной центровки. Выпадение штифтов от действия центробежных сил предотвращается кольцами 14, вставленными в кольцевые канавки дисков.

На переднем и заднем концах вала напрессованы лабиринтные втулки 20 и 30, на которые посажены лабиринты 21 и 29. На переднюю лабиринтную втулку 30 установлено регулировочное кольцо 31, внутренняя обойма роликового подшипника 22, захваченная гайкой 7. Гайка 7 контрится шайбой 8.

С целью устранения перетекания газа из проточной части мимо соплового аппарата на валу 28 между дисками выполнены гребешки, которые

В сочетании с уплотнительной крышкой соплового аппарата У1 ступени образуют уплотнение.

Для установки рабочих лопаток на наружных ободах дисков У и У1 ступеней протянуть елочные пазы, Крепление лопаток и соевая фиксация их аналогична по конструкции креплению и осевой фиксации рабочих лопаток ротора ТВД, т.е. при помощи замка.

Передней опорой ротора является роликовый подшипник, наружная обойма которого установлена в корпусе подшипников опорного венца ТНД (см. рис. 41).

Заднюю опору образуют два подшипника: роликовый, воспринимающий радиальные нагрузки и шариковый, воспринимающий осевые усилия, силовой турбины. Внутренние обоймы подшипников устанавливаются на лабиринтной втулке 20 (см. рис. 45), а наружные обоймы устанавливаются в опорном венце силовой турбины.

На диске У1 ступени 19 крепится штифтами 16 лабиринт 17, который в сочетании с металлокерамическими вставками образует уплотнение, препятствующее перетеканию воздуха из разгрузочной полости.

На задний конец вала силовой турбины установлена эластичная муфта 22, которая зажимается гайкой 25. Болт 26 предохраняет муфту от деформации в осевом направлении.

На переднем конце вала 28 запрессована втулка 33, на которой установлен импеллер 6, зажатый гайкой 1, которая в свою очередь контрится шайбой 2.

Давление масла создаваемое на выходе из импеллера поступает в регулятор оборотов и используется там в качестве параметра, пропорционального величине оборотов силовой турбины.

Муфта эластичная предназначена для передачи крутящего момента с вала силовой турбины на нагнетатель и состоит из корпуса 3 (рис. 46), щеки 2 и втулки 6, соединенные между собой болтами 1 и 7.

Корпус 3 соединен с валом силовой турбины шлицами. Щека 2 имеет сзади фланец со шлицами, к которому присоединяется рессора.

На корпусе установлены лабиринты 4 и 5, которые в сочетании с задней крышкой опорного венца силовой турбины образуют уплотнение масляной полости опорного венца силовой турбины.

Опорный венец силовой турбины предназначен для размещения задней опоры ротора силовой турбины. Опорный венец образует проточную часть между турбиной нагнетателя и газоотводом.

Опорный венец состоит из корпуса опорного венца 1 (рис. 47), корпуса подшипников 7, девяти стоек 5 и трёх обтекателей 1, 2 и 6 (рис. 48).

Стойки 5 (см. рис. 47) с корпусом подшипников соединены при помощи пальцев 8, а с корпусом опорного венца 1 при помощи фланцев 4, которые насажены на цапфы стоек с зазором и крепятся к наружному корпусу винтами и штифтами. Между корпусом опорного венца и торцами стоек имеется зазор, необходимый для компенсации тепловых расширений стоек.

В корпусе подшипников расточено гнездо для постановки втулки, в которую монтируется задняя опора ротора силовой турбины, состоящая из подшипников 11 и 13, зажатых кольцом 14.

Спереди и сзади к корпусу подшипников крепятся уплотнительные крышки 9 и 15.

В отличие от опорных венцов ТВД и ЛНД в опорном венце силовой турбины отсутствует наружный кожух, так как температура газов сравнительно низкая.

Масло на смазку подшипников подается по трубе 5 /рис. 49/. Через сверления в корпусе подшипников масло поступает в масляной коллектор откуда через жиклёр 7 и раздаточный коллектор 6 на беговые дорожки подшипников. Для замера давления в разгрузочной полости ТС служит труба 1.

Слив масла и суфлирование корпуса подшипников осуществляется через трубу слива масла 5 /см. рис. 48/.

Через трубу подвода воздуха 2 и 3 и переходник 1 /рис. 50/ воздух из заднего корпуса КВД подводится в разгрузочную полость силовой турбины.

Подпор лабиринтов задней уплотнительной крышки с целью устранения выливания масла из масляной полости опорного венца осуществляется воздухом, поступающим из разгрузочной полости силовой турбины через сквозные отверстия в корпусе подшипников.

