

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

С. В. ФАЛАЛЕЕВ

Конструкция ТРДД НК-8

Электронное учебное пособие

САМАРА

2013

УДК 621.431.75

ББК 39.55

Автор: **Фалалеев Сергей Викторович**

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Н. Матвеев

Фалалеев, С. В. Конструкция ТРДД НК-8 [Электронный ресурс] : электрон. учебное пособие / С. В. Фалалеев; М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева (Нац. исслед. ун-т). – Электрон. текстовые и граф. дан. (5,08 Мбайт). – Самара, 2013. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Данное учебное пособие посвящено конструкции двигателя НК-8. Изложены общие сведения о двигателе и о летательном аппарате, на котором он применяется, приведены описания конструкции основных узлов двигателя: компрессора низкого давления, компрессора высокого давления, камеры сгорания, турбины высокого давления, турбины низкого давления, реактивного сопла и реверсивного устройства. Приводятся сведения о системе смазки и суфлирования, а также о противопожарной системе двигателя.

Учебное пособие предназначено для подготовки специалистов факультета «Двигатели летательных аппаратов» по специальности 160700.65 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» (специализация «Информационные технологии проектирования и моделирования в авиадвигателестроении») по дисциплинам: «Основы конструкции двигателей» (7 семестр), «Проектирование силовых установок и управление проектами» (А семестр), «Проектирование основных узлов двигателей» (8 семестр) и магистров по направлению 160700.68 «Двигатели летательных аппаратов» (магистерская программа «Интегрированные информационные технологии в авиадвигателестроении») по дисциплинам: «Проектирование силовых установок» (А семестр), «Конструирование основных узлов и систем авиационных двигателей» (9 семестр).

Электронное учебное пособие подготовлено на кафедре конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов СГАУ.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Общие сведения о двигателе.....	5
1.1 Краткое описание двигателя.....	5
1.2 Краткое описание ЛА.....	7
1.3 Основные данные двигателя	10
2 Компрессор.....	12
2.1 Общие сведения о компрессоре.....	12
2.2 Компрессор низкого давления.....	14
2.3 Компрессор высокого давления	27
2.4 Средняя опора.....	39
3 Камера сгорания.....	42
4 Турбина	48
4.1 Общие сведения о турбине.....	48
4.2 Турбина высокого давления.....	49
4.3 Турбина низкого давления.....	55
5 Реактивное сопло.....	63
6 Реверсивное устройство.....	65
7 Оболочки и проставка.....	73
8 Топливная система.....	76
9 Система смазки и суфлирования	83
10 Противопожарная система двигателя.....	102
Заключение.....	104
Список используемой литературы.....	105

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие «Конструкция ТРДД НК-8» составлено на основе технического описания и инструкции по эксплуатации [1]. Оно является частью серии пособий, выполненных на основе реализации «Программы развития национального исследовательского университета». Программа предусматривала создание объемных моделей авиационных двигателей, находящихся в «Центре истории авиационных двигателей», созданного при кафедре «Конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов» СГАУ. Объемные модели создавались для тех двигателей, которые являются удачно препарированными и имеют актуальность для изучения студентами факультета ДЛА СГАУ. Создание объемных моделей преследовало цель облегчить изучение элементов конструкции, которые трудно изучить на основе двухмерных чертежей и эскизов и являются плохо видными на макетах двигателей.

Трехмерные модели деталей и узлов двигателя НК-8 были разработаны студентами группы 2604: Юлюминым К.В., Константиновым А.А., Ибрахимом З., Солдатовым Д.А. Компьютерная верстка текста учебного пособия выполнена студентами группы 2404: Остапюком Я.А., Филиновым Е.П.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ДВИГАТЕЛЕ

1.1 Краткое описание двигателя

На магистральных реактивных самолетах Ту-154 и Ту-154А установлены двигатели НК-8-2 и НК-8-2У.

Основное отличие Ту-154А от своего предшественника заключается в замене двигателя НК-8-2 с взлетной тягой 9500 кгс двигателем НК-8-2У с большей взлетной тягой.

Турбовентиляторный двигатель НК-8-2У представляет собой двухконтурный, двухкаскадный, газотурбинный двигатель со смешением потоков воздуха и газа (рисунок 1.1). Этот двигатель является модификацией двигателя НК-8-2, у него повышенная тяга, уменьшенный удельный расход топлива и увеличенная тяга реверса. На взлётном и крейсерских режимах у двигателя НК-8-2У более высокие запасы газодинамической устойчивости.

На двигателе НК-8-2У установлена система сигнализации опасной температуры подшипников СТП-3 и система ограничения температуры выходящих газов РТ-12-9АТ.

В масляной системе в линии откачки масла из опор стоят магнитные пробки, позволяющие судить о состоянии деталей опор роторов. Для осмотра в процессе эксплуатации проточной части двигателя, лопаток компрессора низкого и высокого давления, а также лопаток турбины предусмотрены специальные окна, через которые может осуществляться зачистка забоин на лопатках без снятия двигателя. Кроме того, на двигателе выполнены работы, повышающие надежность узлов и их ресурс.

На самолете Ту-154А в хвостовой части фюзеляжа установлены три двигателя НК-8-2У.

Два внешних двигателя — первый и третий — установлены в легкоосъемных гондолах на горизонтальных пилонах, а второй двигатель установлен на

внутренней гондоле внутри фюзеляжа. Для улучшения посадочных характеристик самолета на внешние двигатели установлен реверс тяги.

Для обеспечения удобств эксплуатации все агрегаты расположены в нижней части двигателя. Максимально уменьшена длина и количество трубопроводов.

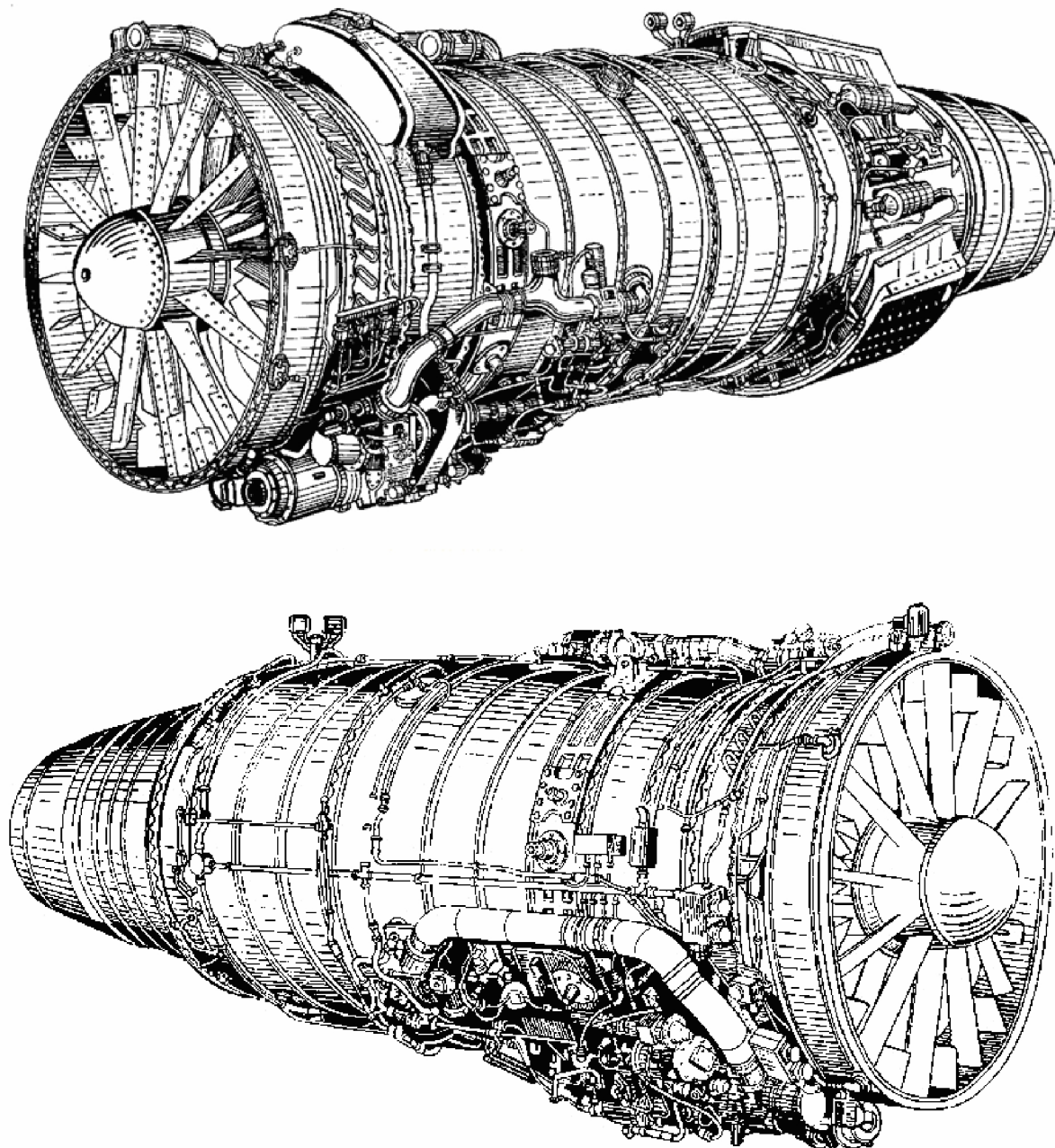


Рис. 1.1 Двигатель НК-8

1.2 Краткое описание ЛА

Самолет Ту-154 (рисунок 1.2) стал самым массовым советским реактивным пассажирским самолетом на воздушных линиях СССР. Всего в период с 1968 по 2006 гг. было выпущено 935 самолетов Ту-154 нескольких модификаций, основными из которых стали Ту-154Б и Ту-154М. [2]



Рис. 1.2 Ту-154

Самолет Ту-154Б производился с 1975 г. и отличался от ранних серий усиленной конструкцией крыла, дополнительными топливными баками и аварийными выходами. Всего было построено 378 самолетов модификаций Ту-154Б-1 и Ту-154Б-2. Кроме этого, в Ту-154Б были модернизированы все ранее выпущенные самолеты Ту-154 и Ту-154А.

В 1982 г. состоялся первый полет модели Ту-154М с новыми более экономичными двигателями и улучшенной аэродинамикой крыла. До 2006 г. было произведено 382 самолета Ту-154М, многие из которых и сегодня продолжают перевозить пассажиров.

К конструктивным особенностям проекта самолета Ту-154 можно отнести:

- трехдвигательная схема, с переводом тяги двигателей в крейсерском полете на сниженный режим полета (0,7-0,75 номинала), что положительно должно было сказываться на ресурсных показателях силовой установки;
- высокая степень механизации крыла (предкрылки, трехзвеньевые закрылки и интерцепторы), что позволяло получить не только умеренные скорости взлета и захода на посадку, но и давала широкие возможности по вертикальному маневру, что, в свою очередь, обеспечивало удовлетворительные показатели по шумам на местности;
- на самолете Ту-154 впервые в отечественной практике был реализован, для пассажирской машины, принцип многократного резервирования всех основных систем, что явилось залогом высокой безопасности полета и позволило проектировать системы по принципу безопасного отказа;
- впервые в практике отечественного пассажирского самолетостроения, а тем более в практике ОКБ, были применены необратимые бустеры на всех рулевых поверхностях;
- для Ту-154 было разработано основное шасси с трехосной тележкой, что позволило снизить нагрузку на аэродромную плиту до 17000-19000 кг (в отличие от Боинга-727-200А, у которого аналогичный показатель равен 31000-33000 кг) и улучшить тормозные и разгонные характеристики самолета;
- Ту-154 стал первым самолетом ОКБ, на котором была установлена вспомогательная силовая установка, обеспечившая автономность самолета на земле;
- впервые в практике ОКБ на Ту-154 была внедрена первичная система переменного тока стабильной частоты с обеспечением параллельной работы всех основных генераторов, что значительно повысило надежность электросистемы и улучшило ее эксплуатационные характеристики;

- впервые в практике ОКБ на самолете Ту-154 был применен реверс тяги двигателей, что позволило значительно улучшить посадочные характеристики самолета;
- на самолете Ту-154 была внедрена автоматизированная бортовая система БСу-154 (АБСу-154), позволившая автоматизировать процесс пилотирования практически на всех режимах полета, вплоть до посадки (первоначально, согласно требованиям по 1-ой категории ICAO, а затем в ходе модернизации самолета по 2-ой);
- самолет Ту-154 стал в практике ОКБ одним из первых самолетов, в котором были частично применены принципы комплексирования бортового оборудования.

Летно-технические характеристики приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

ЛТХ Ту-154

Модификация	Ту-154
Размах крыла, м	37.55
Длина самолета, м	47.90
Высота самолета, м	11.40
Площадь крыла, м ²	201.45
Масса, кг	
пустого самолета	50775
максимальная взлетная	94000
Внутреннее топливо, кг	39750
Тип двигателя	3 ТРДД Авиадвигатель (Кузнецов) НК-8-Т
Тяга, кгс	3 x 9500
Крейсерская скорость, км/ч	950
Практическая дальность, км	6600
Дальность действия, км	2750-3740
Практический потолок, м	12000
Экипаж, чел	4
Полезная нагрузка:	160 пассажиров или 17000 кг груза

1.3 Основные данные двигателя

Ниже (в таблице 1.2) приведены параметры двигателя по режимам работы на земле при условиях, что
($V=0$, $p_H=760$ мм. рт. ст., $t_H=150^{\circ}\text{C}$)

Таблица 1.2

Режим	Угол поворота рычага управления двигателем, град	Тяга, кгс	Частота вращения ротора высокого давления, %	Частота вращения ротора низкого давления, с соплом, %	Частота вращения ротора низкого давления, с реверсом тяги, %	Температура газов за турбиной (не более), $^{\circ}\text{C}$	Давление масла, кгс/см ²	Время непрерывной работы, мин
Взлетный	114±2 (на упоре НР-8-2У)	10500 ⁻²¹⁰	95,5 ^{+1,-1,5}	96+1,5	95 ^{+1,-2}	630	4-0,5	Не более 15% от ресурса
Номинальный	106±1	8850+150	92,5+1	91 +1	91,5+1	590	4-0,5	Не ограничено, но не более 20% от ресурса
0,85номинального	96±2	7500+150	89,5+1	86+1	86,5+1	559	4-0,5	Не ограничено
0,7 номинального	86±3	6200+150	86,5+1	80,5+1	81,5+1	500	4-0,5	То же
0,6номинального	80±3	5300+150	84+1	76+1	77+1	475	4-0,5	
0,4номинального	66±3	3550+150	78,5+1	65,5+1	66+1	430	4-0,5	
Малый газ	25-40	650+150	55,5 ⁻³	29-33	29-33		Не менее 2,5	Не более 1 ч*
Максимальная обратная тяга	о ⁺² 3 ⁻³ (на упоре НР-8-2У)	3600+150	88 ^{+2,-1,5}	-	86+1	575	4-0,5	Не более 1 мин

* При нагрузке на генератор 20 ... 25 кВ*А (не более).

Примечания

- 1 Температура масла на входе в двигатель на всех режимах, после прогрева 40 ... 100° С.
2. Вибрация по передней и задней опорам не более 40 мм/с на всех режимах.
3. Частоту вращения 98,5% по ротору ВД и 101% по ротору НД не превышать.
4. Графики изменения частоты вращения роторов ВД и НД по режимам работы в зависимости от температуры наружного воздуха приведены в гл. 10.
5. 1% по указателю ИТЭ-2 (ИТЭ-1) для частоты вращения ротора ВД соответствует 73,9 об/мин, для частоты вращения ротора НД — 56,3%.

Ниже (в таблице 1.3) приведены параметры двигателя по режимам в полете

Таблица 1.3

Режим	Угол поворота рычага управления двигателем, град	Частота вращения ротора высокого давления для всех высот и скоростей, %	Частота вращения ротора низкого давления, %				Давление масла в двигателе, кгс/см ²
			Н=11000 м, V=850 км/ч		Н=8000 м, V=850 км/ч		
			с соплом	с реверсом тяги	с соплом	с реверсом тяги	
Номинальный	106 +1	95,5+1	96,5+1	97,5+1	95+1	96+1	4-0,5
0,85 номинального	96+2	89,5+1	93 +1	94+1	90+1	91 +1	4-0,5
0,7 номинального	86+3	86,5+1	87+1	88+1	85+1	86+1	4-0,5
0,6 номинального	80+3	84+1	82,5+1	83,5+1	80+1	81+1	4_0,5
0,4 номинального	66+3	78,5+1	71,5+1	72,5+1	69,5+1	70,5+1	4-0,5
Малый газ	25-40	-	69 ⁺¹	70 ⁺¹	60 ⁺¹	61 ⁺¹	Не менее 2,5

Примечания.

1. На высотах 10000 м и выше допускается уменьшение давления масла на режимах выше малого газа до 3,3 кгс/см².

2. Вибрация по передней и задней опорам не более 40 мм/с на всех режимах.

3. Частота вращения ротора высокого давления на режиме малого газа с увеличением высоты полета возрастает от 55,5_3% на высоте, равной 0 м, до 75% примерно на высоте 11000 м.

4. Температура масла в двигателе должна быть на всех режимах в пределах 40... 100° С.

2 КОМПРЕССОР

2.1 Общие сведения о компрессоре

Компрессор предназначен для всасывания, сжатия и подачи воздуха в камеру сгорания.

Компрессор является одним из основных элементов газотурбинного двигателя, во многом определяющим размеры, массу, экономичность и ряд важных конструктивных особенностей двигателя. Поэтому к конструкции компрессора предъявляются следующие основные требования:

- обеспечение заданной степени повышения давления воздуха при значительной производительности и сравнительно малых габаритах и массе;
- высокое значение КПД на рабочих режимах;
- устойчивая работа в широком диапазоне частоты вращения;
- простота конструкции;
- высокая эксплуатационная надежность;
- хорошая компоновка с камерой сгорания и другими узлами двигателя. Особенное место в практике эксплуатации газотурбинных двигателей занимает вопрос запасов устойчивой работы компрессора.

Для осевого компрессора как для лопаточной машины существует так называемый «расчетный» режим работы. На этом режиме производится газодинамический расчет компрессора, определяются все его основные параметры: скорости, геометрические размеры, углы установки лопаток, обеспечивается безударное, безотрывное обтекание лопаток всех ступеней компрессора. В условиях эксплуатации параметры воздуха на входе в компрессор и частота вращения его ротора изменяются; в результате изменяются его основные показатели.

На степень сжатия компрессора в значительной степени влияет температура воздуха на входе и частота вращения ротора компрессора. При изменении час-

тоты вращения (при запуске и на рабочих режимах) изменяется степень сжатия компрессора, что при различной длине рабочих лопаток первых и последних ступеней компрессора вызывает изменение осевых скоростей. Это обуславливает появление нерасчетных картин обтекания лопаток. Если на первых ступенях положительные углы атаки возрастают и срыв потока наблюдается со стороны спинок профилей лопаток, то на рабочих лопатках последних ступеней обтекание происходит под отрицательными углами атаки с появлением срывных течений на корытце профиля. Срыв потока на лопатках последних ступеней, как правило, вследствие сильного дросселирующего эффекта, воздействующего на предыдущие ступени, мгновенно распространяется на все ступени компрессора. Его напорность скачком падает. Через мощную срывную зону наблюдается выброс сжатого и нагретого воздуха вперед на вход в компрессор. Возникновение срыва потока на первых ступенях появляется в компрессоре постепенно и плавно снижает напорность компрессора.

Возникновение срывных явлений на ступенях компрессора при определенных условиях могут вызвать сильные низкочастотные автоколебания давления и расхода воздуха во всем газоздушном тракте двигателя, что сопровождается серией хлопков. В эксплуатации это явление называют помпажом («помпаж двигателя», «помпаж компрессора»).

При помпаже компрессора появляются сильные опасные пульсации потока воздуха, проходящего через компрессор. Значительно возрастает уровень вибрации силовой установки, что может привести к разрушению лопаток, к трещинам на корпусе камеры сгорания, к срыву пламени и другим разрушениям. Поэтому и помпаж компрессора, и работа двигателя с развитым срывом в отдельных ступенях компрессора в эксплуатации недопустимы.

Следует помнить, что даже кратковременная работа двигателя на помпажном режиме нежелательна. Для улучшения работы осевых компрессоров на нерасчетных режимах и предотвращения развитых срывов и помпажных явлений

в инструкции для компрессоров предусмотрены специальные средства регулирования, например на двигателе НК-8-2У:

- поворотные лопатки направляющего аппарата компрессора высокого давления;
- перепуск воздуха из-за восьмой ступени компрессора высокого давления. Двухкаскадная схема компрессора также способствует расширению диапазона устойчивой его работы.

Компрессора двигателя НК-8-2У десятиступенчатый, состоит из компрессоров низкого и высокого давления, разделенных между собой корпусом средней опоры.

2.2 Компрессор низкого давления

Компрессор низкого давления (рисунок 2.1) состоит из статора, ротора, передней и задней опор.