Рессора передаёт крутящий момент от турбины силовой к нагнетателю и состоит из переднего фланца 1, трубы 2, индуктора 3, лабиринта 4, втулки 5, заднего фланца 6, проставки 7.

Передний фланец 1 и задний фланец 6 соединены с трубой 2 в неразъёмный узел штифтами 8 и 9.

Передним фланцем рессоры соединяется болтами со щекой эластичной муфты ТН, задним — через проставку 7 болтами 10 с валом нагнетателя,

Разъёмная конструкция рессоры позволяет ставить и снимать рессору без перемещения двигателя и нагнетателя на фундаментах.

3.7. Охлаждение турбин.

На двигатель предусмотрено охлаждение воздухом основных деталей и узлов турбин высокого и низкого давления.

Диски ротора ТВ, зашки лопаток первой и второй ступеней, наружные корпуса сопловых аппаратов первой и второй ступеней, сопловые лопатки первой ступени охлаждаются вторичным воздухом, отбираемым из камеры сгорания.

Для охлаждения диска I ступени ротора ТВД воздух из камеры сгорания через отверстия 66 (рис. 52) проходит в полость 67, затем из полости 67 через отверстия 6 поступает в полость 68 между кожухом вала и валом ТВД, охлаждает диск и ступицу первой ступени.

Через трубу подвода воздуха ТТ в полость 49 из-за У ст. КВД подается воздух, который охлаждает ступицу диска II ступени и снижает температуру газа, прорвавшегося в масляную полость опорного венца через переднюю уплотнительную крышку.

Из полости 49 часть воздуха через отверстия 46 в корпусе подшипников ТВД проходит в полость 43 задней уплотнительной крышки, охлаждая корпус подшипников ТВД, откуда через щель 40 попадает в полость 39 между задней стенкой опорного венца ТВД и диском третьей ступени, охлаждает переднюю сторону диска 3-ей ступени и выходит в проточную часть.

Другая часть воздуха из полости 49 через щель между передней крышкой и лабиринтом поступает на подпор в полость 47 и через фрезеровки 48, 44, и отверстия 46 в корпусе подшипников поступает в полость 12; стравливаемый воздух из лабиринтных уплотнений опорного венца ТВД, через отверстия 41 и 37 проходит в полость уплотнительной крышки 35 на подпор лабиринтных уплотнений опорного венца ТВД.

Третья часть воздуха из полости 49 через щель между диском второй ступени и передней уплотнительной крышкой попадает в полость 15,

Охлаждает заднюю сторону диска второй ступени и выходит в проточную часть.

Из полости 35 часть воздуха через отверстия 33 в корпусе подшипников ТНД и уплотнительных крышках попадает в полость 32 между уплотнительными крышками, откуда через фрезеровки 31 проходит на подпор в полость 30 и через щель между задней крышкой и лабиринтом попадает в полость 29 между задней стенкой опорного венца ТНД и диском 5-ой ступени, и выходит в проточную часть. Другая часть воздуха из полости 35 через щель между передней крышкой и лабиринтом поступает на подпор в полость 34.

Третья часть воздуха через щель 36 поступает в полость 21 и через щель 20 выходит в проточную часть, препятствуя проникновению горячих газов в полость 21.

Для охлаждения сопловых аппаратов первой и второй ступеней вторичный воздух через отверстия 70 поступает в полость 71.

Из полости 71 часть воздуха через отверстия 72 проходит в полость 73 между внутренним корпусом и внутренним башмаком, охлаждает их и через фрезеровки 75 во внутренних башмаках выходит в проточную часть.

Другая часть воздуха через фрезеровки в экране и кольцо экрана 76 подается на охлаждение замков рабочих лопаток первой ступени, затем проходит в полость между полками лопаток первой ступени и диском, охлаждает их и выходит в полость 53, охлаждает заднюю сторону диска первой ступени и через щель 52 попадает в полость 50, охлаждает переднюю сторону диска второй ступени, замки рабочих лопаток второй ступени и выходит в проточную часть.

Третья часть воздуха через втулку 74 проходит в дефлектор и через щели во входной кромке дефлектора поступает в зазор между деф-

лектором и внутренней поверхностью лопаток ¹² и охлаждает их, ¹³ часть этого воздуха через пазы в выходной кромке лопатки выходит в проточную часть. Другая часть через втулку 4 поступает в полость 6, образованную сляловым и наружным корпусами соплового аппарата первой ступени. ¹³

В эту полость ¹³ дополнительно подается вторичный воздух через отверстия 2, охлаждает корпус и через отверстия 8 и 9 поступает в полость 10 между корпусом и наружным кольцом соплового аппарата второй ступени, охлаждает их и через отверстия 11 поступает в полость 12 охлаждает вставки и выходит в проточную часть через зазоры между вставками и отверстия 13.