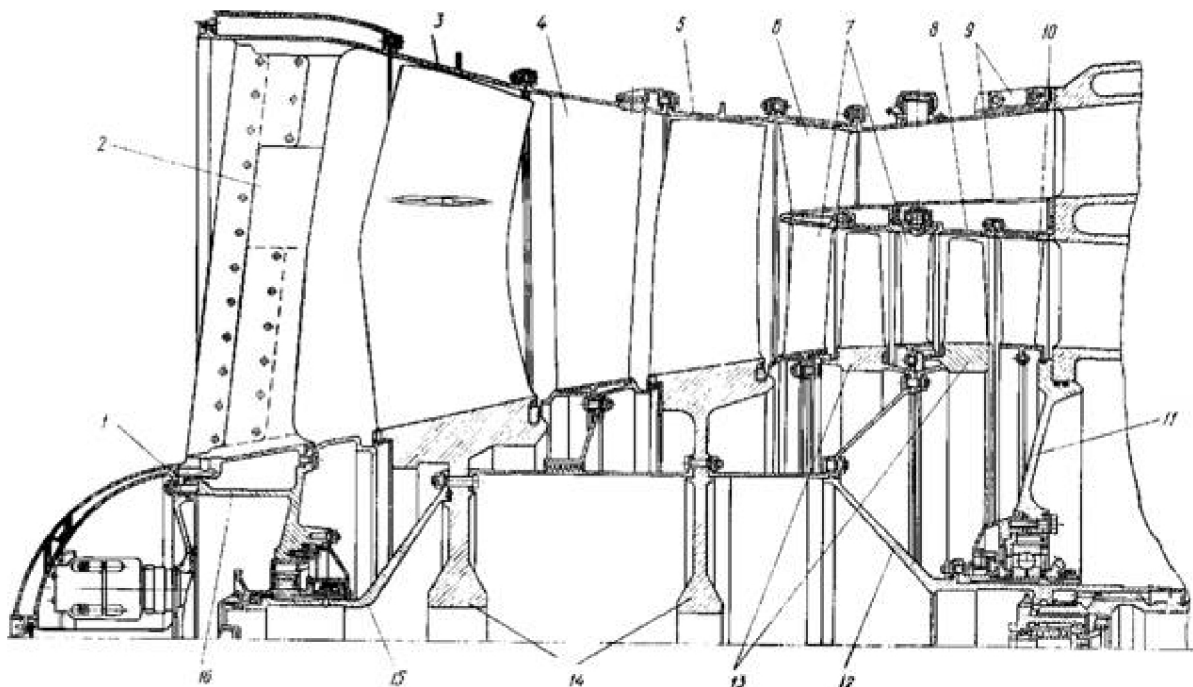


Рис. 2.1 Компрессор НКД

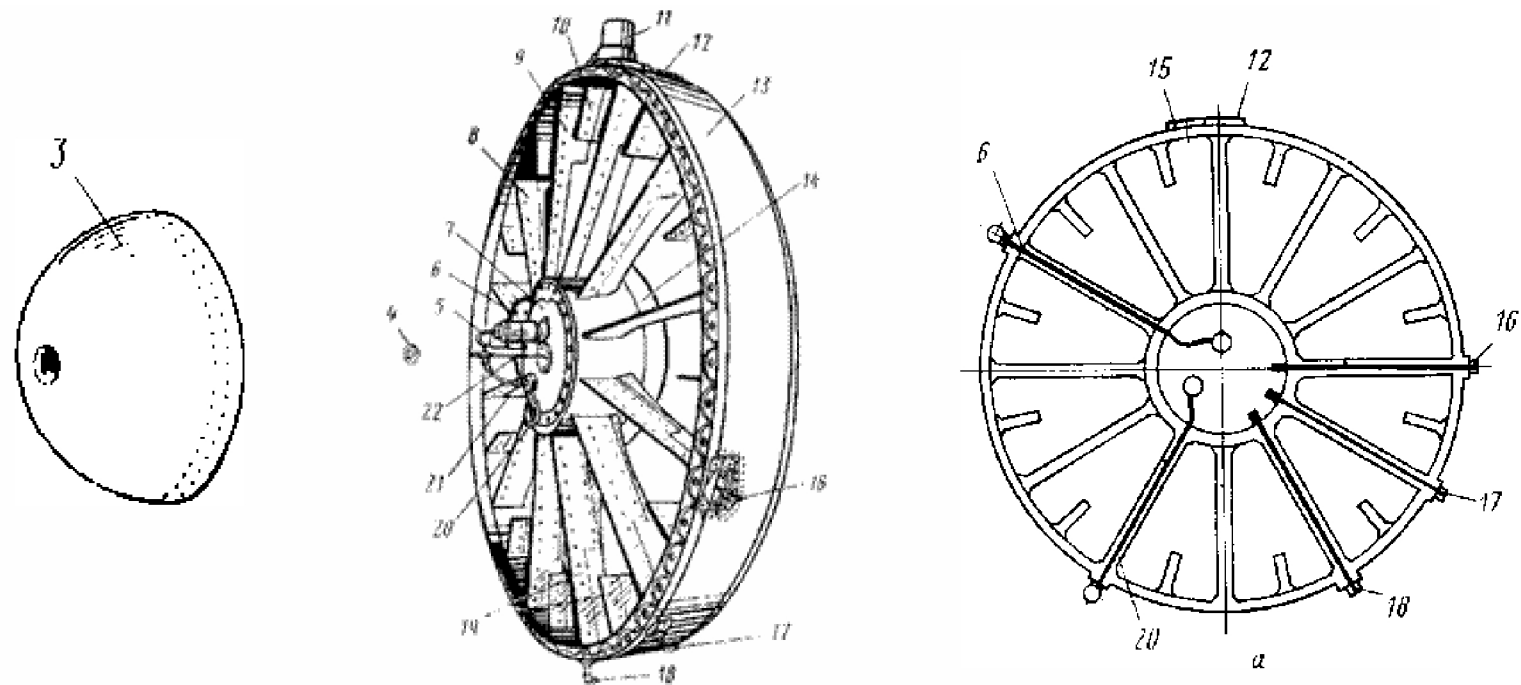
1—кок; 2—ВНА; 3, 5 и 8—рабочие кольца; 4 и 7—направляющие аппараты;
6 и 10— выходные направляющие аппараты; 9—кольца; 11—корпус задней опоры ротора НКД; 12—задний вал ротора НКД; 13 и 14—рабочие колеса ротора НКД; 15—передний вал; 16—корпус передней опоры ротора НКД

Статор компрессора низкого давления состоит из входного направляющего аппарата 2, направляющего аппарата 4 первой ступени вентилятора, выходного направляющего аппарата 6 второго контура, направляющих аппаратов 7 второй и третьей ступеней, выходного направляющего аппарата 10 первого контура, четырех рабочих колец 3, 5, 8, двух колец 9, образующих трактовую поверхность второго контура, кока 1.

Входной направляющий аппарат ВНА (рисунок 2.2) предназначен для безударного подвода воздуха на рабочие лопатки первой ступени компрессора низкого давления, установлен на входе в компрессор. ВНА состоит из кольца ресивера 13, наружного кольца 8, двенадцати полных лопаток 9 и двенадцати консольных лопаток 10.

Полные 9 и консольные 10 лопатки наружными полками вварены в просечки наружного кольца 8. Полные лопатки служат стойками передней опоры, нижние полки образуют фланцы, к которым крепится корпус 14 передней опоры вентилятора. Передние кромки всех лопаток образованы профилированными дефлекторами 19, которые приклепаны к лопаткам. Для обогрева в полость между лопаткой и дефлектором поступает воздух из-за девятой ступени компрессора. Через фланец 12 горячий воздух подводится в кольцевую полость и далее к каждой лопатке. Часть воздуха выходит через щелевые зазоры и обогревает поверхность лопаток, а остальной воздух проходит через полные лопатки и обогревает кок.

Через полости полных лопаток проходят трубки подвода и отвода масла, подвода огнегасящей смеси и проложены электропровода от датчика пожара 21 и электропровод 6 от датчика частоты вращения ротора низкого давления. Для соединения этих трубопроводов и электропроводов с системами двигателя на кольце 13 ресивера установлены угольники 16, 17 и 18 и штепсельные разъемы. В верхней части кольца 13 ресивера к фланцам 12 крепится переходник подвода воздуха на обогрев ВНА, к фланцу 15 крепится датчик обледенения ДО-206 (2-й серии).



Входной направляющий аппарат: а— схема расположения трубопроводов, электропроводов и фланцев; 1—опора; 2—контрольная шайба; 3—колпак; 4—регулирующая шайба; 5—датчик тахометра ДТЭ-5Т; 6—электропровод датчика тахометра; 7—крышка паровой опоры; 8—наружное кольцо; 9—полная котанка; 10—консольная котанка; 11—датчик сигнализатора обледенения ДСО-206; 12—фланец подвода горячего воздуха; 13—кольцо ресивера; 14—корпус паровой опоры; 15—фланец; 16—узелник трубопровода подвода огневосстанавливающего состава; 17—узелник трубопровода подвода масла; 18—узелник трубопровода отвода масла; 19—дефлектор; 20—электропровод датчика пожара; 21—датчик пожара ДП-6; 22—шпилька крепления кока

Рис. 2.2 Входной направляющий аппарат

Направляющий аппарат 2 (рисунок 2.3) первой ступени вентилятора состоит из наружного кольца, лопаток, лабиринтного кольца и двух колец 16 для перекрытия присоединенных объемов. Лопатки наружными полками вварены в просечки наружного кольца. Внутренние полки лопаток образуют кольцо и фланец, к которому болтами крепят переднее и заднее кольца перекрытия с лабиринтным кольцом. На внутреннюю поверхность лабиринтного кольца нанесено легкосрабатываемое покрытие, которое с гребешками на роторе образует воздушное лабиринтное уплотнение между ступенями компрессора.

Для осмотра лопаток в процессе эксплуатации и для зачистки забоин в нижней части наружного кольца имеется лючок 3.

Выходной направляющий аппарат 5 второго контура состоит из наружного кольца 6, лопаток 11 внутреннего разделительного кольца 7. К наружному кольцу лопатки крепятся замком «ласточкин хвост». Внутренние полки лопаток установлены в проточку с наружной стороны разделительного кольца. Кольцо 7 служит для разделения воздушного потока и направления его в первый и второй контуры.

Направляющие аппараты второй 12 и третьей 13 ступеней аналогичны по конструкции и состоят из лопаток и лабиринтных колец. Внутренние полки лопаток образуют кольцо с фланцем, к которому крепят на направляющем аппарате 12 кольцо перекрытия присоединенных объемов и кольцо перекрытия 17, к направляющему аппарату 13 крепят лабиринтное кольцо 19. На верхних полках лопаток имеются буртики, с помощью которых аппарат центрируется и крепится между рабочими кольцами.

Рабочие кольца 1 и 4 вентиляторных ступеней аналогичны по конструкции, изготовлены из алюминиевого сплава и имеют по два фланца и ребро жесткости. Рабочие кольца 18 и 20 изготовлены из титанового сплава, на внутренней стороне их нанесено легкосрабатываемое покрытие для обеспечения необходимого зазора с рабочими лопатками ротора. В нижней части рабочего кольца 20 имеется лючок 9 для осмотра и зачистки забоин на рабочих лопатках ротора 3 и 3А ступеней.

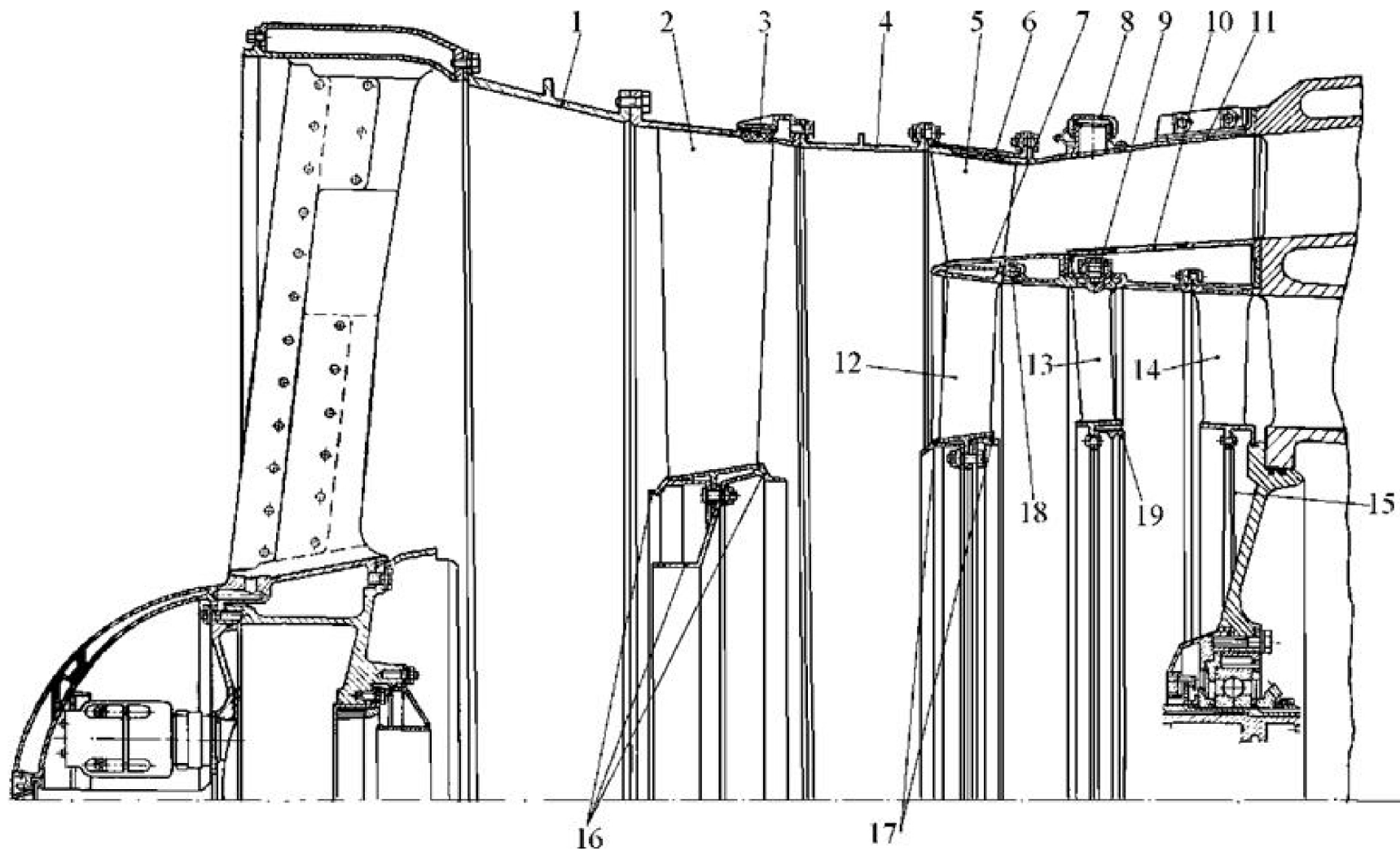


Рис. 2.3 Статор компрессора НД

1, 4, 18 и 20—рабочие кольца; 2, 12 и 13—направляющие аппараты; 3, 8 и 9— лючки для осмотра лопаток; 5 и 14—выходные направляющие аппараты; 6—наружное кольцо; 7— внутреннее разделительное кольцо; 10 и 11—кольца; 15—соединительное кольцо; 16 и 17— кольца перекрытия; 19—лабиринтное кольцо.

Кольцо 11 образует наружную поверхность канала второго контура. В кольце имеется технологический диаметральный разъем. В нижней части кольца для осмотра лопаток ротора 3 и 3А ступеней имеется лючок. Внутреннее кольцо 10 образует внутреннюю поверхность канала второго контура, имеет окно для обеспечения крепления компрессора низкого давления к средней опоре.

Кок 3 (рисунок 2.2) служит обтекателем передней опоры ротора компрессора низкого давления, для эффективного обогрева изготовлен двухстенным. Кок крепится с помощью специального болта к крышке корпуса передней опоры.

Все элементы статора компрессора низкого давления соединены с помощью фланцев и стянуты болтами. Центрирование выполняется с помощью штифтов.

Ротор компрессора низкого давления (рисунок 2.4) состоит из четырех колес 4, 8, 10, трех промежуточных колец 11, 15, переднего 2 и заднего 14 валов, переднем и задней опор.

Рабочие колеса 4, 8 и 10, промежуточные кольца 11 и 15 и валы 2 и 14 соединены между собой фланцами и стянуты болтами и сцентрированы буртиками. Лопатки во всех рабочих колесах установлены и закреплены замками «ласточкин хвост». Лопатки 5 первой ступени «саблевидной» формы на высоте $2/3$ длины оснащены бандажными полками, которые образуют кольцевой пояс, служащий для уменьшения вибрационных напряжений.

На вентиляторных ступенях лопатки фиксируются специальными кольцами 3, 6, 7 и 9, а на ступенях 3 и 3А гладкими штифтами, расположенными под углом к оси замка. На дисках ступеней 3 и 3А с передней стороны цилиндрические поверхности обеспечивают уплотнение между ступенями.

Промежуточные кольца 11 и 15 служат для соединения дисков между собой. Кольцо 15 цилиндрической формы, а кольцо 11 — коническое. С наружной стороны на первом кольце имеются гребешки для воздушного уплотнения с лабиринтным кольцом статора.

На передний вал 2 конической формы, переходящей в цилиндрический хвостовик с наружными шлицами напрессована втулка 1 с деталями торцевого

контактного уплотнения и внутренней обоймой роликового подшипника. Втулка вместе с шестерней привода маслососа откачки фиксируется на наружных шлицах вала специальной гайкой, в центральной части которой имеется шлицевое гнездо для передачи крутящего момента через промежуточный валик на привод датчика ДТЭ-5Т частоты вращения ротора низкого давления. На валу 2 имеются отверстия для подвода воздуха на поддув торцевого контактного уплотнения.

Задний вал 14 имеет коническую форму, переходящую в цилиндрическую, — хвостовик, заканчивающийся фланцем, к которому с помощью болтов крепится втулка 12. На втулке 11 (рисунок 2.7) установлены детали торцевого контактного уплотнения 8, 9, 10, 13, внутренняя обойма шарикового подшипника 14 и шестерня 15 привода ограничителя оборотов ОГ-8-4 ротора низкого давления. Детали на втулке стягиваются гайкой 16.

На валу сзади устанавливаются детали 17 и 18 торцевого контактного уплотнения масляной полости средней опоры двигателя. С внутренней стороны вала 14 (рисунок 2.9) имеются шлицы для соединения с валом второй турбины. Для осевой фиксации валов установлен болт 13 со шлицевой контрольной системой.

Ограничения по забоинам на лопатках ротора компрессора НД.

При техническом обслуживании и при подготовках самолета к полетам производится осмотр воздухозаборного устройства двигателя и лопаток компрессора низкого давления с целью обнаружения повреждений и забоин.

Лопатки первой ступени по высоте разделяются на три участка (рисунок 2.5). На профильной части и входной кромке пера лопаток (участках А и Б) допускаются с зачисткой две забоины на входных кромках у пяти рабочих лопаток в колесе глубиной до 5 мм и при отсутствии растрескивания материала.

Допускаются без зачистки на входной кромке и профильной части пера забоины глубиной до 0,2 мм и длиной до 0,4 мм с расстоянием между ними не менее 15 мм по всей длине лопатки. Участок Б=169 мм, участок А=178 мм.

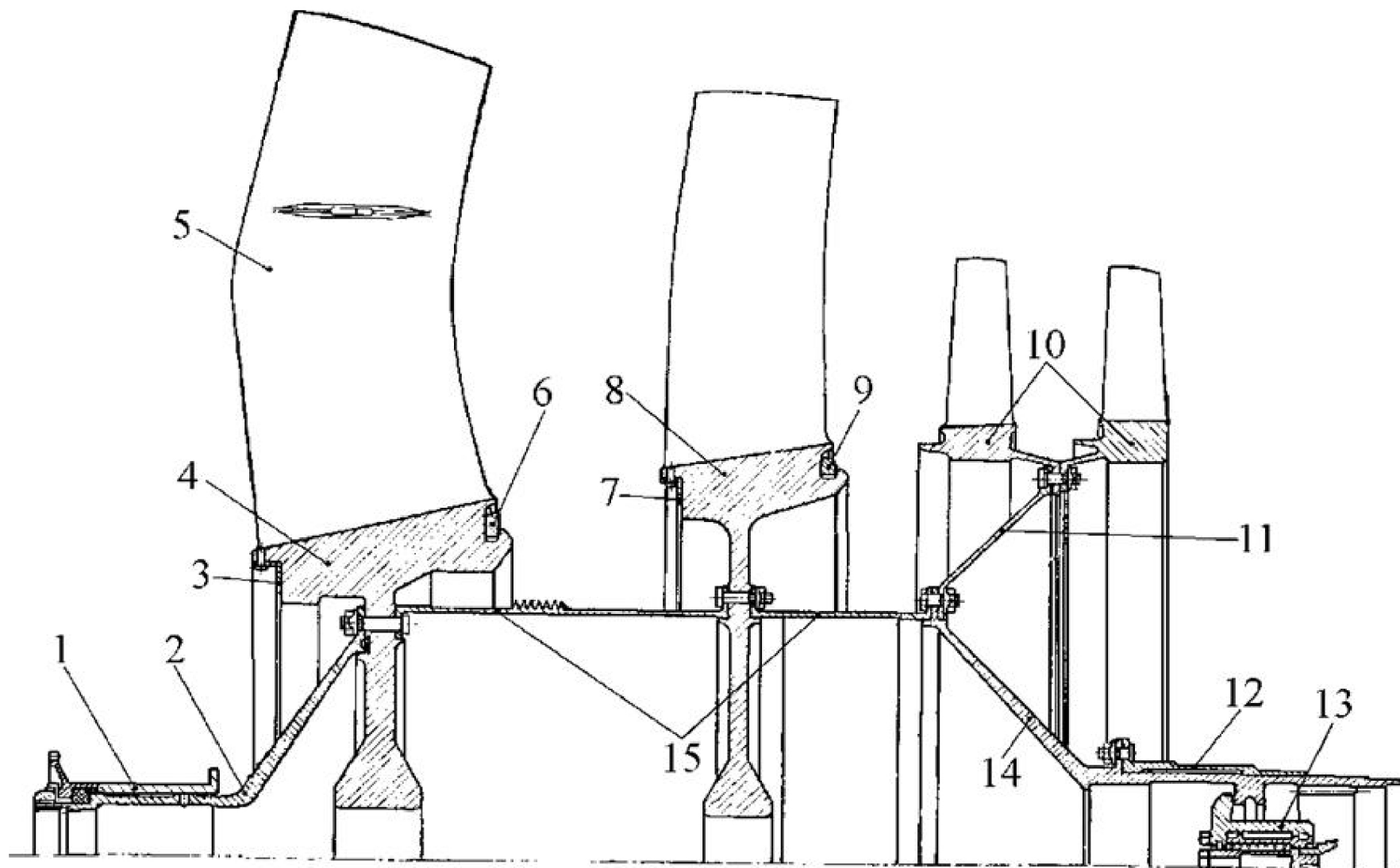


Рис. 2.4 Ротор компрессора НД

1 и 12—штулки; 2 и 14—валы 3, 6, 7, 9—кольца для фиксации лопаток; 4, 8, 10—рабочие колеса; 5—лопатка первой ступени; 11 и 15—промежуточные кольца; 13— стяжной болт.

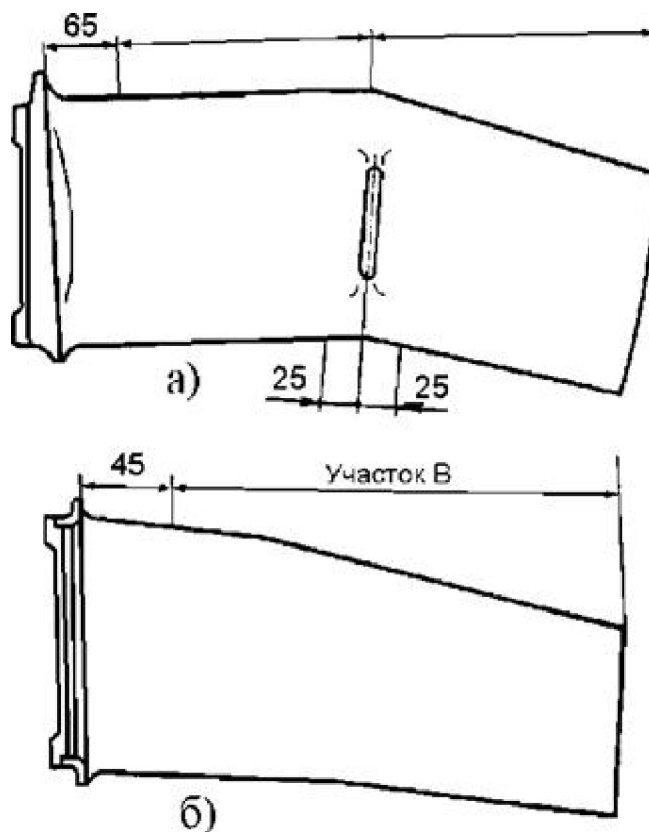


Рис. 2.5 Рабочие лопатки первой (а) и второй (б) ступени ротора НД

Не допускаются забоины (кроме оговоренных «без зачистки») на участке 65 мм, в местах сопряжений бандажной полки с профильной частью пера и на расстоянии до 25 мм от мест сопряжения.

Допускается по одной погнутости на трех лопатках глубиной до 8 мм, длиной вдоль входной кромки не менее 50 мм и не более 130 мм от периферийного торца пера без зачистки или по одной вмятине глубиной до 5 мм, длиной вдоль входной кромки не менее 50 мм в надполочной части пера на расстоянии не менее 20 мм от бандажной полки без зачистки.

Погнутости и вмятины могут быть в любом сочетании, но не более чем на трех лопатках. При меньшей глубине повреждений длина вдоль входной кромки может быть пропорционально уменьшена. Трещины на лопатках или повреждения, превышающие указанные нормы, не допускаются.

Лопатки второй ступени по высоте разделяются на два участка— В и 45 мм (рисунок 2.5). На участке В допускаются с зачисткой две забоины на входной

кромке глубиной до 3 мм, длиной до 4 мм с расстоянием между ними не менее 30 мм или три забоины на этом же участке глубиной до 1 мм, длиной до 2 мм.

Допускаются без зачистки забоины на участке входной кромки 5 мм от периферийного торца пера рабочих лопаток глубиной до 0,5 мм, длиной до 1 мм и забоины на входной кромке и профильной части пера глубиной до 0,2 мм, длиной до 0,4 мм с расстоянием между ними не менее 15 мм. На участке 45 мм от замка лопатки забоины не допускаются.

Передняя опора вентилятора (рисунок 2.6) является силовым узлом двигателя и состоит из корпуса 5 передней опоры с передней крышкой, втулки 2 опоры, демпфирующего пакета 3, втулки 4 подшипника, роликового подшипника 1, торцевого контактного уплотнения и форсуночного кольца 11.

Корпус передней опоры (литой) с помощью двух фланцев соединен с фланцами, образованными внутренними полками полных лопаток ВНА. Внутри корпуса установлен маслонасос 12 откачки масла, слева в трех бобышках выполнены каналы подвода и отвода масла и установлен обратный клапан противопожарной системы. В центральное отверстие корпуса запрессована втулка 2 для установки в нее демпфирующего пакета 3. Сзади к фланцам крепится маслофорсуночное кольцо 11 и крышка 6 торцевого контактного уплотнения. Спереди крепится крышка корпуса передней опоры.

На приливах передней крышки установлены шестерни привода датчика частоты вращения (ДТЭ-5Т крепится спереди). На прилив с резьбой установлен датчик ДП-6 сигнализации пожара в передней опоре. В центральной части, спереди, стоит болт для крепления кока.

Демпфер 3 представляет собой пакет стальных разрезанных пластин и стальной втулки 4. Во втулку 4 установлена наружная обойма подшипника. Маслофорсуночное кольцо 11 фиксирует пакет 3 демпферной опоры и обеспечивает подачу масла на подшипник и в демпфер.

Торцевое контактное уплотнение обеспечивает уплотнение масляной полости передней опоры, Состоит из промежуточного кольца 9, графитового кольца

7, упорного кольца 8 с пружинами 10, крышки 6. Для повышения эффективности работы торцевого контактного уплотнения из-за ступени 3А подводится воздух.

Задняя опора вентилятора (рисунок 2.7) является силовой частью двигателя и воспринимает радиальные и осевые нагрузки от ротора низкого давления. Состоит из корпуса 1, втулки опоры 3, демпферного пакета 4 с втулкой подшипника 5, подшипника с наружной обоймой 6, деталей торцевого контактного уплотнения 8, 9, 10, маслофорсуночного кольца 7.

Корпус 1 литой конструкции имеет коническую форму с фланцем для крепления к корпусу средней опоры. В центральное отверстие запрессована втулка 4 опоры, в которую установлен демпферный пакет 4 с втулкой 5 подшипника и наружной обоймой подшипника 6. Все детали опоры с передней стороны зафиксированы форсуночным кольцом 7 и закрыты крышкой 8 торцевого контактного уплотнения. Детали торцевого контактного уплотнения ставят с передней стороны подшипника 6, обеспечивая уплотнение масляной полости средней опоры двигателя. С задней стороны на приливах установлен привод ограничителя частоты вращения ротора низкого давления.

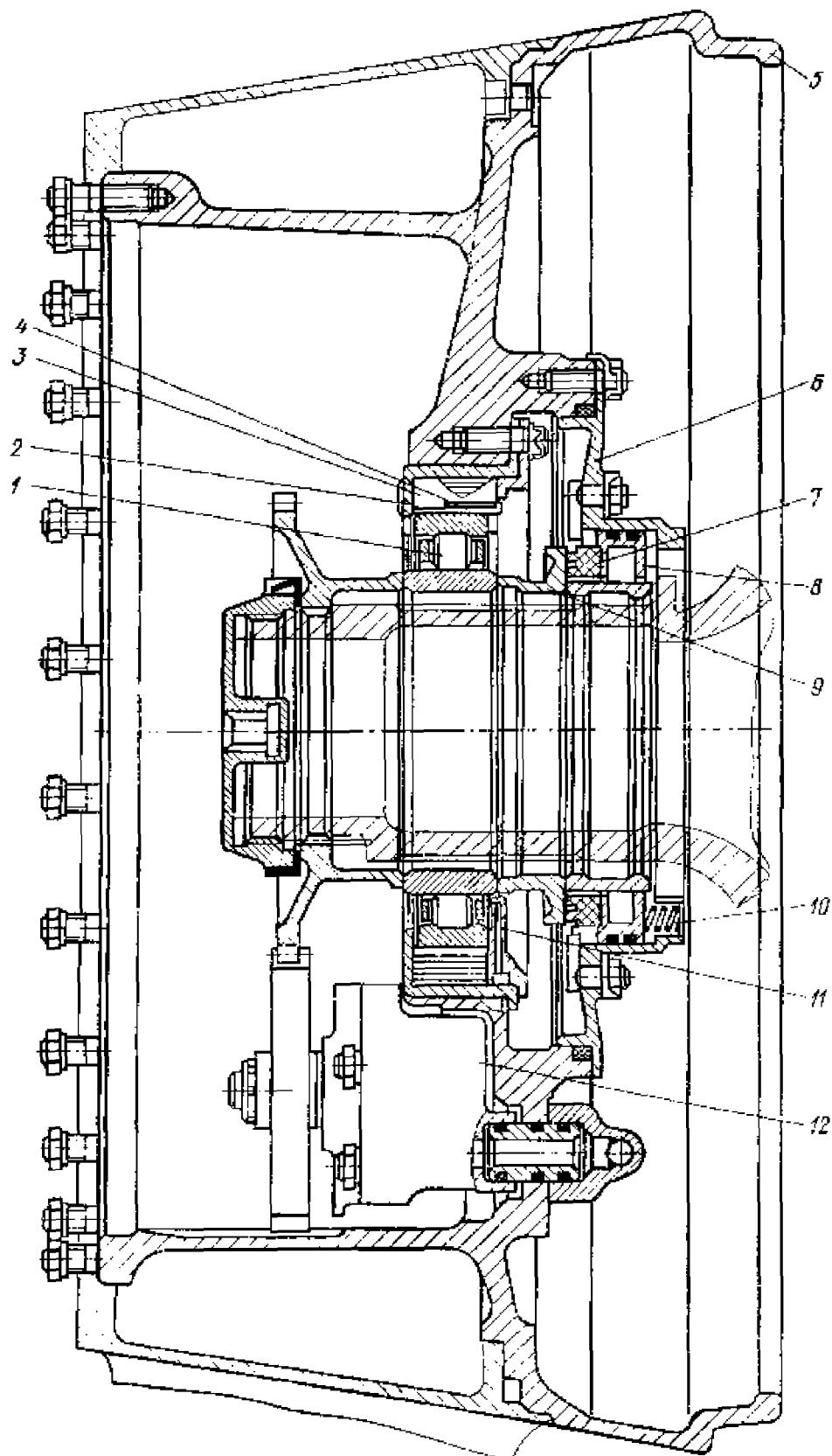


Рис. 2.6 Передняя опора вентилятора

1—роликовый подшипник; 2 и 4—втулки; 3—демпфирующий пакет; 5— корпус передней опоры; 6—крышка; 7—графитовое кольцо; 8—упорное кольцо; 9—промежуточное кольцо; 10—пружина; 11—маслофорсуночное кольцо; 12—маслонасос откачки.

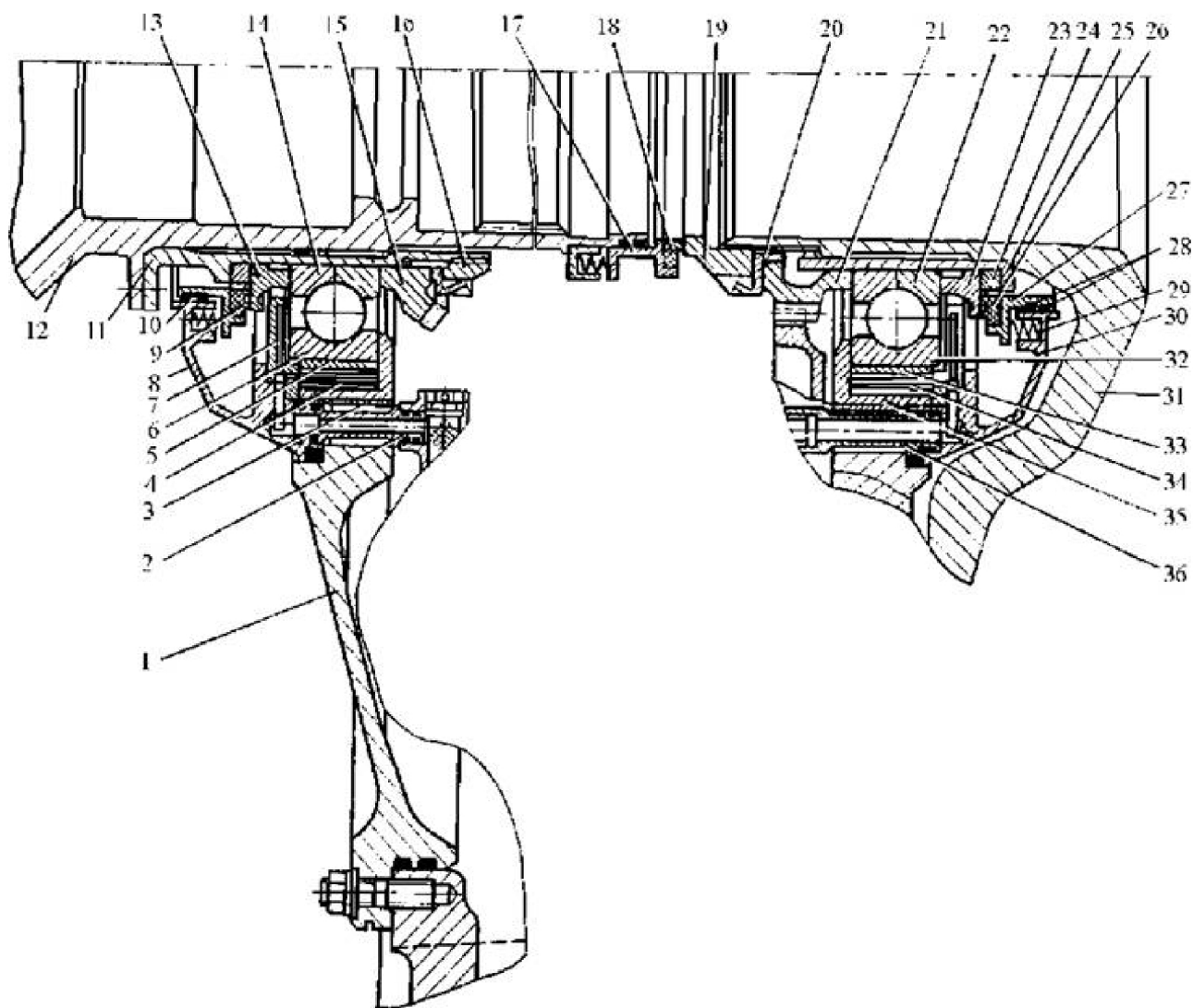


Рис. 2.7 Опора роторов НД и ВД в корпусе средней опоры

- 1— корпус задней опоры ротора НД; 2 и 36— маслопроводы; 3 и 35— втулки опоры;
 4 и 34— демпфирующие пакеты; 5 и 33— втулки подшипника; 6 и 32— наружные
 обоймы подшипника; 7— маслофорсуночное кольцо; 8 и 30— крышки;
 9, 18 и 26— графитовые кольца; 10, 17 и 27— опоры графитовых колец;
 11 и 25— втулки; 12— задний вал ротора НД; 13 и 23— промежуточные кольца;
 14 и 22— внутренние обоймы подшипника; 15 и 21— шестерни; 16 и 19— гайки;
 20— контровка; 24— распорное кольцо; 28— уплотнительное кольцо;
 29— пружина; 31— передний вал ротора компрессора ВД

2.3 Компрессор высокого давления

Компрессор высокого давления состоит из статора, ротора и передней опоры.

Статор компрессора высокого давления (рисунок 2.8) состоит из регулируемого направляющего аппарата 2, пяти направляющих аппаратов 8, 10, 12, 16, 19, выходного спрямляющего аппарата 23, шести рабочих колец 6, 9, 11, 14, 15, 20, лабиринтных колец 24, деталей механизма перепуска воздуха 17, 18 и ресивера отбора воздуха 21.

Регулируемый направляющий аппарат (РНА) (рисунок 2.8) установлен на входе в компрессор высокого давления и закреплен с помощью шпилек на среднем кольце и внутреннем корпусе средней опоры двигателя. Лопатки РНА в зависимости от частоты вращения находятся в положении «Прикрыто» или «Открыто». Перекладка РНА из одного положения в другое производится автоматически по приведенной частоте вращения ротора низкого давления, равной 43-30 %.

РНА (рисунок 2.9) состоит из наружного 4 и внутреннего 2 колец, лопаток 3, ведущего кольца 8.

На наружном кольце 4 установлены опоры скольжения для цапф лопаток. Внутреннее кольцо 2 состоит из двух частей, между которыми установлены нижние опоры 1 лопаток 3. Лопатки 3 цилиндрическими цапфами опираются на опоры скольжения в наружном и внутреннем кольцах. На наружные цапфы лопаток напрессованы и зафиксированы приводные рычаги 5. Рычаги всех лопаток с помощью штифтов 6 соединены с сухариками 7 ведущего кольца 8.

Ведущее кольцо 8 состоит из двух колец, между которыми установлены сухарики 7 и распорные штифты или ролики 10. Поворот ведущего кольца 8 производится через рессору агрегатом управления АУ-8-4.

На неработающем двигателе или при работе на частоте вращения ротора низкого давления меньше 43+30 % лопатки РНА находятся в положении

«Прикрыто», при этом на пульте бортиженера горит желтое табло «РНА прикрыт». При увеличении режима на частоте вращения ротора низкого давления, равной $43 \pm 3\%$, РНА перенастраивается в положение «Открыто», при этом гаснет табло «РНА прикрыт» и при неизменном положении рычага управления двигателем частота вращения ротора низкого давления увеличивается примерно на 6%. При уменьшении режима происходит обратный процесс.

Направляющие аппараты аналогичны (рисунок 2.9) по конструкции. Каждый аппарат состоит из лопаток 2 и лабиринтного кольца 16, которые соединены с помощью заклепок. Верхние полки лопаток центрируются буртиками и крепятся между рабочими кольцами 3, 4, 5, 12. Нижние полки образуют кольцо и фланец для крепления лабиринтного кольца 16. На внутреннюю поверхность лабиринтного кольца 16 нанесено легкосрабатываемое покрытие, обеспечивающее с гребешками ротора уплотнение между ступенями.

Выходной спрямляющий аппарат 14 состоит из наружного кольца 11, лопаток 13 и трех лабиринтных колец 15. На наружном кольце 11 имеются два увеличенных фланца, к которым крепятся ресивер отбора воздуха 10, рабочее кольцо 12 девятой ступени, а сзади крепится наружный корпус камеры сгорания. Для перепуска воздуха в ресивер у наружного кольца аппарата выполнены два ряда прямоугольных отверстий *Б* и отверстия на заднем фланце. С внутренней стороны к наружному кольцу 11 с помощью замков «ласточкин хвост» крепятся лопатки 13. Внутренние полки лопаток образуют кольцо с фланцем, к которому болтами крепятся два лабиринтных кольца 15 и внутренний корпус камеры сгорания.

Рабочие кольца 3, 4 и 5 — ступенчатой формы; с передней и задней стороны каждого кольца имеются кольцевые проточки, в которые входят буртики наружных полок лопаток 2 направляющих аппаратов. С внутренней стороны на рабочие кольца нанесено легкосрабатываемое покрытие.

Рабочее кольцо 3 первой ступени — коробчатой формы, образует полость для перепуска воздуха, поступающего в нее через отверстия *А*, выполненные на

внутренней и задней частях наружного кольца РНА. Перепуск воздуха способствует расширению диапазона устойчивой работы компрессора.

На рабочих кольцах пятой и седьмой ступеней снизу имеются лючки для осмотра лопаток ротора и для зачистки забоин на них. На рабочем кольце 5 восьмой ступени по окружности выполнены продольные окна для перепуска воздуха через клапаны 9 во второй контур.

На лабиринтные кольца 16 с внутренней стороны нанесено легкосрабатываемое покрытие, которое с гребешками лабиринтов ротора образует уплотнение за девятой ступенью компрессора высокого давления.

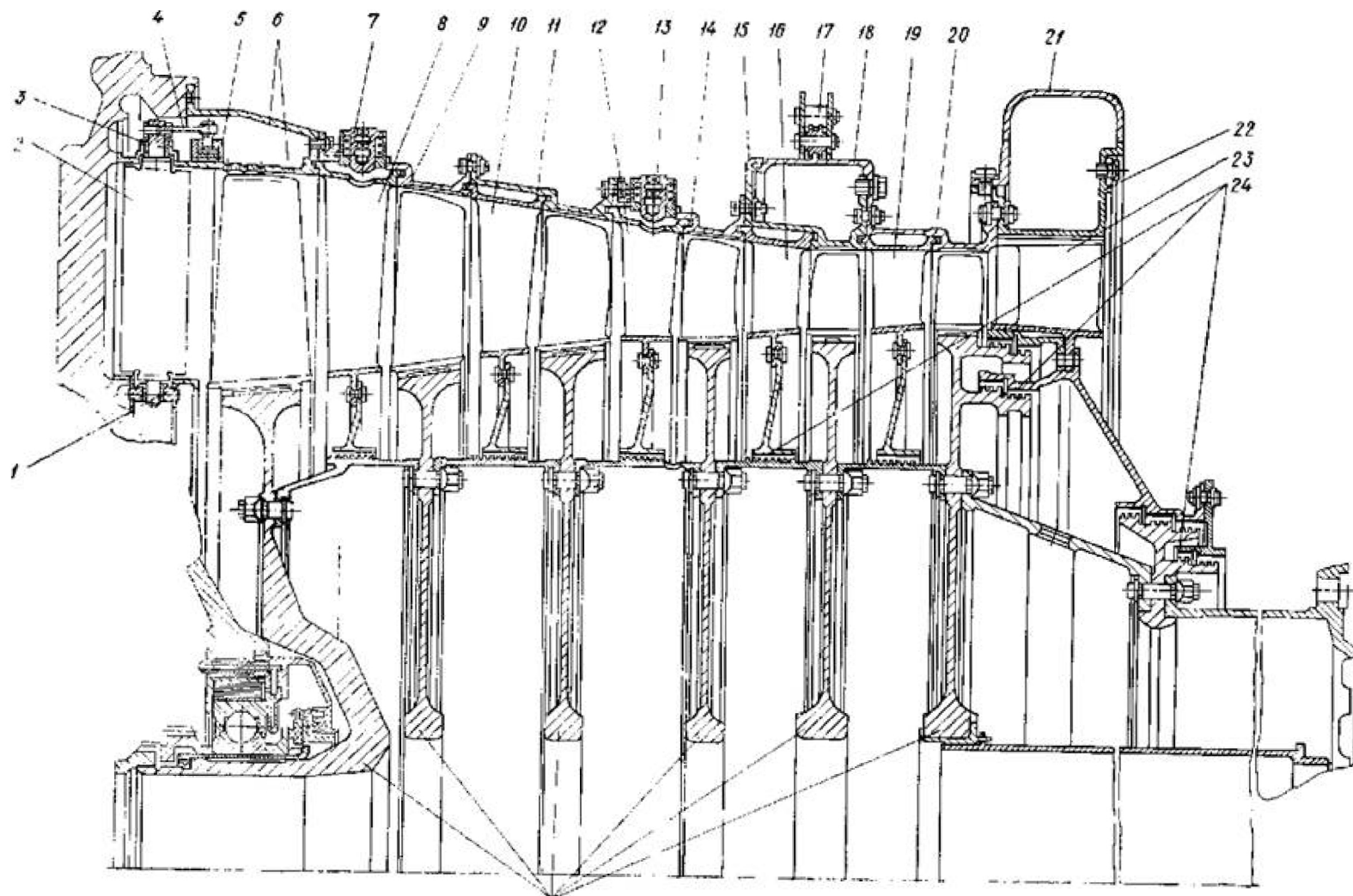


Рис. 2.8 Компрессор ВД

1— внутреннее кольцо РНА; 2— регулируемый направляющий аппарат; 3— наружное кольцо РНА; 4— рычаг; 5 и 17— ведущие кольца; 6, 9, 11, 14, 15, 20 и 22— рабочие кольца; 7 и 13— окна для осмотра лопаток; 8, 10, 12, 16 и 19— направляющие аппараты; 18— кольцо перепуска; 21— ресивер отбора воздуха; 23— выходной спрямляющий аппарат; 24— лабиринтное кольцо; 25— рабочее колесо ротора

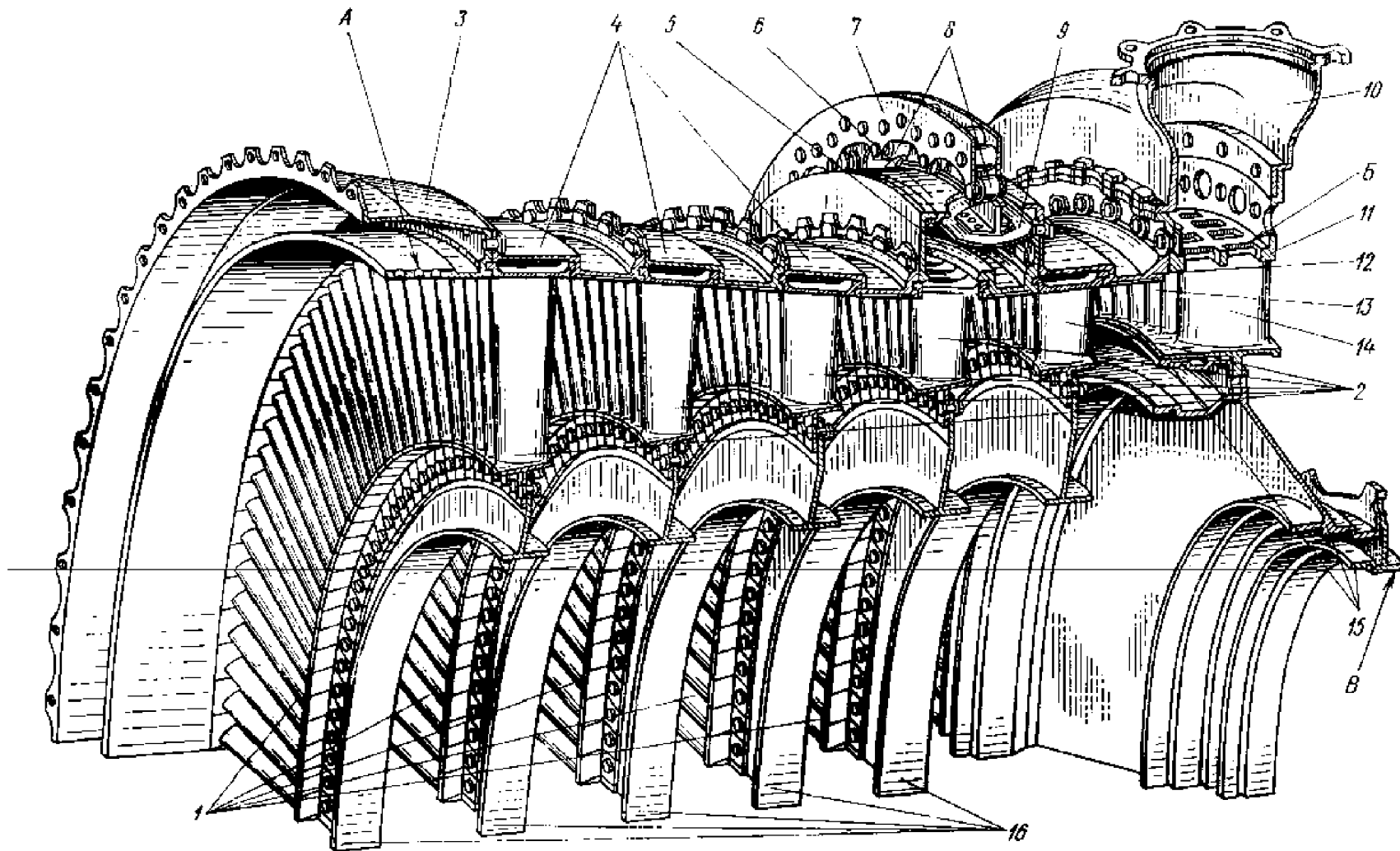


Рис. 2.9 Статор компрессора ВД

1—направляющие аппараты; 2— лопатки направляющих аппаратов; 3, 4, 5 и 12— рабочие кольца; 6— кольцо перепуска; 7— направляющий буртик; 8— ролик; 9— клапан перепуска; 10— ресивер; 11— наружное кольцо; 13— лопатки; 14— выходной спрямляющий аппарат; 15, 16—лабиринтные кольца; 17— кулачок; 18— клапан перепуска; А— отверстия перепуска воздуха; Б— окна для отбора воздуха; В— слой легкосрабатываемого покрытия

Механизм перепуска воздуха (рисунок 2.10) обеспечивает управление клапанами перепуска воздуха при запуске и при работе двигателя на малой частоте вращения. Клапаны перепуска способствуют расширению диапазона устойчивой работы компрессора; установлены они за седьмой ступенью.