Через отверстия I вторичный воздух поступает в полость 3 между наружным корпусом и башмаками, охлаждает их и ¹³ пазы 4 и через отверстия 5 поступает в полость 7 между кольцом соплового корпуса и вставками, охлаждает их и через зазоры между вставками выходит в проточную часть.

Часть воздуха из полости 68, проходя через два ряда уплотнений попадает в полость 59. Из полости 59 часть воздуха через отверстия 58 поступает в полость 60 и через отверстия 61 и 62 попадает в полость 64, откуда через втулку 63 стравливается в окружающую среду.

Другая часть воздуха из полости 59 через отверстия 57 поступает на подпор лабиринтных уплотнений промежуточной опоры и опорного венца ТВД, предотвращая утечку масла.

Вторичный воздух по трубе 45 из камеры сгорания подводится в полость 16, образованную задней стенкой опорного венца ТВД и экраном.

через отверстия 17 ¹⁹

Из полости 16 ¹⁹ воздух поступает в кольцевую щель ¹², выходя из которой образует пленку, препятствующую проникновению горячих газов

проточной части в полость 39 между диском третьей ступени и опорным венцом ТВД.

Затем этот воздух попадает в полость между полками лопаток и диском третьей ступени, охлаждает их и часть выходит в проточную часть, а часть проходит через щель 38 в полость 19, и выходит в проточную часть.

Через трубы 22 воздух из ^{заднего} ~~разгрузочной полости КВД~~ корпуса подаётся в раз-¹⁰грузочную полость 28 силовой турбины для подпора лабиринтов передней уплотнительной крышки, а через отверстия 26 в корпусе подшипника на подпор задней уплотнительной крышки.

Изм. №	Подпись и дата	Изм. №	Подпись и дата	Изм. №	Подпись и дата
29-1582		920-945			

029108200 TO

лист
42

№ п/п	номера листов (ппп)				Всего листов (страниц) в докум.	№ докум.	Входящий № сопроводящ. документа и дата	Подпись	Дата
	изменен-ных	замени-ных	новых	изъятых					
—	—	—	—	—	54	29-0136 $\frac{3}{2}$			
①	1515	—	—	—	54	P59-0266 $\frac{7}{8}$			
②	59	—	—	—	54	P59-0310 $\frac{11}{12}$			
②	61	—	—	—	54	P59-0301 $\frac{4}{4}$			
③	66					29C-0073 $\frac{4}{6}$			
4	144					29C-0088 $\frac{27}{31}$			
5	9,21					29C-0133 $\frac{3}{4}$			
6	9					29C-0092 $\frac{9}{20}$			
7	26,30					29C-0034 $\frac{1}{3}$			
8		38				29C-0434 $\frac{12}{14}$			
9		35	—	—	—	29C-0920 $\frac{1}{12}$			
10	42	18	—	—	54	29C-1071 $\frac{11}{16}$			
11	35	—	—	—	54	29C-1158 $\frac{13}{13}$			
12		37	—	—	—	29C-1351 $\frac{7}{8}$			
13	25,41	26	—	—	—	M59C-1750 $\frac{9}{23}$			
14	41	29,39	—	—	—	29C-1430 $\frac{1}{2}$			
15	13,15	—	—	—	—	29C-1414 $\frac{13}{27}$			
16	14,16,17	—	—	—	—	29C-1425 $\frac{1}{4}$			
17	26	—	—	—	—	29C-1660 $\frac{1}{2}$			
18	27,30	—	—	—	—	29C-1877 $\frac{1}{2}$			
19	4, 7, 8, 10, 13, 38, 80, 21, 19, 23	9, 14, 15, 22, 22	—	—	—	29C-1977			
20	—	43-48, 49	—	—	—	P59-0247 $\frac{11}{14}$			
21	—	20	—	—	—	P59-0314 $\frac{11}{14}$			
22	2, 54	—	—	43-53	43	29-0437 $\frac{3}{5}$			
23	28	—	—	—	—	—E54C-2709 $\frac{8}{11}$			
24	—	45	—	—	—	—P59-0181 $\frac{17}{18}$			
25	28	—	—	—	—	—39C-1996			
26		23	—	—	—	—29C-2557			

029108200 TO

лист

43