Механизм перепуска воздуха состоит из кольца перепуска *13* с клапанами *18*, ведущего кольца *14*, привода.

Кольцо перепуска *13* с рабочим кольцом *12* восьмой ступени образуют кольцевую полость, в которую через продольные окна поступает воздух. С наружной стороны кольца перепуска *13* имеется направляющий буртик *16*, по которому обкатываются ролики ведущего кольца *14*. На кольце перепуска *13* имеются овальные окна для перепуска воздуха. Над окнами приклепаны клапаны перепуска *18*. Клапан *18* представляет собой упругую пластинку, на одном конце которой приклепан кулачок *17*, а второй конец приклепан к кольцу перепуска.

На ведущем кольце *14* установлены ролики *15*. При повороте ведущего кольца *14* часть роликов накатывается на кулачки *17* клапанов и открывает их, другие ролики удерживают ведущее кольцо на направляющем буртике *16*. Ведущее кольцо поворачивается рычагом через рессору привода агрегата управления перепуском воздуха АУП-8-2. При повороте ведущего кольца *14* против часовой стрелки (если смотреть по полету) клапаны открываются, а при повороте в обратную сторону клапаны закрываются под действием упругих сил пластины клапана и давления воздуха. Если двигатель не работает или работает при частоте вращения ротора высокого давления, равной $74,5 \pm 1,5\%$, клапаны перепуска воздуха открыты. Открытое положение клапанов перепуска сигнализируется на пульте бортинженера с помощью желтого сигнального табло «Клапан перепуска». Закрываются клапаны при частоте вращения ротора высокого давления, равной $74,5 + \pm 1,5\%$.

При закрытии клапанов перепуска температура выходящих газов понижается на $10\text{—}20^\circ\text{C}$ и гаснет желтое сигнальное табло «Клапан перепуска».

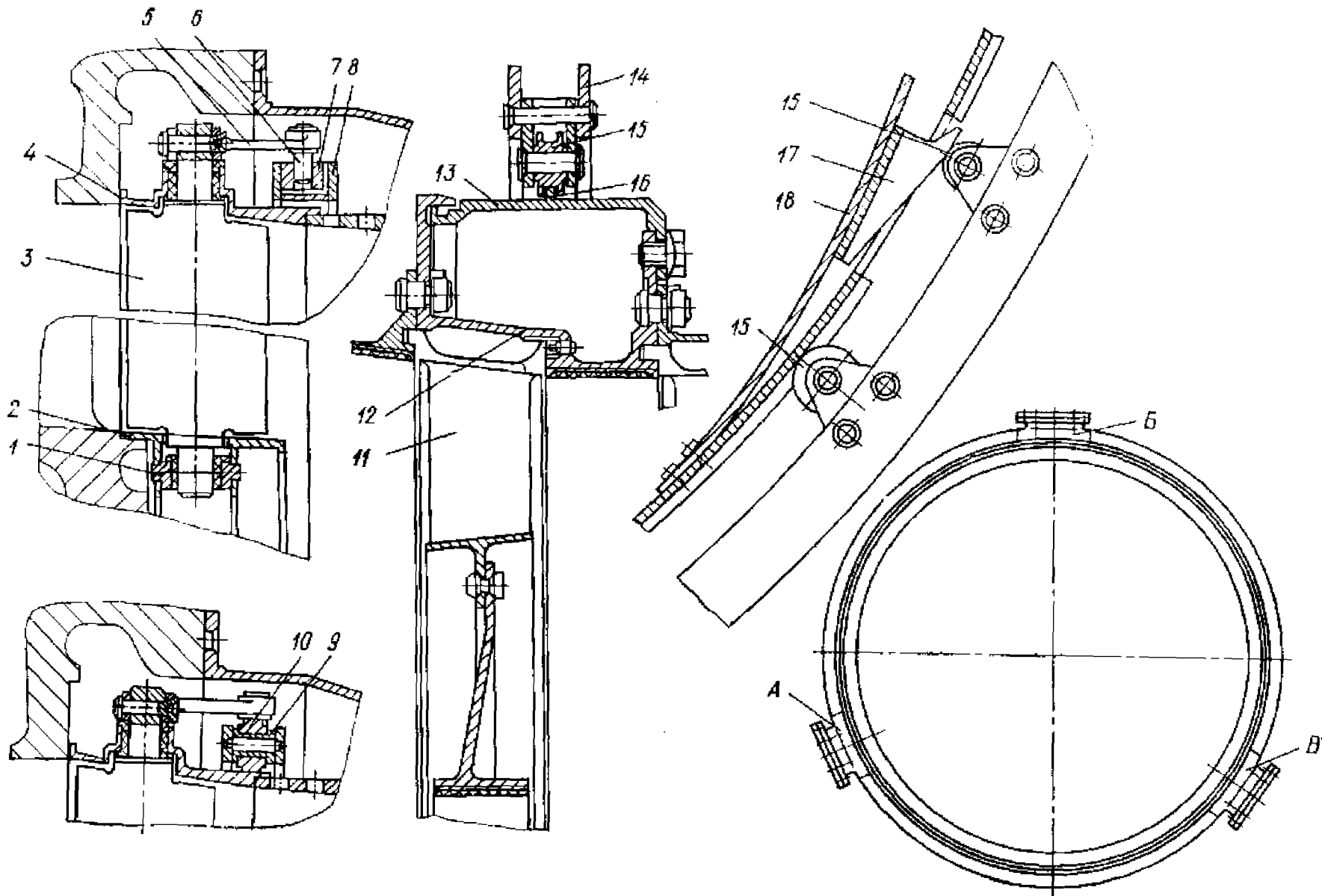


Рис. 2.10 РНА и система перепуска

Система отбора воздуха включает в себя ресивер отбора воздуха и трубопроводы.

Ресивер представляет собой сварной узел с тремя патрубками *A, B, B*. Схема расположения патрубков показана на рисунке 11.

К фланцу патрубка *A* (рисунок 2.11) крепится трубопровод *14* с заслонкой *13* управления отбором воздуха. Управление заслонкой осуществляется с пульта бортинженера с помощью переключателей «Краны отбора воздуха».

Через фланец *12* трубопровода воздух подается на наддув и кондиционирование кабин и к воздушным стартерам соседних двигателей. Через фланец *11* воздух подается к воздушному стартеру от соседних двигателей.

К фланцу патрубка *B* крепится трубопровод *6* с заслонкой *5*, управляемой с пульта бортинженера переключателем отбора воздуха на обогрев 1, 2 и 3-го двигателей. При открытой заслонке над переключателем горит желтая лампа. Отбор воздуха на противообледенительные устройства крыла и оперения самолета производится от фланцев *7* (в зависимости от того слева или справа установлен двигатель). Для обогрева самолетного воздухозаборника воздух поступает через фланец *1* и для обогрева ВНА — через фланец *2*. С целью экономного расхода воздуха на обогрев воздухозаборника и ВНА в трубопроводе *8* установлена заслонка *10* с гидроцилиндром *9*. Гидроцилиндр *9* в зависимости от давления топлива (то есть от частоты вращения) регулирует расход воздуха изменением положения заслонки *10*. На режиме 0,4 номинального заслонка перекрывает трубопровод *8*. Далее, при увеличении режима работы двигателя, подача воздуха будет определяться сечением окна, выполненного в самой заслонке *10*.

К фланцу патрубка *B* крепится трубопровод *4*, через который воздух подводится в агрегат ППО-40 и в систему управления реверсом. Количество отбираемого воздуха определяется режимом работы ППО-40 и системы управления реверсом

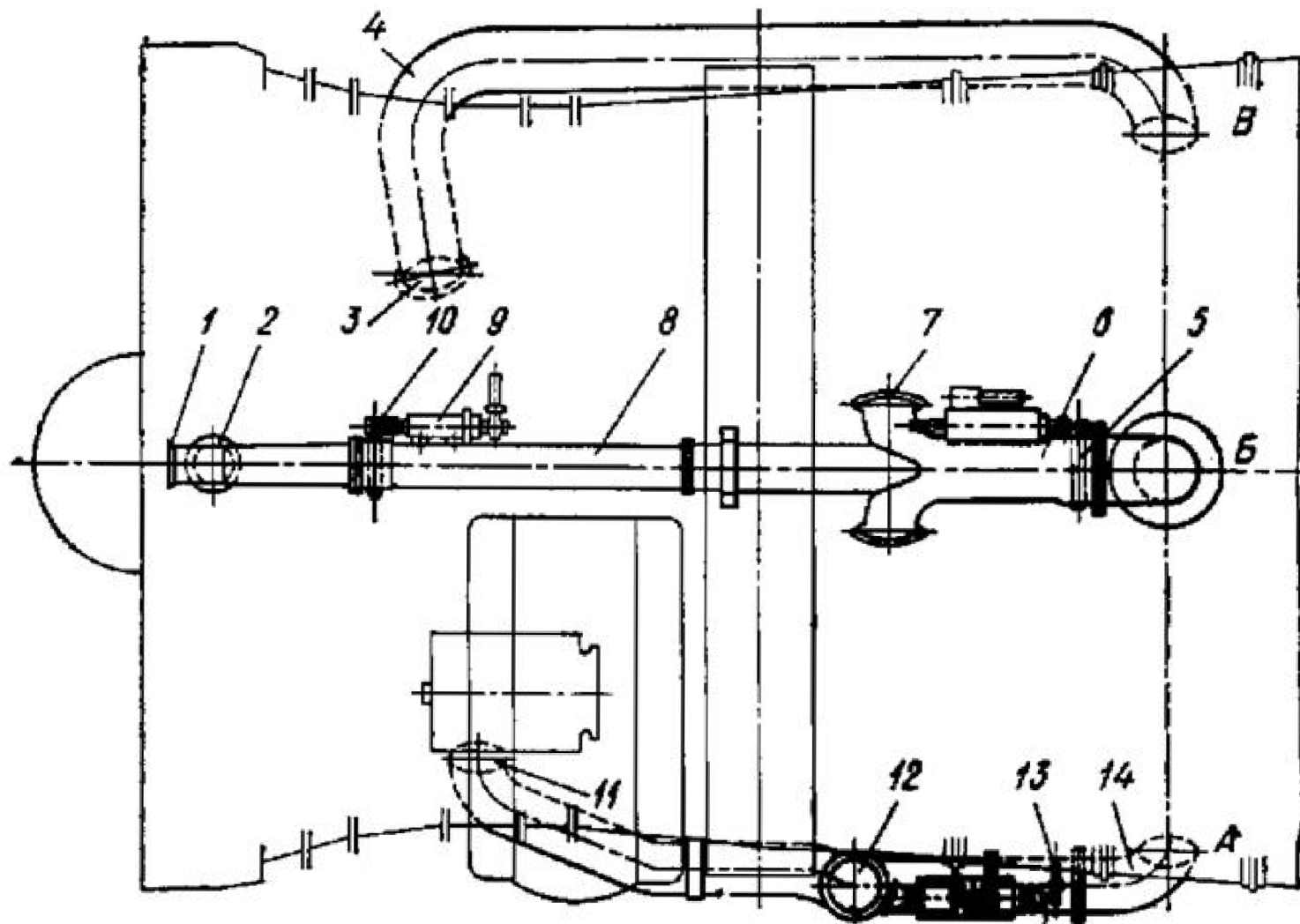


Рис. 2.11 Трубопроводы отбора воздуха

А, Б, В—патрубки отбора воздуха; 1, 2, 3, 7, 11, 12—фланцы; 4, 6, 8, 14— трубопроводы; 5, 10, 13—заслонки; 9—гидроцилиндр

Система управления клапанами перепуска воздуха. Система включает в себя:

- центробежный датчик частоты вращения *19*, вращающийся от ротора ВД;
- гидроусилитель (*10, 11*), преобразующий сигнал от датчика частоты вращения *19* в команду на перекладку клапанов;
- исполнительный агрегат АУП-8-2.

При работе двигателя на числах оборотов $n_{вд} < 74,5 \pm 1,5\%$ усилие пружины больше центробежной силы грузиков датчика *19*, поэтому плоский клапан *17* закрыт. В полостях *Б* и *В* давление одинаково. Золотник *11* исполнительного механизма проточкой соединяет канал *15* через канал *8* с полостью *118* АУП-8-2. Полость *116* через канал *9* соединена со слипом. Поршень *117* находится в левом положении, клапаны перепуска открыты, горит табло «Клапан перепуска».

При увеличении частоты вращения сила грузиков центробежного датчика *19* становится больше силы пружины, рычаг *18* открывает плоский клапан *17*, давление в полости *В* падает и золотник исполнительного механизма смещается вправо. Высокое давление поступает через канал *9* в полость *116* поршня *117* АУП-8-2, последний, перемещаясь вправо, закрывает клапаны перепуска. При этом гаснет табло «Клапан перепуска».

Ротор компрессора высокого давления (рисунок 2.12) состоит из шести рабочих колес *2* и *9*, пяти промежуточных колец *4*, конической проставки *6*, лабиринта *7*, воздухоподводящей трубы *8*.

Рабочие колеса 2 и 9 представляют собой диски с центральным отверстием. На наружной поверхности дисков с помощью замков «ласточкин хвост» крепятся рабочие лопатки *3*. Лопатки фиксируются от осевого смещения гладкими штифтами, установленными под углом к оси замка. В средней части дисков имеются фланцы, к которым крепятся и центрируются с помощью болтов промежуточные кольца *4*.

Первое колесо 2 выполнено заодно с передним валом, на который напрессована втулка 1 с деталями, образующими переднюю опору ротора высокого давления. На втулку 25 (рисунок 2.7) установлены распорное кольцо 24, промежуточное кольцо 23, внутренняя обойма 22 шарикового подшипника, шестерня 21 передачи крутящего момента на приводные агрегаты двигателя. Шестерня 21 и втулка 25 установлены на шлицы, и весь пакет деталей стянут гайкой 19, которая входит в набор деталей, образующих среднее торцевое контактное уплотнение. Это уплотнение предотвращает поступление воздуха под давлением из за шестой ступени компрессора в масляную полость средней опоры двигателя.

Последнее колесо 9 (рисунок 2.12) имеет два венца с гребешками 5 для уплотнения с лабиринтными кольцами статора. Уплотнение предотвращает прорыв воздуха с большим давлением в полость внутреннего корпуса камеры сгорания.

Промежуточные кольца 4 служат для соединения рабочих колес 2 и 9 и для передачи крутящего момента от турбины высокого давления. На промежуточных кольцах 4 с наружной стороны выполнены гребешки лабиринтных воздушных уплотнений. На промежуточном кольце за шестым рабочим колесом имеются радиальные отверстия для отбора воздуха на наддув лабиринтных уплотнений в турбине.

Проставка 6 — конической формы, обеспечивает соединение вала турбины высокого давления с ротором компрессора. Проставка с лабиринтом 7 и лабиринтными кольцами статора образует кольцевую полость. В этой кольцевой полости собирается воздух, прорвавшийся через уплотнения, откуда через отверстия в проставке поступает на охлаждение диска турбины высокого давления.

Воздухоподводящая труба 8 служит для направления потоков: одного — на охлаждение диска турбины высокого давления, другого — на наддув лабиринтных уплотнений в турбине. Труба 8 опирается и центрируется в диске девятой ступени компрессора и в диске турбины высокого давления.

2.4 Средняя опора

Средняя опора (рисунок 2.13) установлена между компрессорами низкого и высокого давления, является основным силовым узлом двигателя, на который передаются осевые и радиальные нагрузки от роторов, массы двигателя и другие нагрузки.

Средняя опора состоит из задней опоры компрессора низкого давления 16, корпуса средней опоры 42 с узлом переднего подшипника 35 ротора высокого давления, центрального привода 6 и коробки приводов.

Корпус средней опоры 42 (рисунок 2.13) отлит из магниевого сплава и состоит из наружного кольца 21, среднего кольца 20, внутреннего корпуса 29 и ребер 1, 5 и 19.

С наружной стороны наружного кольца 21 имеются усиленные платформы для крепления шести цапф 44, 45, 46, 47, 48, 49 передней подвески двигателя на самолет. Слева и справа закреплены транспортировочные цапфы.

К фланцу над верхним ребром 19 укреплена форсунка для подачи огнегасящего состава в масляную полость внутреннего корпуса 29 и штепсельные разъемы проводников системы СТП-3 сигнализации температуры подшипников роторов низкого и высокого давления.

Форсунка и проводники проходят через продольные сверления в ребре 19.

К фланцу над правым нижним ребром крепится переходник 2 с ограничителем частоты вращения ротора низкого давления. Валик привода проходит через продольное сверление в ребре.

На прямоугольном фланце 43 над нижним ребром укреплены коробка агрегатов с коробкой самолетных агрегатов и приводом постоянной частоты вращения. Ребро 1 пустотелое увеличенного сечения служит для прохода трубки 3 подачи масла на смазку опор и центрального привода, для слива этого масла в коробку моторных агрегатов и для прохода рессоры 4 привода.

Среднее кольцо 20 с наружным кольцом образует тракт второго контура, а с внутренним корпусом — тракт первого контура.

Внутренний корпус 29 воспринимает усилия от опор и передает их через ребра на узлы подвески. Внутренний корпус образует масляную полость средней опоры двигателя. В центральном окне задней конической стенки (рисунок 2.7) установлен шариковый подшипник 32 с пластинчатым демпфером 34 и масляной форсункой. С задней стороны к фланцу крепится крышка 30 с деталями 23, 26, 27, 28, 29 торцевого контактного уплотнения масляной полости. С внутренней стороны установлен датчик температуры подшипника системы СТП-3 и центральный привод, который служит для передачи мощности от ротора высокого давления на коробку моторных агрегатов. Центральный привод состоит из литого корпуса с коническими шестернями и подшипниками. В корпусе привода имеются каналы для подачи масла к подшипникам роторов высокого и низкого давления.

К передним фланцам корпуса средней опоры крепятся детали статора компрессора низкого давления, к задним фланцам 28, 39 и 40 (рисунок 2.13) крепятся наружные и внутренние оболочки второго контура, статор компрессора высокого давления и регулируемый направляющий аппарат.

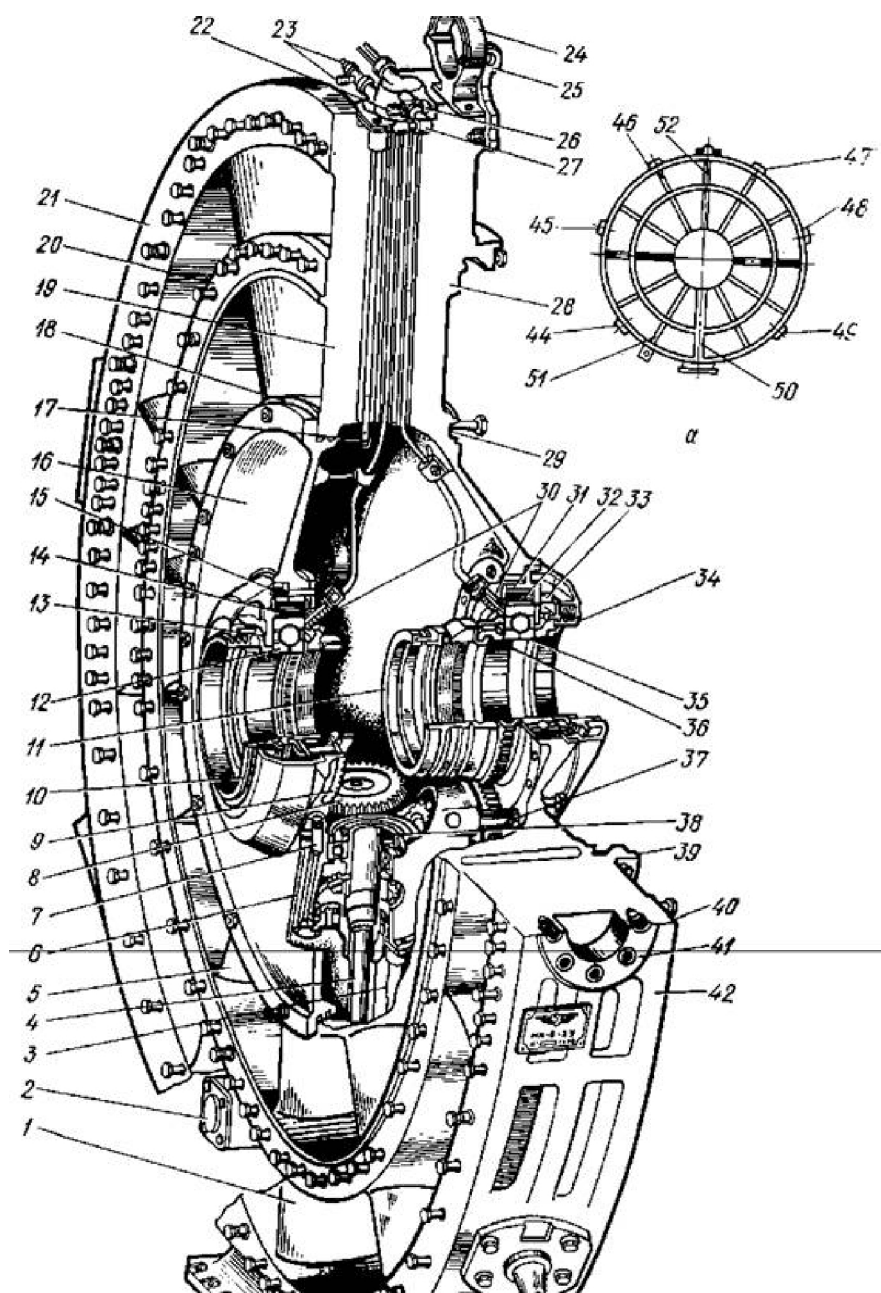


Рис. 2.13 Средняя опора

а—схема расположения цапф передней подвески и ребер опоры; 1, 5 и 19—ребра; 2—переходник; 3—маслоподводящая трубка; 4—рессора; 6— центральный привод; 7—сетчатый фильтр; 8 и 9—конические шестерни; 10 и 11— торцевые контактные уплотнения; 12—шариковый подшипник; 13—форсуночное кольцо; 14—демпферный пакет; 15— втулка подшипника; 16—корпус задней опоры ротора НД; 17—противопожарная форсунка; 18—фланец крепления задней опоры ротора НД; 20— среднее кольцо; 21—наружное кольцо; 22—штуцер подвода огнегасящего состава на переднюю опору; 23—штуцер замера давления в средней опоре; 24—кронштейн; 25— кронштейн такелажной подвески; 26—штуцер подвода огнегасящего состава в заднюю опору; 27—штуцер подвода огнегасящего состава от самолетной системы; 28—фланец; 29—внутренний корпус; 30—термопара СПТ-3; 31—втулка подшипника; 32— демпферный пакет; 33—форсуночное кольцо; 34—торцевое контактное уплотнение; 35—шариковый подшипник; 36—цилиндрическая шестерня; 37—переходник; 38— форсунка; 39— задний фланец среднего кольца; 40—задний наружный фланец; 41—гнездо под транспортировочную цапфу; 42—корпус средней опоры; 43—нижний фланец; 44— 49—цапфы передней подвески двигателя; 50—рессора привода КПМА и маслоподводящей трубки; 51—рессора привода ограничителя частоты вращения; 52—противопожарная форсунка и провода термопар

3 КАМЕРА СГОРАНИЯ

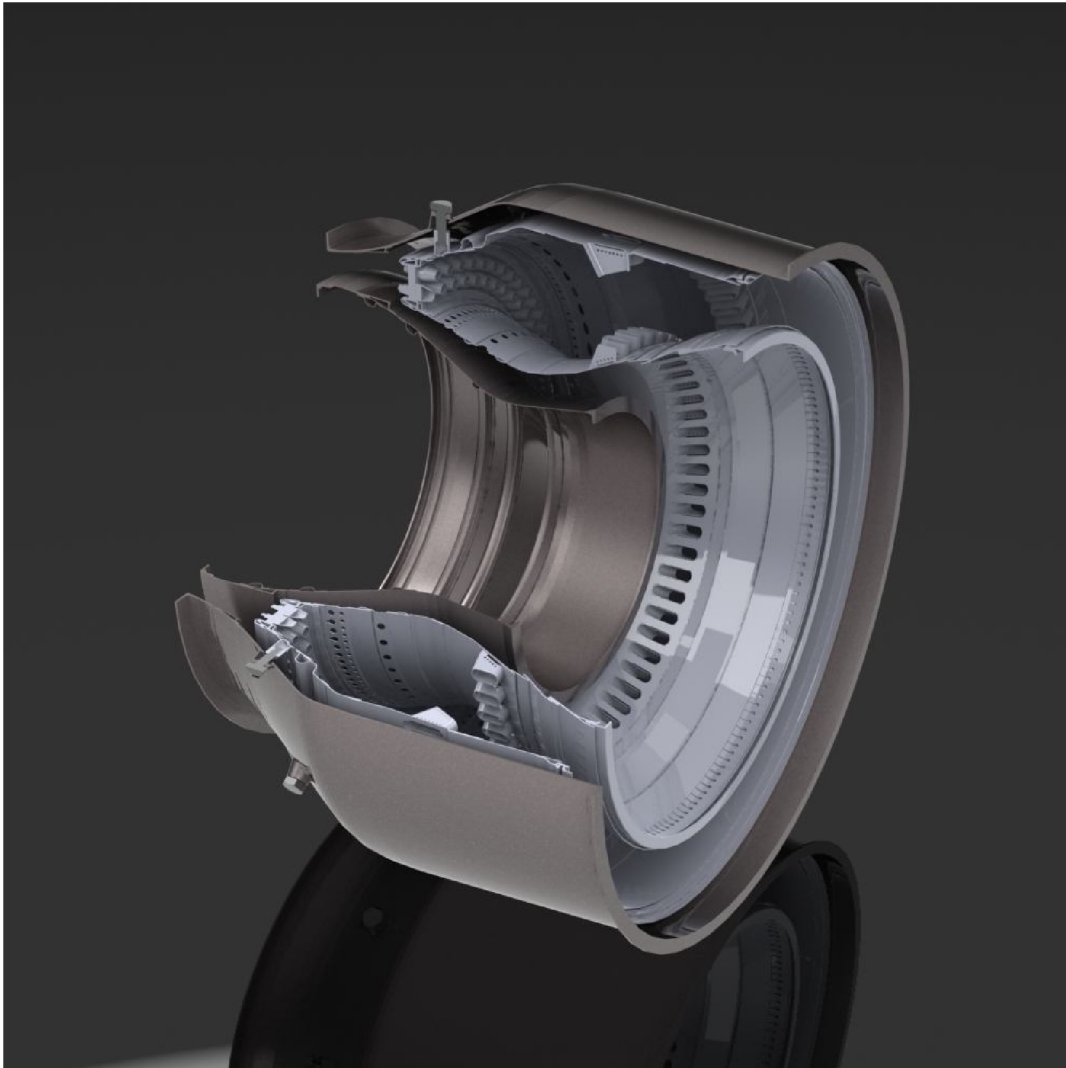


Рис. 3.1 Камера сгорания

Камера сгорания ДТРД (рисунки 3.1, 3.2) служит для подвода тепла, получаемого в результате сжигания топлива, к воздуху, поступающему из компрессора. К камерам сгорания предъявляются требования:

- устойчивости процесса горения при изменении режимов работы двигателя и условий полета;
- высокой полноты сгорания в камере сгорания;
- минимальных габаритов и массы камеры сгорания, которые определяются ее рабочим объемом;

- минимальных потерь полного давления в камере сгорания, существенно влияющих на экономичность и тягу двигателя;
- стабильности заданного закона распределения поля температур газа на выходе из камеры сгорания;
- надежного воспламенения топливовоздушной смеси в камере в любых условиях эксплуатации двигателя на земле и в полете;
- удобства обслуживания и длительного срока эксплуатации. На двигателе НК-8-2У установлена камера сгорания кольцевого типа (рисунок 3.3), которая состоит из наружного корпуса 3, внутреннего корпуса 1, жаровой трубы 2 с блоком форсунок.

Корпус камеры сгорания входит в силовую схему двигателя и воспринимает нагрузки, возникающие во время работы двигателя.



Рис. 3.2 Камера сгорания

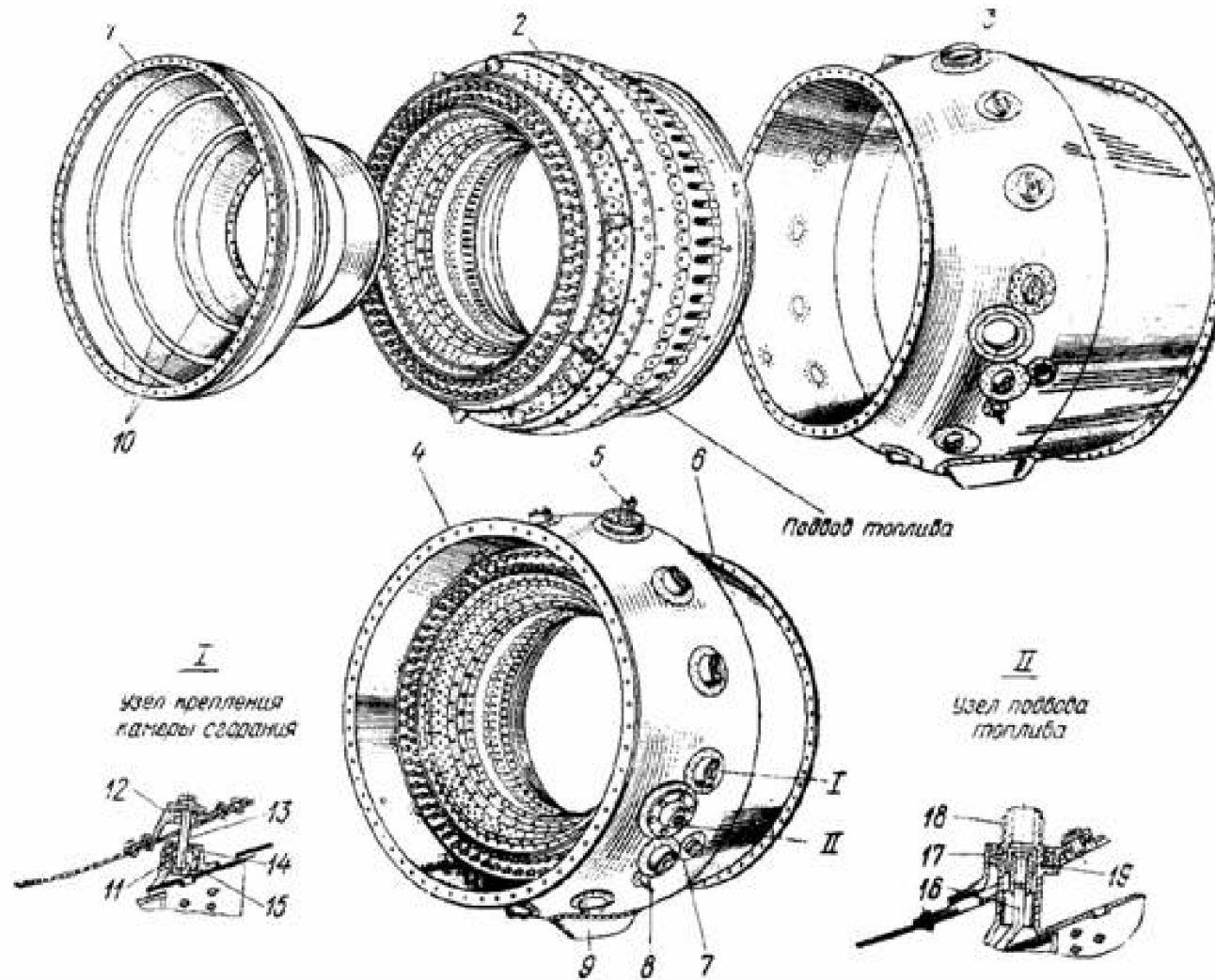


Рис. 3.3 Блок камеры сгорания

1—внутренний корпус; 2— жаровая труба; 3—наружный корпус; 4 и 6—фланцы; 5—воспламенитель; 7—смотровой лючок; 8—штуцер отбора воздуха; 9—дренажный бачок; 10—ребра жесткости; 11—сферическим обояма; 12—фланец фиксатора; 13—фиксатор; 14—втулка фиксатора; 15 и 19—вкладыши; 16—трубка подвода топлива в первый контур; 17—гильза; 18—штуцер подвода топлива

Наружный корпус 3 сварной конструкции состоит из двух оболочек и двух фланцев 4 и 6 для крепления к спрямляющему аппарату компрессора высокого давления и к сопловому аппарату первой турбины. С передней наружной стороны на корпусе имеются фланцы, к которым крепят фиксаторы 13 жаровой трубы 2, два воспламенителя 5, смотровой лючок 7, штуцер 8 отбора воздуха на агрегат управления регулируемого направляющего аппарата, гильзы 17. В гильзе 17 с помощью вкладыша 19 установлен штуцер 18 с трубкой 16, через которую подается топливо в блок форсунок — к форсункам первого и второго контура.

Снизу к корпусу приклепан дренажный бачок 9 для сбора топлива после останова двигателя. Из дренажного бачка топливо удаляется эжекцией через боковое отверстие в поток воздуха наружного контура.

Внутренний корпус 1 переменного сечения состоит из кожуха и трех ребер жесткости 10, приваренных с внутренней стороны кожуха. Передним фланцем корпус крепится к фланцу, образованному лопатками спрямляющего аппарата, компрессора высокого давления, а задним фланцем — к конусу внутреннего корпуса соплового аппарата первой турбины.

Жаровая труба (рисунок 3.3) кольцевого типа состоит из блока форсунок 12, наружного 4 и внутреннего 7 кожухов и наружного кольца 2.

Блок форсунок сварной конструкции (рисунок 3.4) расположен в передней части жаровой трубы, образует два кольцевых топливных коллектора 2 и 9 форсунок первого 5 и второго 7 контуров. Из коллектора 9 через экранирующие трубки 16 топливо подается к форсункам первого контура 5, а из коллектора 2 — к форсункам 7 второго контура. На блоке форсунок в два кольцевых ряда установлены 139 топливных рабочих форсунок. В наружном кольцевом ряду установлено 70 форсунок, из них 35 форсунок первого контура, а 35 — второго. Во внутреннем ряду установлены 69 форсунок второго контура. Возле каждой форсунки выполнены сегментные отверстия для прохода первичного воздуха.

Для предотвращения коксообразования в коллекторах 9 и 2 к блоку форсу-

нок приклепаны козырек 12 и отражатель 8, под которые вводят теплоизолирующую набивку.

Топливные форсунки состоят из корпуса, к которому через лопатки завихрителя 14 крепят конфузорные или диффузорные втулки. Внутри диффузорных втулок имеется конический стабилизатор. В корпусе установлены распылитель 4 и фильтр 11. Форсунки закреплены шлицевыми гайками 13.

Блок форсунок 12 (рисунки 3.4, 3.5) крепится к кольцам наружного 4 и внутреннего 7 кожухов.

Наружный 4 и внутренний 7 кожухи состоят из отдельных колец. Кольца кожухов соединены между собой с учетом тепловых расширений. Между кольцами при соединении установлены дистанционные пластинки 9 или гофрированные ленты 1 для создания пленочного воздушного охлаждения. На наружном и внутреннем кожухах установлены смесительные патрубки 3 и 8, которые способствуют эффективному перемешиванию вторичного потока воздуха и газа для обеспечения допустимой температуры газов перед турбиной двигателя.

Жаровая труба с передней стороны подвешивается с помощью фиксаторов. К задней части наружного и внутреннего кожухов приварены кольца 5 и 6, которыми они опираются на соответствующие кольцевые поверхности соплового аппарата первой турбины.

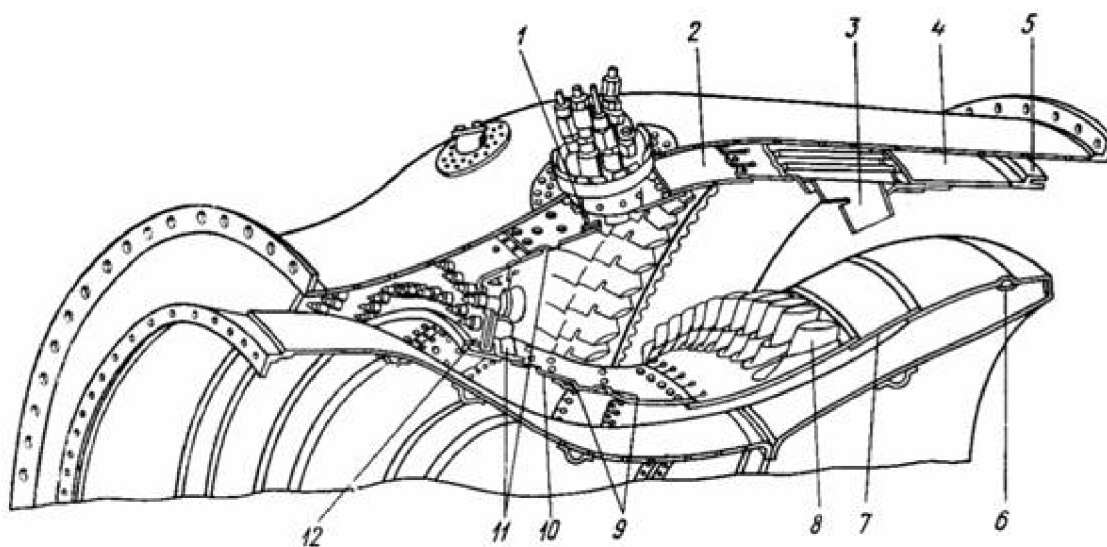


Рис. 3.4 Разрез блока камеры сгорания

1—гофрированная лента; 2—наружное кольцо; 3 и 8—смесительные патрубки;
4— наружный кожух; 5—наружное уплотнительное кольцо; 6—внутреннее уплотни-
тельное кольцо; 7—внутренний кожух; 9—дистанционная пластинка;
10 и 11—кольца; 12—блок форсунок

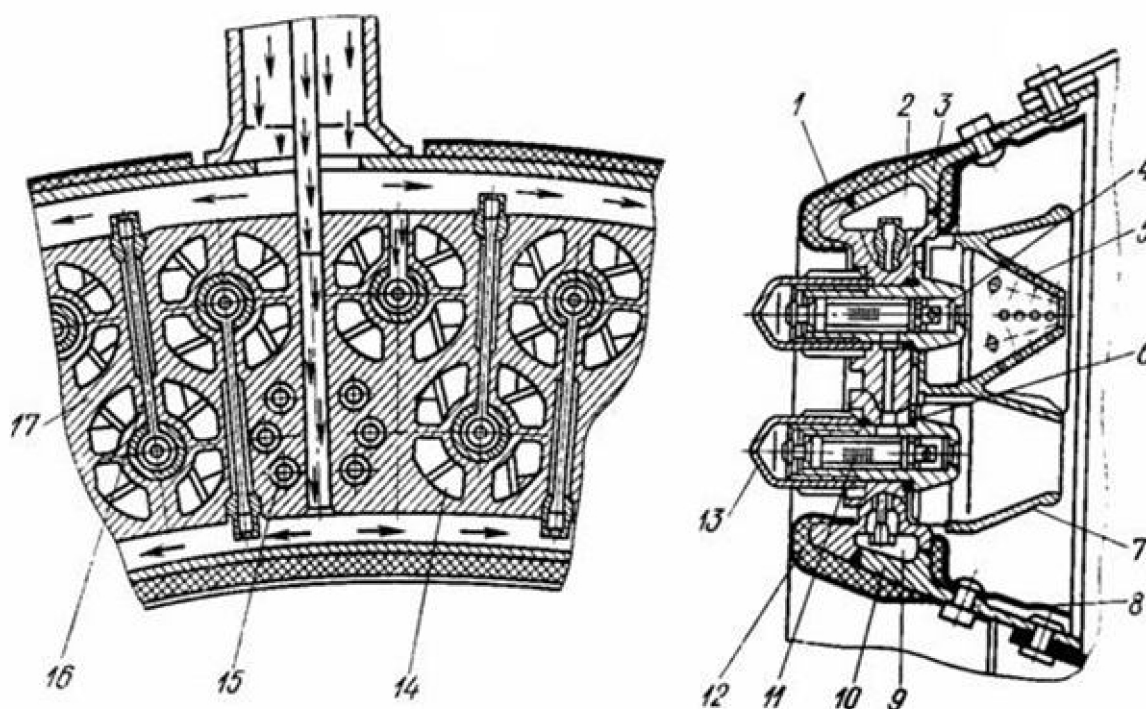


Рис. 3.5 Разрез блока форсунок

1—теплоизоляционный материал; 2 и 9—топливные коллекторы; 3—кольцо; 4— рас-
пылитель форсунки; 5—форсунка первого контура; 6—уплотнительное кольцо; 7—
форсунка второго контура; 8—отражатель; 10—кольцо; 11—фильтр форсунки; 12— ко-
зырек; 13—шлицевая гайка; 14—завихритель форсунки; 15—отверстия для подвода
воздуха; 16—экранирующая трубка; 17—плита

4 ТУРБИНА

4.1 Общие сведения о турбине

В газовой турбине происходит преобразование потенциальной энергии газа, полученной при сжатии воздуха в компрессоре и нагреве его до высоких температур в камере сгорания, в механическую работу на валу. Эта работа расходуется на привод компрессоров и агрегатов двигателя.

Газовая турбина обладает рядом ценных качеств, таких, как простота конструкции, высокая экономичность, возможность получения большой мощности в одном агрегате, малые габариты и масса, удобство в эксплуатации.

На двигателе НК-8-2У установлена двухкаскадная трехступенчатая турбина (рисунок 4.1). Первая турбина одноступенчатая высокого давления. Вторая турбина двухступенчатая низкого давления.

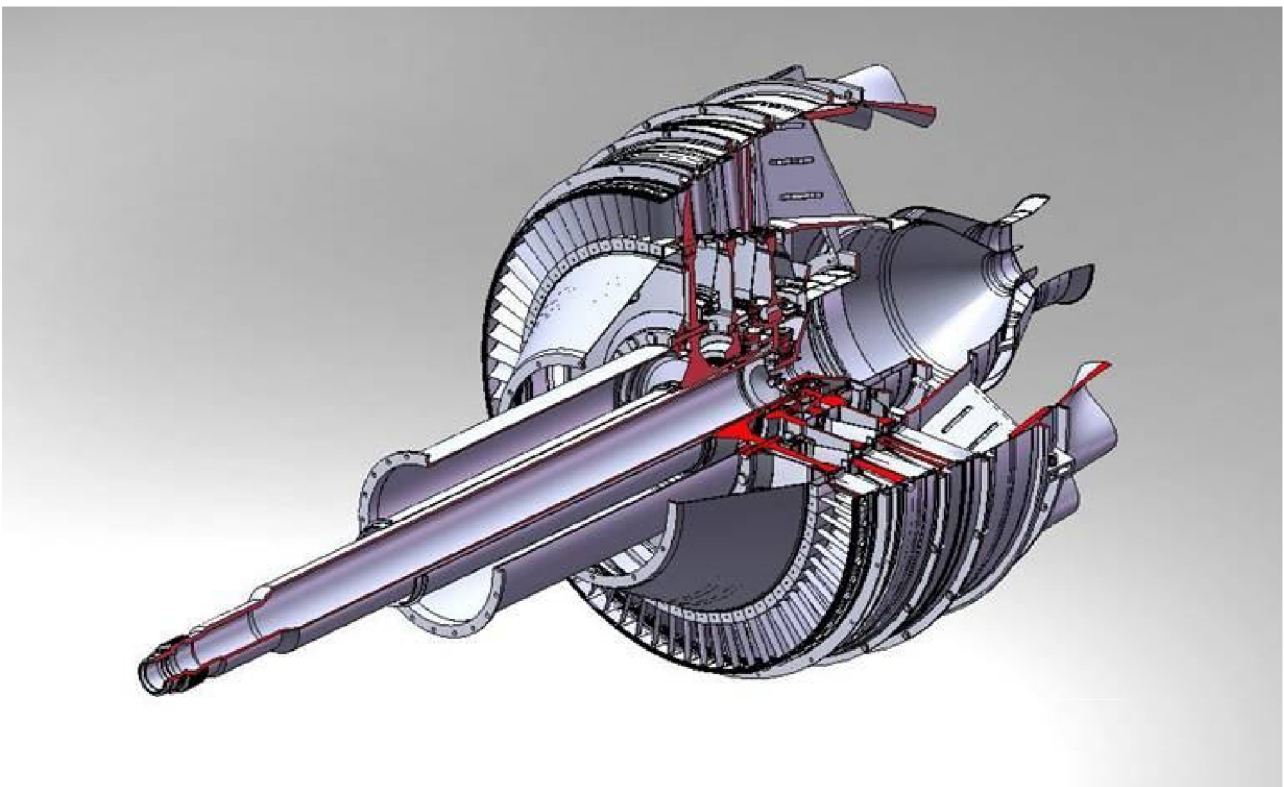


Рис. 4.1 Турбина

4.2 Турбина высокого давления

Турбина высокого давления (рисунок 4.2) расходует механическую работу на привод компрессора высокого давления и на приводные агрегаты, установленные на коробках двигательных и самолетных агрегатов. Турбина состоит из статора (1 и 2) и ротора с опорой 5.

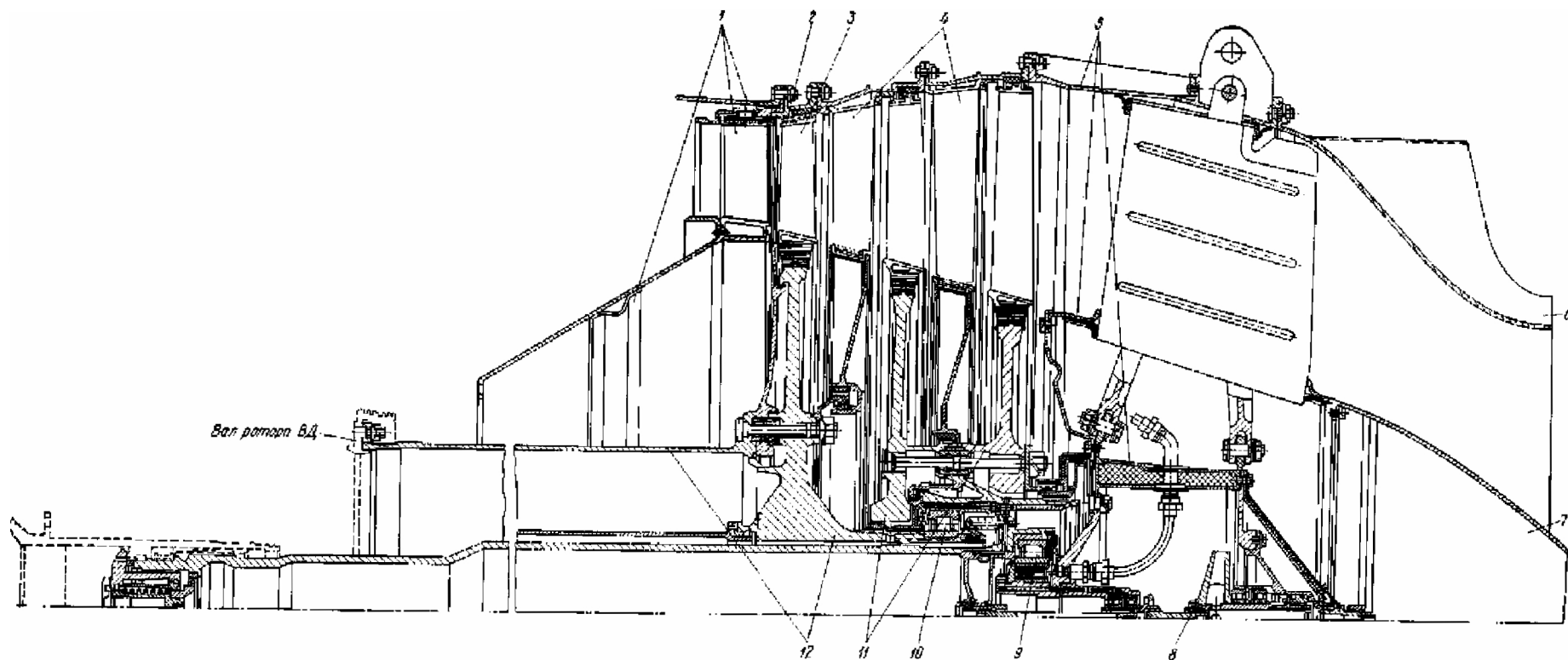


Рис.4.2 Разрез турбины двигателя

1—статор турбины ВД; 2—промежуточное кольцо; 3—лопатка; 4— статор турбины НД; 5— задняя опора;
6— смеситель; 7— конус; 8— динамический суфлер; 9 и 10— подшипники

Статор (рисунок 4.3) — это сопловой аппарат, который состоит из наружного корпуса, внутреннего корпуса и лопаток 3.

Наружный корпус состоит из наружного 6 и промежуточного 8 колец, соединенных болтами одним общим фланцем с наружным корпусом камеры сгорания. Наружное кольцо имеет отверстия, окантованные специальными втулками, через которые поступает воздух на охлаждение лопаток. С передней стороны на кольцо 6 опирается наружный кожух жаровой трубы. Промежуточное кольцо 8 имеет два фланца и с внутренней стороны кольцевую проточку. В кольцевую проточку установлены металлокерамические вставки 7 с гребешками, которые с гребешками наружных полок рабочих лопаток ротора образуют уплотнение. К заднему фланцу крепится болтами наружное кольцо 10 соплового аппарата второй ступени. Между кольцами 6 и 8 с помощью выступов на наружных полках фиксируются лопатки 3 соплового аппарата.

Внутренний корпус сварной конструкции состоит из внутреннего кольца 23, конуса 1 с фланцем 25 и кольцом жесткости 24. На внутреннем кольце 23 спереди приклепан козырек 2, на который опирается внутренний кожух жаровой трубы. Лопатки 3 с помощью выступов на внутренних полках опираются на внутренний корпус.

Лопатки 3 пустотелые, охлаждаемые. Профильная часть лопаток заканчивается наружными и внутренними полками с выступами для фиксации. Для эффективного охлаждения профильной части лопаток внутри установлены дефлекторы 4. Охлаждающий воздух поступает через отверстия в наружной полке и выходит через щели в задней кромке профильной части лопаток.

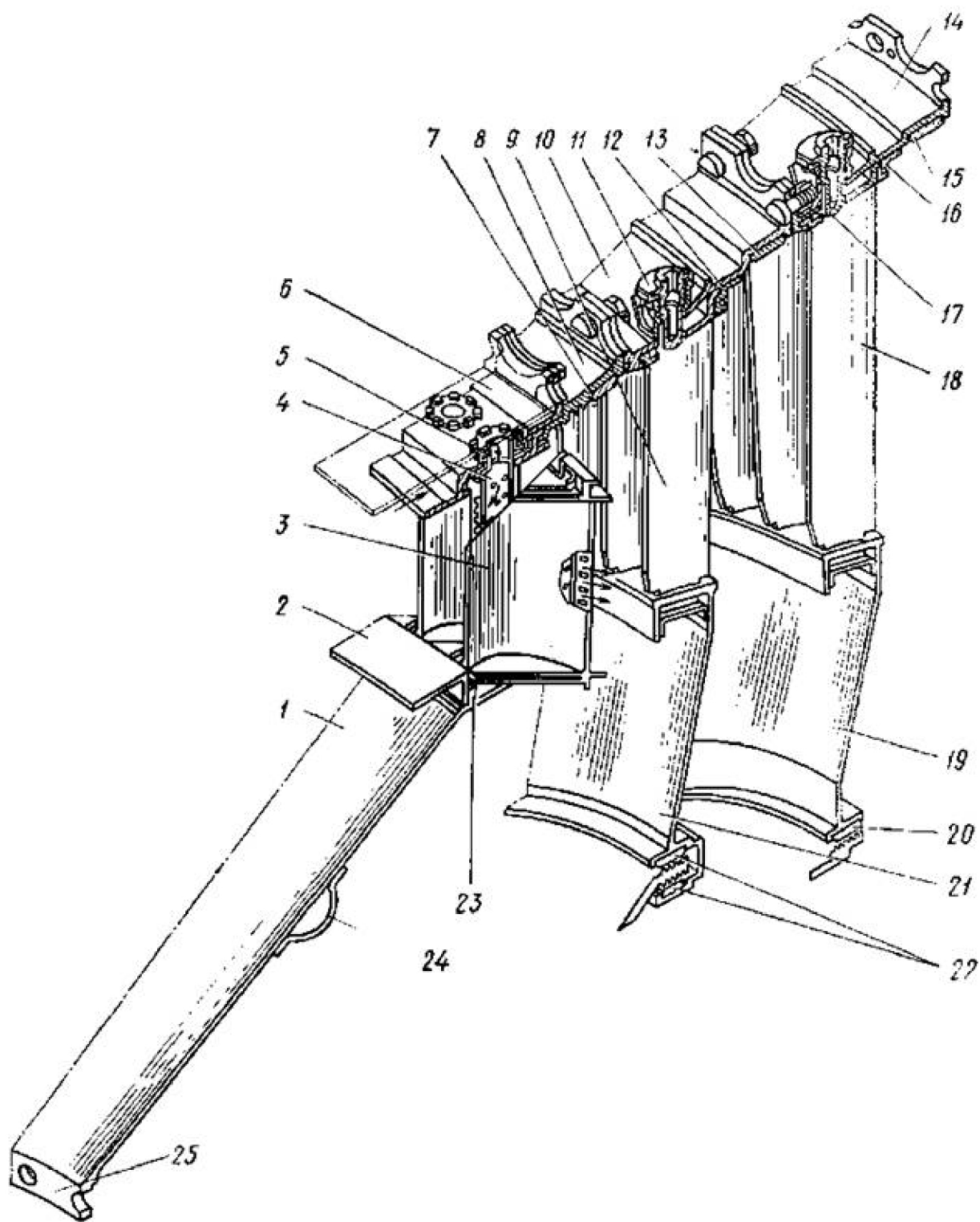


Рис. 4.3 Статор турбины

1, 19, 21, 23—детали внутреннего корпуса; 2—козырек; 3, 9, 18—лопатки;
 4—дефлектор; 5—штулка; 6, 10, 14—наружные кольца; 7, 13, 15, 20, 22—вставки;
 8—промежуточное кольцо; 11 и 17—заглушки; 12 и 16—замковые кольца;
 24—кольцо жесткости; 25—фланец

Ротор турбины высокого давления (рисунки 4.4, 4.5) состоит из вала 1, рабочего колеса с задней опорой.

Вал 1 передним фланцем вместе с лабиринтом крепится к фланцу конической проставки ротора компрессора высокого давления. Задний фланец вала вместе с дефлектором 4, диском 3 и лабиринтным кольцом 5 стянуты в пакет болтами 6. С помощью выступов на внутренней стороне фланца вал 1 центрируется с диском 3. Крутящий момент от диска на вал передается через втулки 7.

Рабочее колесо турбины включает в себя диск 3, рабочие лопатки 2, дефлектор 4, лабиринтное кольцо 5 и заднюю опору.

Диск 3 имеет центральное отверстие, в котором с помощью втулки 11 центрируется воздухоподводящая труба 12 и проходит вал турбины низкого давления. На передней стороне диска 3 выполнены выступы для соединения с дефлектором 4. В средней части имеется фланец с отверстиями для болтов 6. С наружной стороны диска 3 с помощью елочных замков установлены рабочие лопатки 2, зафиксированные от смещения пластинчатыми замками. С задней стороны диска имеется цилиндрический хвостовик, на который устанавливается внутренняя обойма роликового подшипника 9 и крепится гайкой-лабиринтом 8. На хвостовике с внутренней и наружной сторон выполнены лабиринтные гребешки, обеспечивающие уплотнение масляной полости задней опоры турбины.

Дефлектор 4 с передней стенкой диска 3 образует полость, в которую поступает воздух для охлаждения. Охлаждающий воздух через зазоры в елочных замках выходит в полость за первым диском.

Рабочие лопатки 2 имеют внутренние и наружные полки. Внутренние полки образуют кольцевой экран, предотвращающий перегрев от газов замковой части лопаток. Наружные полки образуют бандаж, уменьшающий потери газового потока. На наружной стороне полок имеются гребешки, которые с гребешками керамических вставок промежуточного кольца образуют уплотнения.

В качестве задней опоры ротора турбины высокого давления служит роликовый подшипник 9. Для наддува лабиринтов задней опоры подводится воздух из-за шестой ступени компрессора высокого давления.

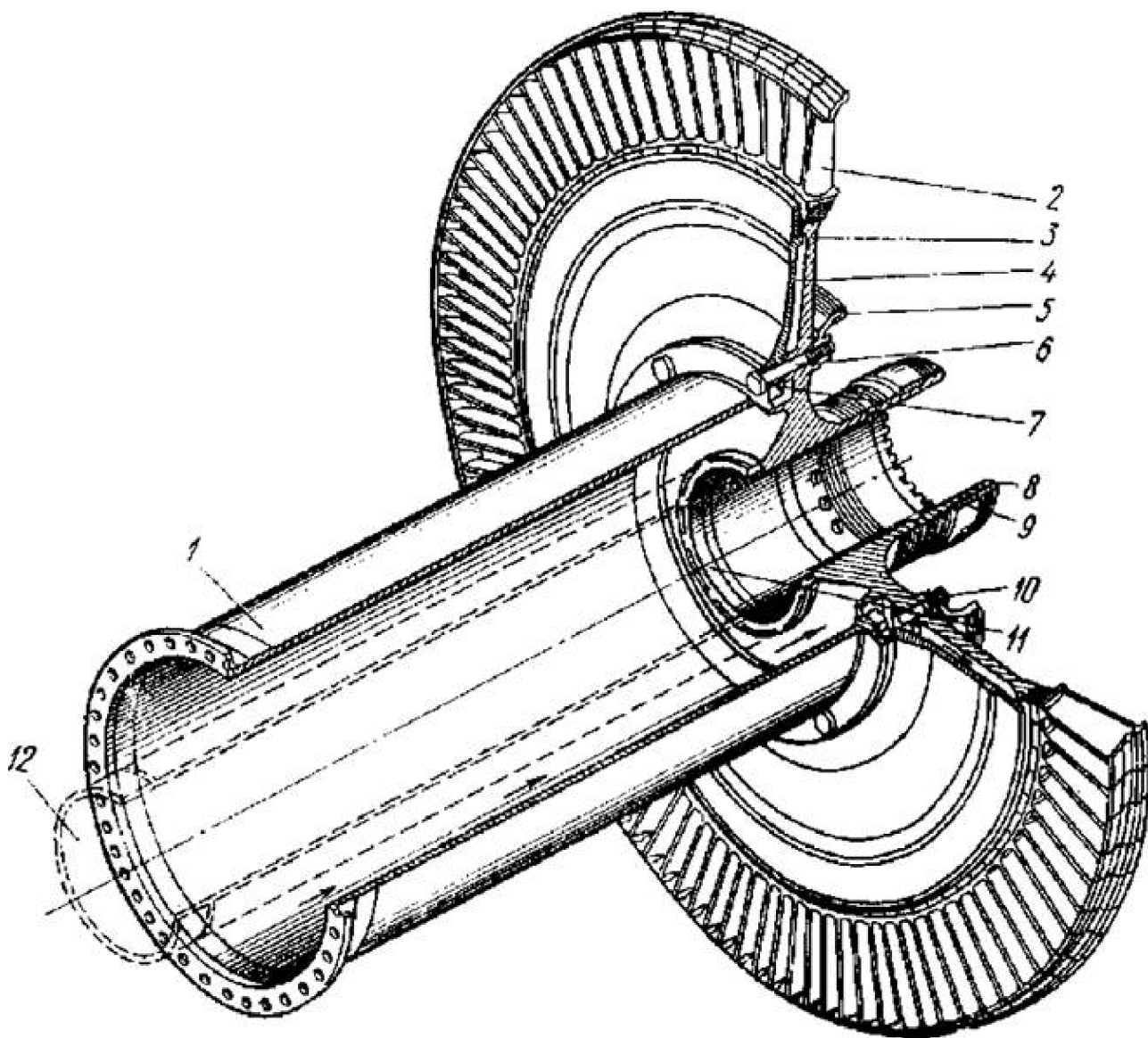


Рис. 4.4 Ротор турбины ВД

- 1—вал; 2—лопатка; 3—диск; 4—дефлектор; 5—лабиринтное кольцо; 6— болт;
 7 и 11—втулки; 8—гайка-лабиринт; 9—роликовый подшипник;
 10— балансирующий болт; 12—воздухоподводящая труба

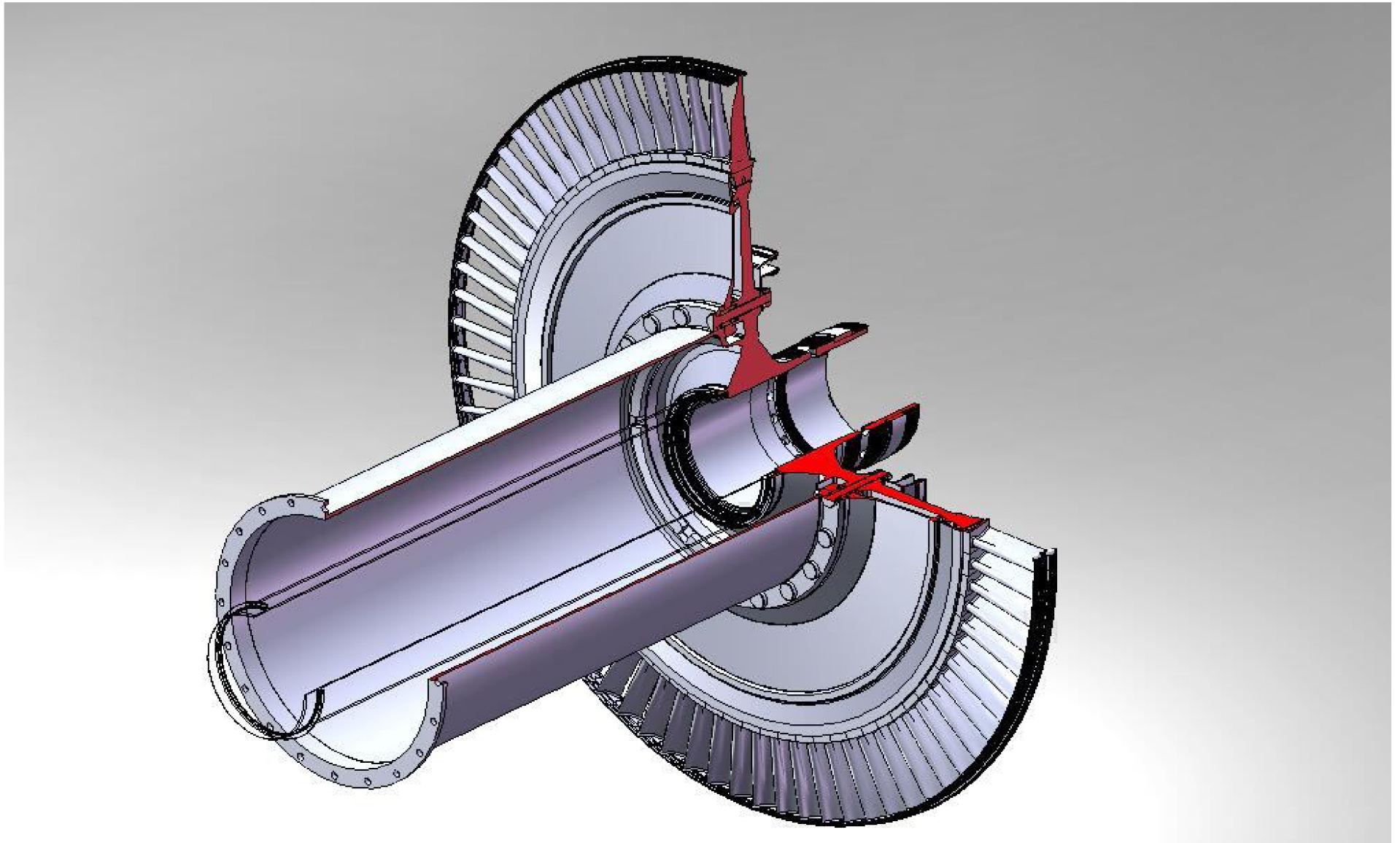


Рис. 4.5 Ротор турбины ВД

4.3 Турбина низкого давления

Турбина низкого давления (рисунок 4.6) расходует механическую работу на привод компрессора низкого давления и на приводные агрегаты в передней, средней и задней опорах двигателя.

Турбина состоит из статора, ротора и задней опоры двигателя.

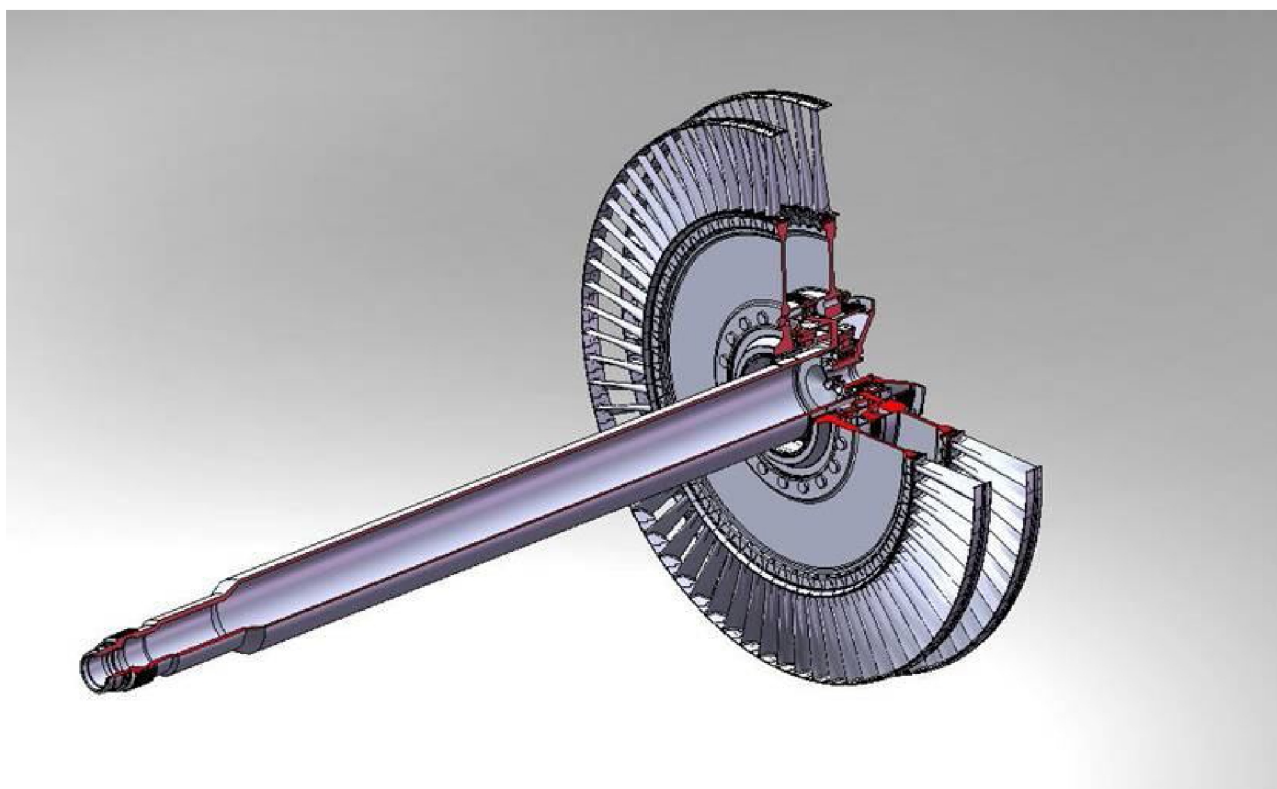


Рис.4.6 Турбина НД

Статор турбины состоит из двух сопловых аппаратов второй и третьей ступеней, аналогичных по конструкции. Каждый сопловой аппарат состоит из наружного кольца, внутреннего корпуса, лопаток и замкового кольца.

Наружные кольца и соединяются фланцами и стягиваются болтами. С внутренней стороны колец и выполнен кольцевой паз для установки металлокерамических вставок с гребешками, которые с гребешками наружных полок лопаток ротора образуют уплотнение, уменьшающее потери газового потока.

С внутренней стороны колец и с помощью наружных полок и замкового кольца консольно крепятся лопатки. В нижней части наружных колец установлены заглушки лючков для осмотра лопаток ротора турбины.

Внутренний корпус сварной конструкции состоит из внутреннего кольца с просечками для внутренних хвостовиков лопаток, уплотнительного кольца и диафрагмы с лабиринтным кольцом. В кольцевых проточках лабиринтных колец установлены металлокерамические вставки, которые с деталями ротора образуют уплотнения между ступенями турбины.

Лопатки пустотелые неохлаждаемые.

Ротор турбины (рисунок 4.6) состоит из вала 20, дисков рабочих колес второй 3 и третьей 4 ступеней, задней опоры.

Вал 20 с помощью шлицев соединен с валом компрессора низкого давления. С задней стороны вала имеется фланец 3 (рисунок 4.7). На наружной части фланца 3 с помощью поясков ступиц центрируются диски 21 и 22 рабочих колес. Крутящий момент от дисков на вал передается с помощью втулок 17. Диски стянуты болтами 18. С передней внутренней стороны фланца вала 13 установлена втулка с наружной обоймой 15 роликового подшипника первой турбины и форсуночное кольцо 16. Во втулке выполнены каналы для обеспечения подачи масла с передней и задней сторон подшипника. Втулка с подшипником 15 и форсуночным кольцом 16 удерживаются пазовой гайкой 4 с экраном. Гайка-экран 4 улучшает теплозащиту подшипника ротора высокого давления и крепит крышку 5 лабиринта.

С задней наружной стороны фланца на большем диаметре выполнены гребешки 23, образующие с крышкой лабиринтов 24 уплотнения масляной полости задней опоры.

Сзади, внутри вала 13, установлена крышка 8 с наружной обоймой 31 роликового подшипника. Крышка и обойма подшипника крепятся гайкой. В центральной части крышки имеется шлицевая втулка, передающая вращение через

рессору 10 и пару конических шестерен маслососу 43 откачки из задней опоры, а через рессору 38 — на динамический суфлер 39 задней опоры.

Рабочие колеса 22 второй и 21 третьей ступеней представляют собой диски с центральным отверстием и фланцами для центрирования и крепления к фланцу 3 вала 13. На дисках с помощью «елочных» замков установлены лопатки и зафиксированы пластинчатыми замками.

Лопатки по конструкции аналогичны лопаткам турбины высокого давления. На фланце диска 22 выполнены гребешки 19 для уплотнения с лабиринтным кольцом 20 статора. Внутренняя поверхность второго диска с металлическими уплотнительными кольцами 6 крышки образует уплотнение, которое способствует направлению воздуха на охлаждение ступичной части второго и третьего дисков.

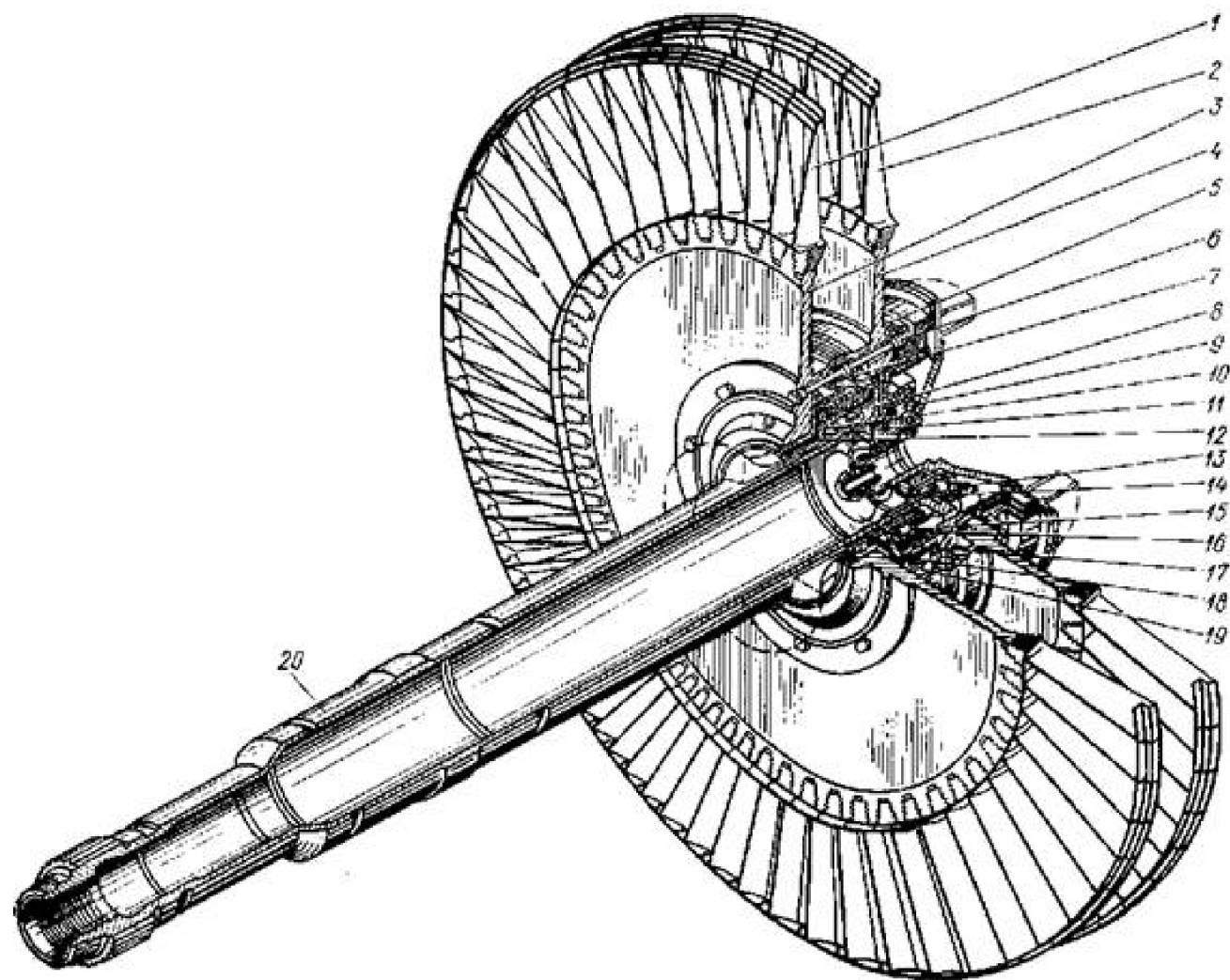
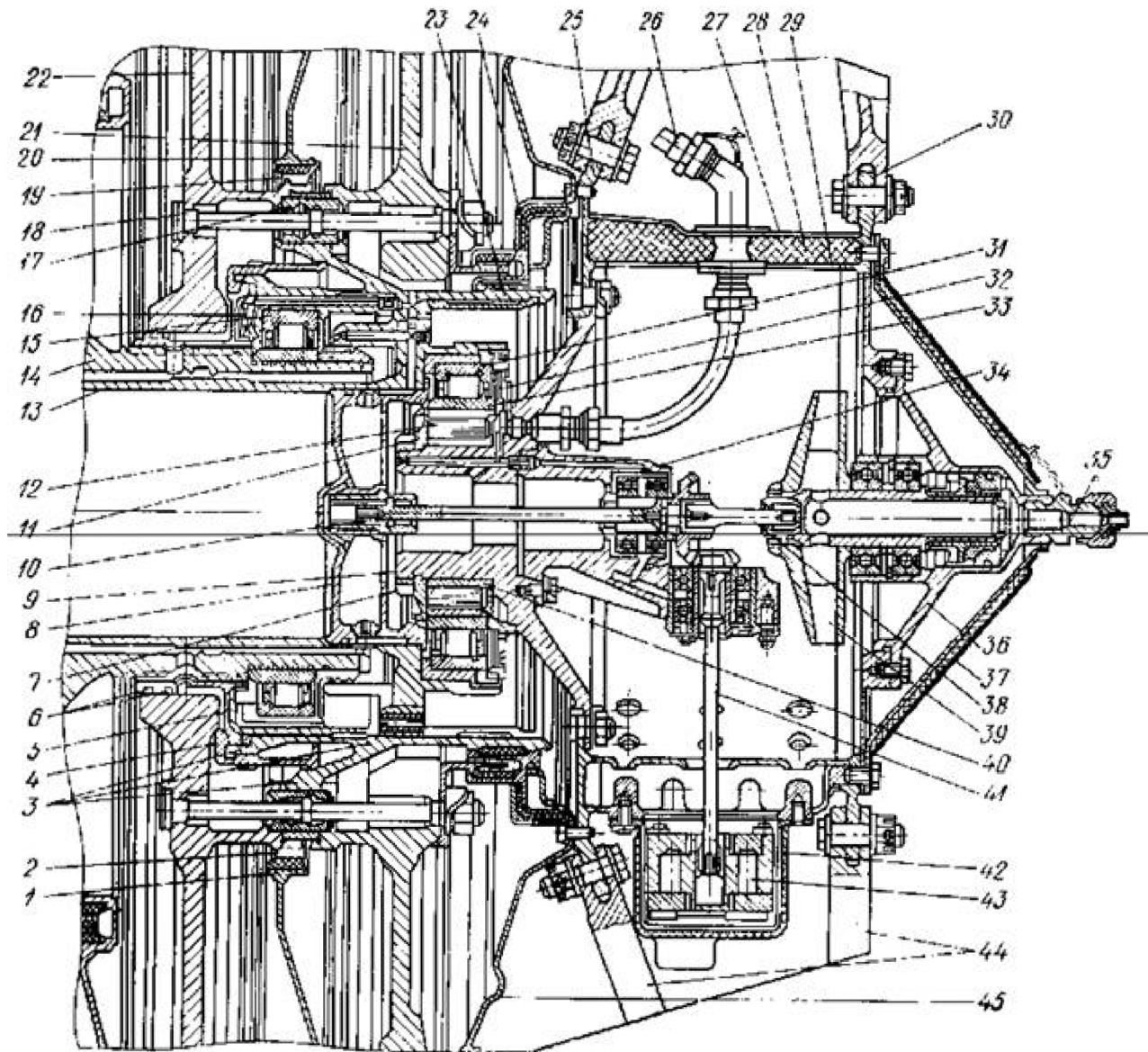


Рис. 4.6 Ротор турбины НД

1 и 2— лопатки; 3 и 4— диски; 5— лабиринтное кольцо; 6— болт; 7, 14 и 16— втулки; 8— форсунка; 9 и 15— подшипники; 10— жиклерное кольцо; 11 и 19— гайки с экраном; 12— крышка лабиринта; 13— гайка; 17— крышка; 18— прокладка; 20— вал



- 1 и 20—лабиринтные кольца;
 2, 19, 23—гребешки;
 3, 25, 30—фланцы;
 4—гайка-экран;
 5, 8, 37—крышки;
 6—уплотнительное кольцо;
 7—гайка; 9—носок;
 10, 38 и 41—рессоры;
 11—шайба; 12—демпфер;
 13—вал турбины НД;
 14—турбина ВД;
 15 и 31—наружные обоймы подшипников;
 16 и 32—форсуночные кольца;
 17 и 40—втулки; 18—болт;
 21 и 22—диски; 24—лабиринт;
 26—трубка подвода масла;
 27—экран;
 25—термоизоляционная набивка; 29—кожух;
 33—внутренняя обойма подшипника; 34—привод;
 35—штуцер суфлирования;
 36—корпус; 39—суфлер;
 42—коробка; 43—маслонасос;
 44—вилка; 45—диафрагма

Рис. 4.7 Узел опор ротора турбин ВД и НД

Задняя опора (рисунок 4.8) является основной силовой частью двигателя сварной конструкции, состоит из сопла, внутреннего кожуха и шести вилок. Сопло состоит из наружного кожуха 8, внутреннего кожуха 17 и шести ребер-стоек 20. Наружный кожух 8 передним фланцем крепится к статору турбины. Сзади к кожуху 8 приварено силовое кольцо с двумя фланцами. К заднему фланцу силового кольца крепится смеситель 13, а в верхней части установлены два кронштейна 10 для вилки заднего узла подвески двигателя на самолет. Спереди наружный кожух усилен шестью парными продольными ребрами жесткости 16. С помощью болтов к парным ребрам крепятся демпферы, поддерживающие проставку внешнего контура. Для прохода силовых вилок 9 между ребрами 16 выполнены просечки. Вокруг просечек приварены манжеты, на которые телескопически опираются ребра-стойки 20. На кожухе приварены четыре гнезда 25 для установки термопар

Внутренний кожух 17 представляет собой усеченный конус. К переднему фланцу крепится диафрагма 6 для предохранения внутреннего корпуса 18 задней опоры от воздействия горячих газов. К заднему фланцу крепится стекатель 14. На кожухе выполнены шесть просечек с отбортовками, в которые вварены ребра стойки 20.

Внутренний корпус (рисунок 4.7) состоит из переднего 25 и заднего 30 фланцев, кожуха 29, экрана 27 и коробки 42. Корпус является силовой частью и образует масляную полость задней опоры.

На переднем и заднем фланцах имеются по шести проушин для крепления силовых вилок 44. К переднему и заднему фланцам приварены кожух 29 и экран 27, между которыми введена термоизоляционная набивка 28. В нижней части кожуха выполнены отверстия для слива масла в поддон. К переднему фланцу 25 крепится носок 9, на который ставят маслофорсуночное кольцо 32, втулку 46 с пакетом демпфирующих пластин 12 и внутренней обоймой 33 подшипника, шайбу 11 для фиксации пакета опоры. Все детали опоры стягивают гайкой 7.

Для обеспечения подачи масла под давлением на смазку подшипников турбин и подшипников привода маслососа откачки в носке 9, в заднем фланце 3 вала второй турбины и в корпусе привода 34 выполнены каналы. Привод 34 крепится к носку 9 и служит для передачи крутящего момента на динамический суфлер 39 и маслосос откачки 43.

Для отделения масляной полости опоры от газовой к переднему фланцу 25 крепится крышка лабиринта 24 с экраном, под которой введена термоизоляционная набивка. К заднему фланцу 30 крепится динамический суфлер 39 и крышка 37 с термоизоляционной набивкой.

В нижней части корпуса установлена термоизолированная коробка 42 с маслососом 43 откачки масла.

Трубопроводы подвода и отвода масла, подвода огнегасящей смеси и трубопровод суфлирования проходят через полости ребер стоек и соединяются с ниппелями, установленными на проставке. Трубопровод суфлирования с масловоздушной смесью заключен в более широкую трубу и по зазорам между ними смесь сбрасывается в полость стекателя. На проставке в переходнике в потоке суфлируемой масловоздушной смеси установлен датчик сигнализации пожара ДП-6.

Смеситель 13 (рисунок 4.8) сварной конструкции имеет 18-лепестковый венец. Лепестки представляют собой выдавки в виде глубокого гофра. Смеситель обеспечивает перемешивание воздуха и газа, поступающих из наружного и внутреннего контуров и является одновременно шумоглушащим устройством.

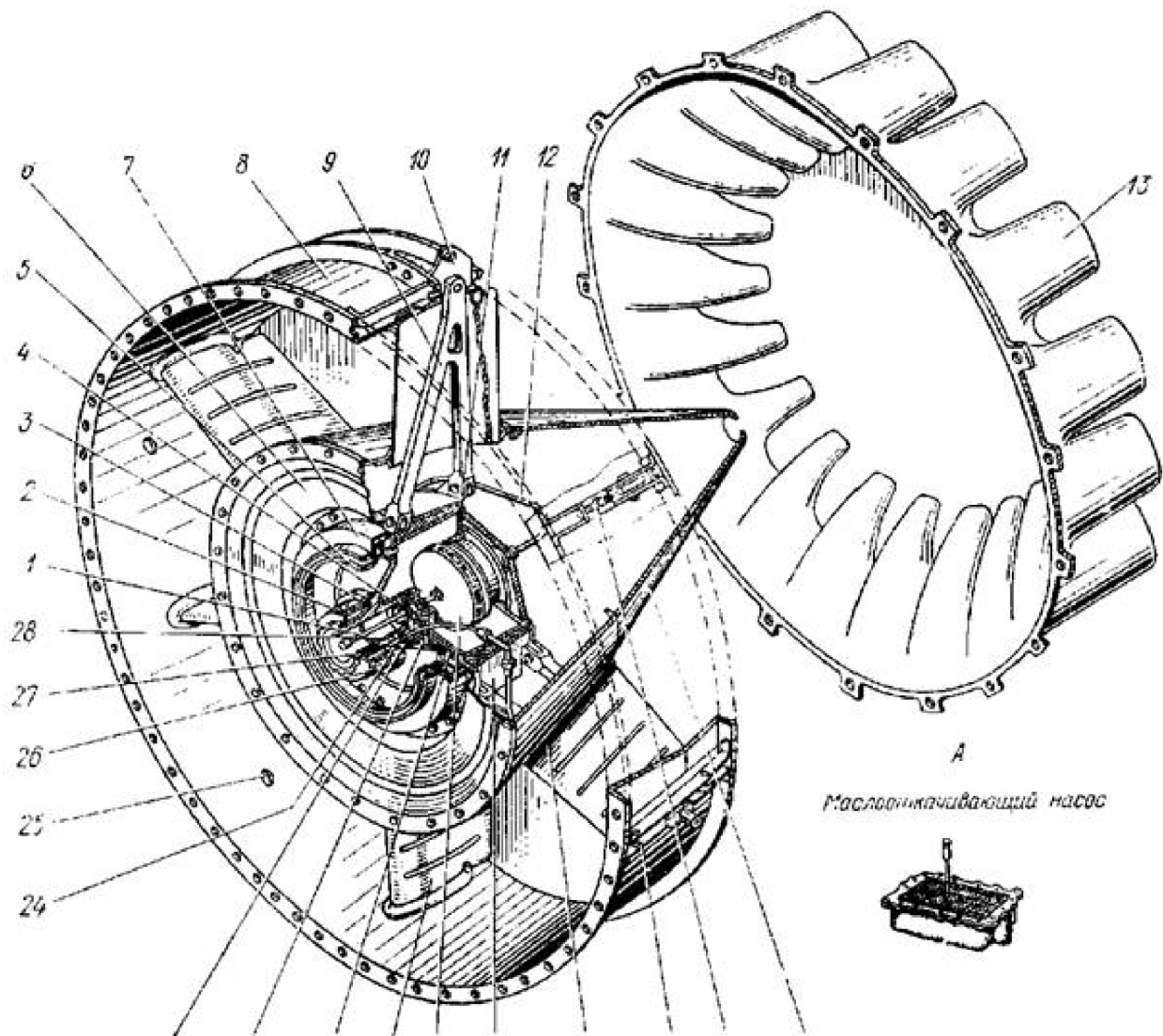


Рис. 4.8 Задняя опора

1— рессора; 2— демпфер; 3— форсунка; 4— привод маслооткачивающего насоса;
 5— носок; 6— диафрагма; 7— крышка лабиринта; 8— наружный кожух; 9— вилка;
 10— кронштейн подвески; 11— противопожарная форсунка; 12— суфлирующая трубка;
 13— смеситель; 14— стекатель; 15— противопожарный клапан; 16— ребро жесткости;
 17— внутренний кожух; 18— внутренний корпус; 19— центробежный суфлер;
 20— ребро-стойка; 21— маслооткачивающий насос; 22— рессора привода маслоотка-
 чивающего насоса; 23— маслоподводящая трубка; 24— полость носка; 25— гнездо под
 термopару; 26— внутреннее кольцо подшипника ротора НД; 27— жиклер подвода
 смазки к подшипнику ротора ВД; 28— переходная втулка

5 РЕАКТИВНОЕ СОПЛО

На второй двигатель (рисунок 5.1) установлено реактивное сопло, представляющее собой трубу переменного сечения. Для крепления к двигателю спереди приварен фланец 1. Для увеличения жесткости к соплу приварены кольцевые ребра жесткости 2 и 3. Выходная часть усилена кольцом 4. Ось задней части сопла расположена под углом $6^{\circ}30'$ к продольной оси двигателя. На первом и третьем двигателях сопло крепят к выходной части реверса. Сопло состоит из корпуса насадка 7, к которому с помощью быстросъемного соединения 6 крепится реактивный насадок 5. Быстросъемное соединение 6 позволяет поворачивать реактивный насадок на 180° в зависимости от установки двигателя — слева или справа самолета.

Продольная ось насадка 5 отклонена от оси двигателя на угол $6^{\circ}30'$. Отклонение газовой струи для внешних двигателей производится в горизонтальной плоскости в стороны от продольной оси самолета, а для второго двигателя — вверх.

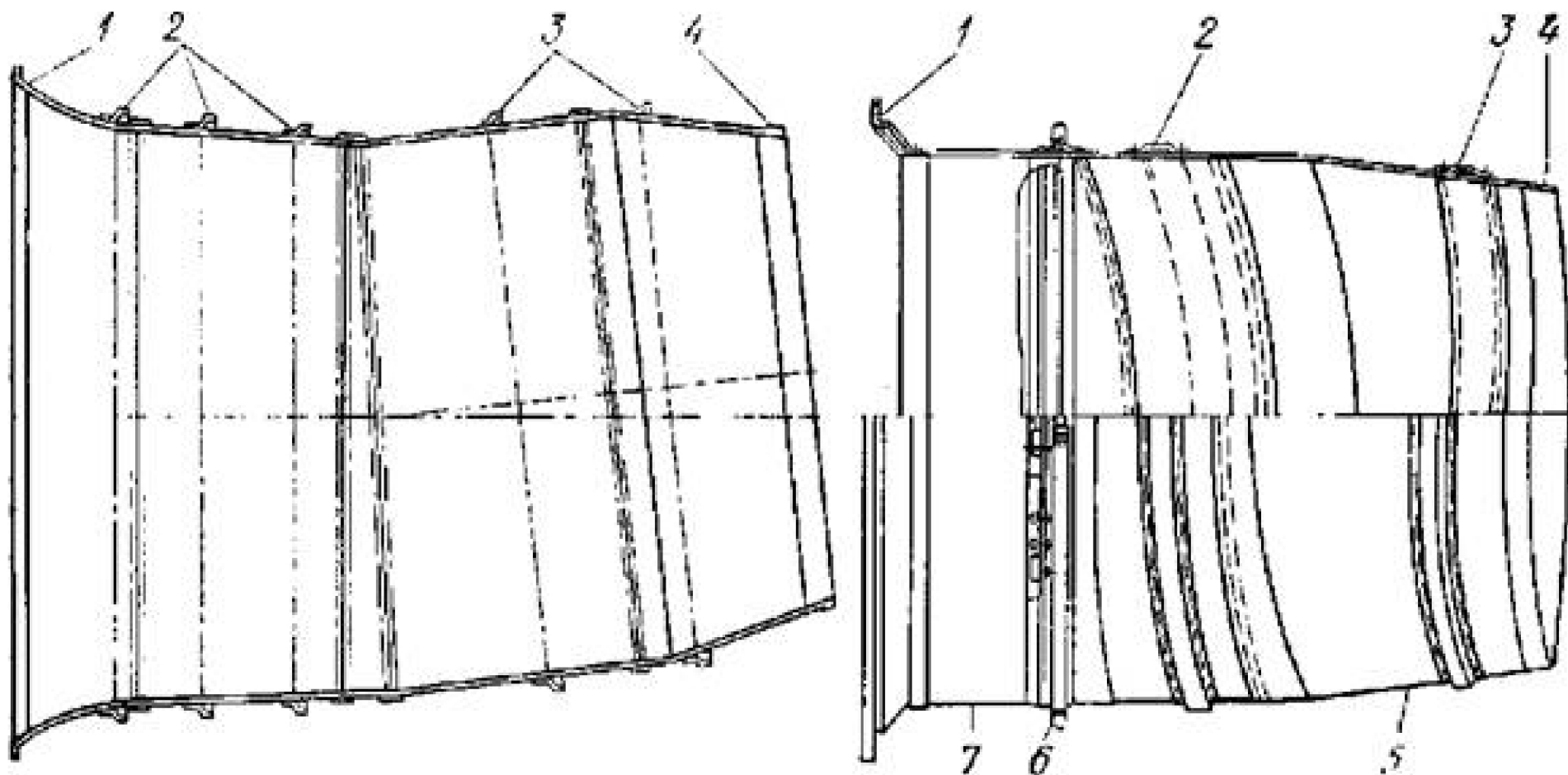


Рис. 5.1 Реактивное сопло

1—фланец; 2 и 3—ребра жесткости; 4—кольцо; 5—реактивный насадок; 6— быстросъемное соединение; 7—корпус насадки

6 РЕВЕРСИВНОЕ УСТРОЙСТВО

Из всех известных тормозных устройств наиболее эффективным является реверсирование тяги двигателя (рисунок 6.1) путем симметричного поворота газового потока с помощью створок и отклоняющих решеток. На рисунке 6.2 показано положение створок на режимах прямой и обратной тяги и направление движения газового потока.

Реверсивное устройство (рисунок 6.1) устанавливается только на внешние двигатели, т. е. на первый и третий, и состоит из корпуса реверса 2, двух диаметрально расположенных отклоняющих решеток 3 и 17, проставки реверса 19, двух створок 4 и 18, переднего 1 и заднего 6 уплотнений, системы управления реверсом.

Корпус реверса 2 состоит из переднего и заднего фланцев, соединенных между собой конусной стенкой, которая усилена четырьмя лонжеронами. На стенке выполнено два окна для опор створок. Опорами створок являются оси, установленные одна в другую. К фланцам осей болтами крепят верхнюю 4 и нижнюю 18 створки. Обоймами подшипников служат стенки осей с цилиндрическими проточками под беговые дорожки для роликов. В местах установки опор стенки корпуса реверса усилены двумя кронштейнами 9, воспринимающими газовую нагрузку от створок через опоры.

В верхней и нижней части корпуса реверса имеются прямоугольные окна с окантовкой и кронштейнами для крепления отклоняющих решеток. Отклоняющие решетки клепаной конструкции состоят из продольных стенок и лопаток.

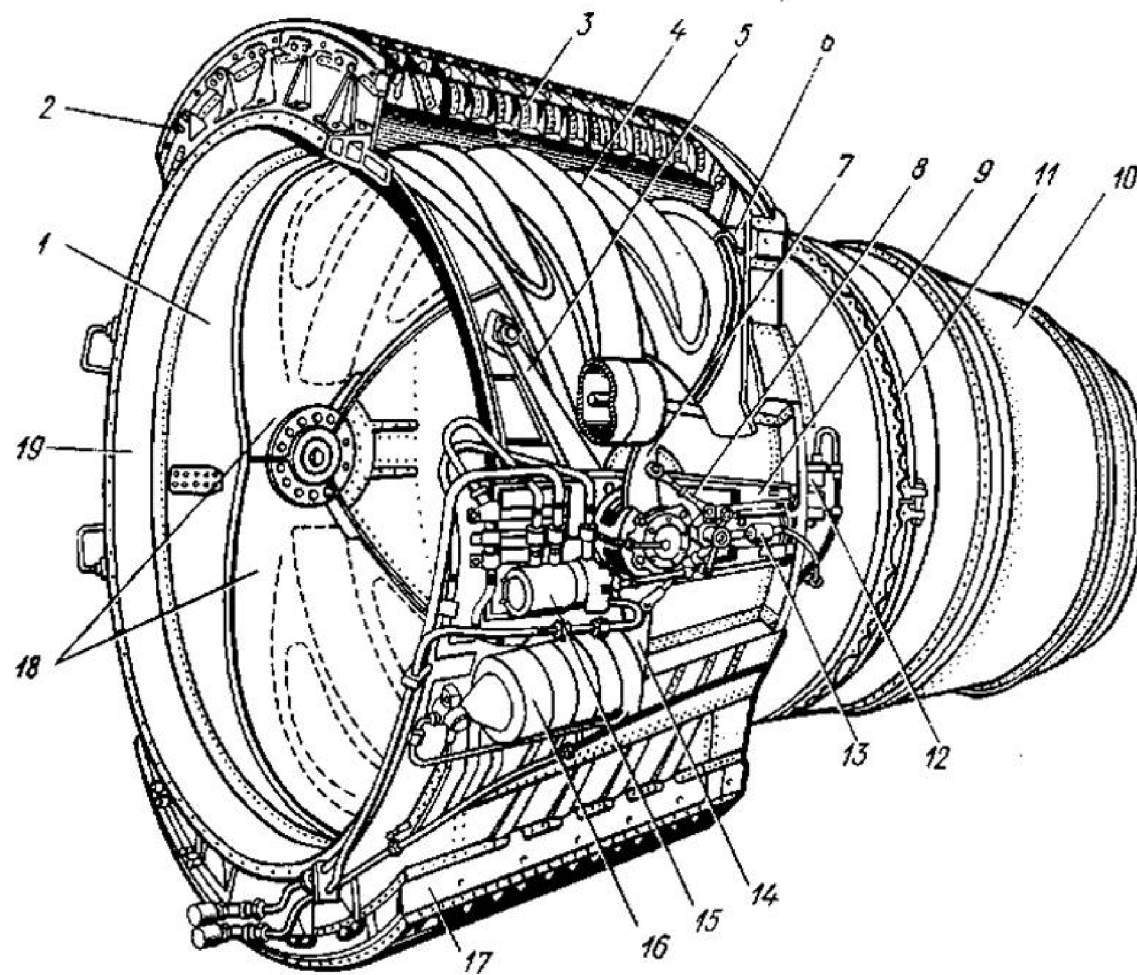


Рис. 6.1 Реверсивное устройство

1—переднее уплотнение; 2—корпус; 3 и 17—решетки; 4 и 18—створки; 5—внутренний рычаг верхней створки; 6—заднее уплотнение; 7—наружный рычаг верхней створки; 8— тяга синхронизатора; 9—силовой кронштейн; 10—хомут; 11—насадок; 12—датчик сигнализации реверса; 13—датчик сигнализации замка; 14—наружный рычаг нижней створки; 15—золотник замка; 16—силовой цилиндр; 19—проставка реверса

Проставка 19 реверса представляет собой силовое кольцо коробчатого профиля, двухполостная. Проставка служит для крепления реверса к двигателю и для подвода воздуха через полости к силовым цилиндрам 16 реверса тяги. К проставке приклепано переднее уплотнение 1 створок.

Створки 4 и 18 реверса — сварной конструкции, состоят из двух фланцев, корпуса и ребер жесткости. Створки с помощью фланцев болтами крепятся к осям. На режимах прямой тяги створки прижимаются к переднему 1 и заднему 6 уплотнениям и образуют проточную часть двигателя. На режимах обратной тяги створки перекрывают тракт двигателя и направляют газовоздушный поток в отклоняющие решетки.

Переднее 1 и заднее 6 уплотнения предотвращают потери газового потока при работе двигателя на режимах прямой или обратной тяги. Схема работы реверса представлена на рисунке 5.2.

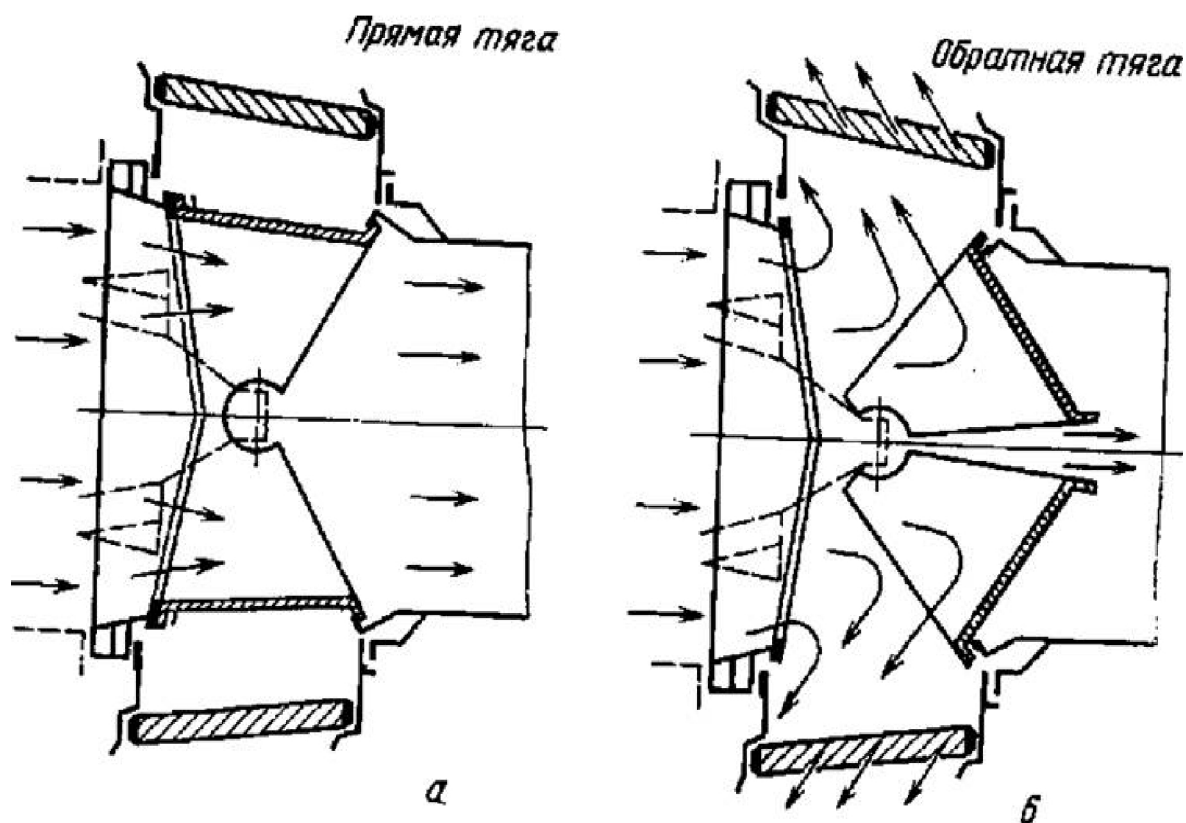


Рис. 6.2 Схема работы реверса

Система управления реверсом двигателя (рисунок 6.3) состоит из механизма управления реверсом 10, замка 26, исполнительного механизма (детали 14, 15, 16 и 20), тройника 11 подвода сжатого воздуха.

Механизм управления реверсом 16 предназначен для выдачи команды на переключку створок реверса и обеспечения требуемых блокировок. Состоит из рычага управления 9, на одном валу с которым, расположен кулачок 1 и упоры 4 и 8, рычага 2 с роликом и золотником 3, рычага блокировки 7 с роликами 5 и 6. Профиль кулачка 1 состоит из двух участков: от 0 до $20+1^\circ$ и от $20\pm 1^\circ$ до 116° , на каждом из этих участков радиус профиля постоянен.

Золотник 3 предназначен для подачи воздуха на открытие и закрытие замка реверса и для подачи воздуха к исполнительному механизму. Золотник 3 имеет две кольцевые проточки и находится: во втулке с окнами, через которые проходит сжатый воздух. Нижнее и верхнее окно всегда сообщены с атмосферой.

Замок 26 предназначен для фиксации исполнительного механизма системы управления реверсом в положении «Прямая тяга». Поворот защелки замка 18 осуществляется от золотника замка 27 со штоком с помощью двух тяг 25 и 17 и двуплечего рычага 24. На двуплечем рычаге 24 имеется кулачок 23, который включает с помощью переключателя 22 красное табло «Замок реверса».

Исполнительный механизм предназначен для переключки створок реверса в положение, соответствующее прямой или обратной тяге двигателя. Механизм состоит из четырех силовых цилиндров 14 с поршнями, четырех рычагов 15 створок реверса, четырех тяг 16 синхронизации, двух штоков синхронизации 20, перемещающихся в жестких направляющих 21, и двух переключателей 19 и 22 ПТК-6 для включения сигнальных табло.

Тройник 11 служит для подвода сжатого воздуха из-за девятой ступени компрессора высокого давления. Для проверки срабатывания реверса от аэродромного источника в тройник вместо заглушки ввертывают приспособление, к которому подводится воздух от аэродромного источника.

Работа системы управления реверсом. Включение реверса тяги возможно лишь из положения РУДа на «площадке малого газа». Управление реверсом тяги осуществляется рычагом управления реверсом (РУР) путем поворота его в диапазоне углов поворота от $20 \pm 1^\circ$ до 0 ниже «площадки малого газа». Перекладка створок происходит при положении РУР $20 + 1^\circ$ по указателю ИП-28-01, а при дальнейшем повороте РУРа до 0 происходит увеличение обратной тяги.

Во время работы двигателя на «малом газе» воздух из-за девятой ступени компрессора подводится к механизму *10* управления реверсом. Золотник *3* механизма управления верхней проточкой обеспечивает подачу сжатого воздуха в полость *B* золотника замка, а нижней проточкой сообщает полость *Г* с атмосферой. Золотник *27* замка давления воздуха в полости *B* удерживается слева, обеспечивая подачу воздуха в полость *B* силовых цилиндров для удержания поршней и створок в положении «Прямая тяга».

При переводе РУРа в сторону меньших углов перемещается рычаг управления на насосе регулятора НР-8-2У, что приводит к увеличению режима работы двигателя и повороту рычага *9* механизма управления реверсом по часовой стрелке. Вместе с рычагом *9* поворачивается кулачок *1* и упоры *4* и *8*. На угле, равном $20 \pm 1^\circ$, кулачок *1* через рычаг *2* смещает золотник *3* вверх, который подключает подвод воздуха в полость *Г* замка.

При угле $17 + 1^\circ$ упор *4* коснется ролика *5*, после этого дальнейшее перемещение РУРа в сторону меньших углов невозможно. При этом воздух подается в полость *Г* и перемещает золотник *27* замка вправо. Одновременно полости *B* и *B* сообщаются с атмосферой. При перемещении золотника *27* замка вправо через тяги *25* и *17* и двуплечий рычаг *24* откроется защелка *18* замка. В процессе перемещения золотника *27* замка включается табло «Замок реверса» и одновременно правый поршень золотника *27* замка открывает канал подвода воздуха из полости *Г* в полость *A* силовых цилиндров. Поршни силовых цилиндров перемещаются вправо, при этом рычаги и створки переходят в положение «обратная тяга». Вместе со створками с помощью тяг синхронизации *16* перемеща-

ется шток синхронизации 20 и нажимает на переключатель 19 ПТК-6, который выключает красное табло «Замок реверса», а зеленое табло «Створки реверса» включает. При переключке створок реверса в положение «Обратная тяга» система тяг и рычагов 28 обратной связи переместит рычаг 7 блокировки в положение «Обратная тяга», вследствие этого между упором 4 и роликом 5 образуется зазор и появится возможность дальнейшего перемещения РУРа в сторону уменьшения угла поворота на увеличение режима работы двигателя.

При выключении реверса система управления работает в обратном порядке. В системе управления реверсом тяги предусмотрены блокировки, которые препятствуют самопроизвольной переключке створок реверса из положения «Прямая тяга» в положение «Обратная тяга» или обеспечивают необходимые ограничения режима работы двигателя при появлении отказов в переключке створок реверса, а также при самопроизвольных переключках створок реверса.

К числу этих блокировок относятся следующие:

а) створки в положении «Прямая тяга» фиксируются замком, который представляет собой управляемый механический упор 18, препятствующий переключке створок в положение «Обратная тяга». При открытии замка на приборной доске бортового инженера загорается красное табло «Замок реверса»;

б) если при переводе рычага управления реверсом с «площадки малого газа» на угол $20 \pm 1^\circ$ переключка створок реверса в положение «Обратная тяга» не произойдет, то перемещение рычага управления реверсом в сторону меньших углов на увеличение режима возможно лишь до угла $17 + 1^\circ$, что соответствует режиму 0,3 номинала (в механизме управления реверсом упор 4 остановится на ролике 5). В этом случае будет прямая тяга, но меньшая;

в) если при выключении реверса тяги путем перевода рычага управления реверсом на угол $22 \pm 1^\circ$ переключка створок реверса в положение «Прямая тяга» не произойдет, то дальнейшее перемещение рычага управления реверсом, а затем и рычага управления двигателем возможно лишь до угла $25 \dots 40^\circ$ «пло-

щадки малого газа» (упор 8 остановится на ролике 6). В этом случае будет обратная тяга, но меньшая;

г) если при работе двигателя на режиме «Прямая тяга» произойдет самопроизвольная перекидка створок в положение «Обратная тяга», то это повлечет за собой автоматическое снижение режима до режима «Малый газ», увеличение режима работы двигателя в этом случае на угол больше $25\text{—}40^\circ$ невозможно из-за появления механического упора (ролик 6, упираясь в упор 8, повернет рычаг 9 на уменьшение режима);

д) если при работе двигателя на режиме «Обратной тяги» произойдет самопроизвольная перекидка створок в положение «Прямая тяга», то это приведет к снижению режима до 0,3 номинального (ролик 5 упирается в упор 4 и поворачивает его с рычагом 9 на угол $17\pm 1^\circ$). Увеличение режима в этом случае невозможно из-за появления механического упора.

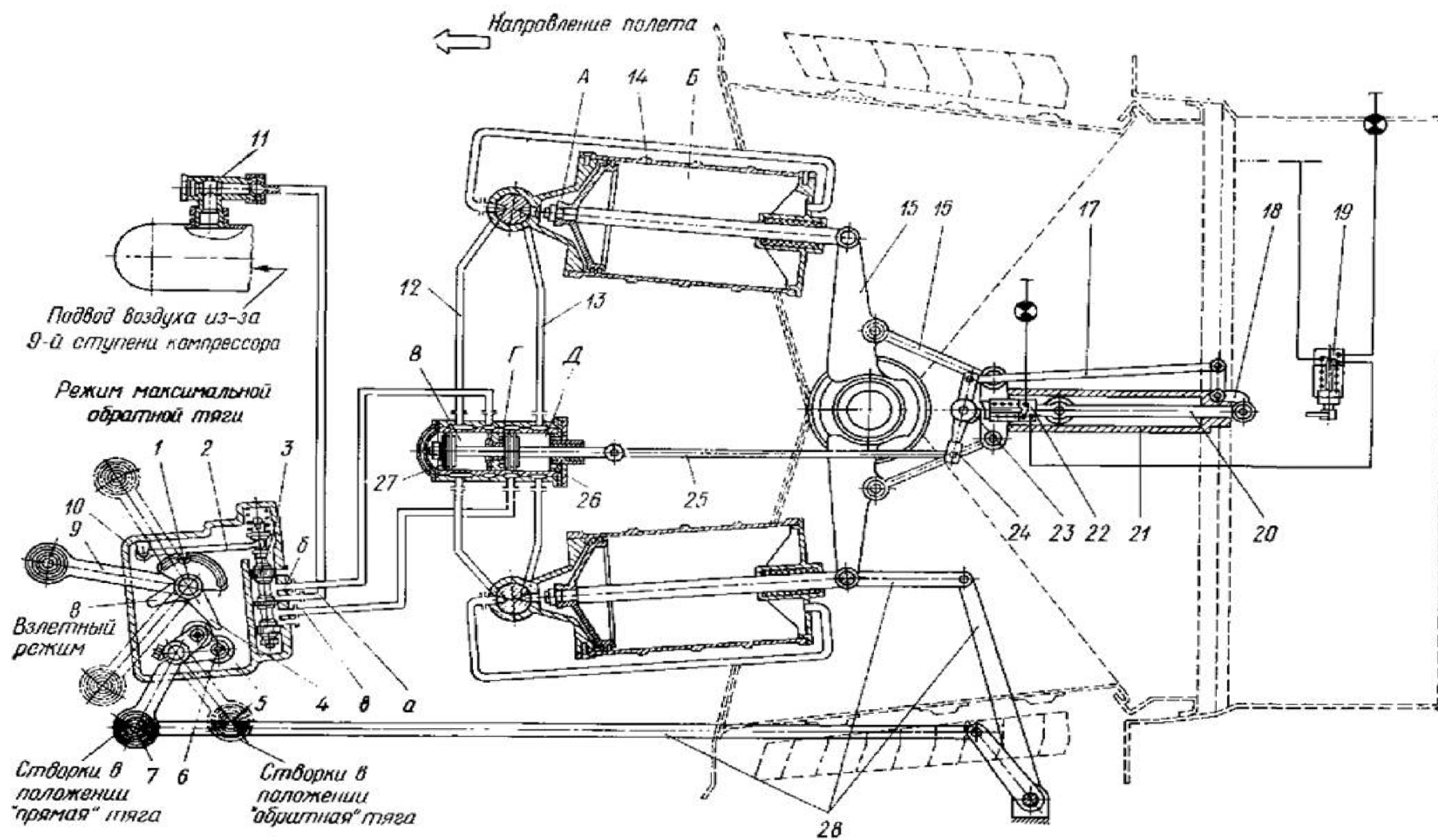


Рис. 6.3 Система управления реверсом

1 и 23—кулачки; 2, 7, 9 и 24—рычаги; 3 и 27—золотники; 4 и 8—упоры; 5 и 6—ролики; 10— механизм управления реверсом; 11— тройник для подвода воздуха; 12 и 13—трубки; 14—пневмоцилиндр; 15—рычаг створки; 16, 17 и 25—тяги; 18—защелка замка; 19 и 22—переключатели ПТК-6; 20—шток синхронизации; 21—направляющие; 26—замок; 28—рычаги; а, б, в—трубки; А, Б, В—полости.

7 ОБОЛОЧКИ И ПРОСТАВКА

Воздушный тракт второго контура образован с помощью оболочек и проставки (рисунок 7.1), которые входят в силовую схему двигателя.

Передняя наружная оболочка 11 представляет собой усеченный конус, изготовленный из листового материала. Передним фланцем 38 конус соединен с корпусом средней опоры, задним фланцем 32 — с задней наружной оболочкой. Для повышения жесткости кожуха 33 оболочки с наружной стороны приклепаны три ребра жесткости 35. Для осмотра воспламенителей камеры сгорания и лопаток соплового аппарата первой ступени турбины на кожухе 33 имеется два лючка 31 и 34. Для осмотра рабочих лопаток ротора компрессора высокого давления служат лючки 36 и 37. Для прохода через кожух 33 рессоры привода РНА, рессоры управления клапанами перепуска, трубопроводов на кожухе имеются отверстия с фланцами, в которые устанавливаются плавающие уплотнения, не передающие усилия на оболочку. С наружной стороны кожуха 33 приклепываются кронштейны для крепления агрегатов систем двигателя, датчиков, трубопроводов, электропроводки и т. д.

Задняя наружная оболочка IV имеет цилиндрическую форму. Состоит из кожуха 4, двух фланцев 23 и 27 и двух ребер жесткости. В нижней части оболочки размещены два лючка 25 и 26 для осмотра рабочих лопаток первой и второй ступеней турбины. Задним фланцем оболочка соединена с фланцем проставки VI.

Внутренняя передняя оболочка I фланцем 1 опирается консолью на корпус средней опоры двигателя. Оболочка состоит из кожуха 39, фланца 1 и ребер жесткости 40 и разделена на две части с разъемом в горизонтальной плоскости. Для обеспечения прохода рессор, трубопроводов, перепускаемого воздуха на оболочке имеются окна с окантовками. Для повышения жесткости кожуха оболочки с внутренней стороны приклепываются ребра жесткости 40.

Внутренняя задняя оболочка III установлена над статором турбины и слу-

жит для направления воздуха второго контура на охлаждение статора турбины. Оболочка состоит из обтекателя, кожуха, ребер жесткости 3 и дефлектора 2. Для удобства монтажа оболочка состоит из двух частей с разъемом в горизонтальной плоскости.

Кожухи на заднюю опору *V* устанавливают на наружный кожух сопла задней опоры двигателя и повторяют его конфигурацию. Всего устанавливают шесть кожухов. На кожухах выполнены вырезы и окна для прохода трубопроводов в масляную полость задней опоры и термопар. Крепление кожухов учитывает тепловые расширения наружного кожуха задней опоры.

Проставка *VI* с оболочками образует воздушный тракт второго контура и входит в силовую схему двигателя, соединяя узлы наружного и внутреннего контуров двигателя. Проставка состоит из переднего силового кольца 21, кожуха 13, заднего фланца 11, пяти демпферов 14 и заднего узла крепления двигателя на самолет.

Силовое кольцо 21 фланцем соединено с задней наружной оболочкой и имеет пять колодок 17 со сферическими вкладышами 20. Вкладыши 20 обеспечивают шарнирное соединение демпферов 14 с задней опорой двигателя. На нижней колодке укреплен задний транспортировочный кронштейн 15.

В верхней части проставки смонтирован задний узел крепления двигателя на самолете. Задний узел крепления состоит из проушины 9, сферического кольца 5, болта с гайкой, плавающего уплотнения 8.

С наружной стороны кожуха 13 проставки приварены фланцы для крепления термопар, для трубопроводов подвода и отвода масла к подшипникам задней опоры, подвода в масляную полость огнегасящего состава, суфлирования масляной полости задней опоры. К заднему фланцу 11 проставки крепится такелажный кронштейн 10 и реверсивное устройство для внешних двигателей или реактивное сопло для второго двигателя.

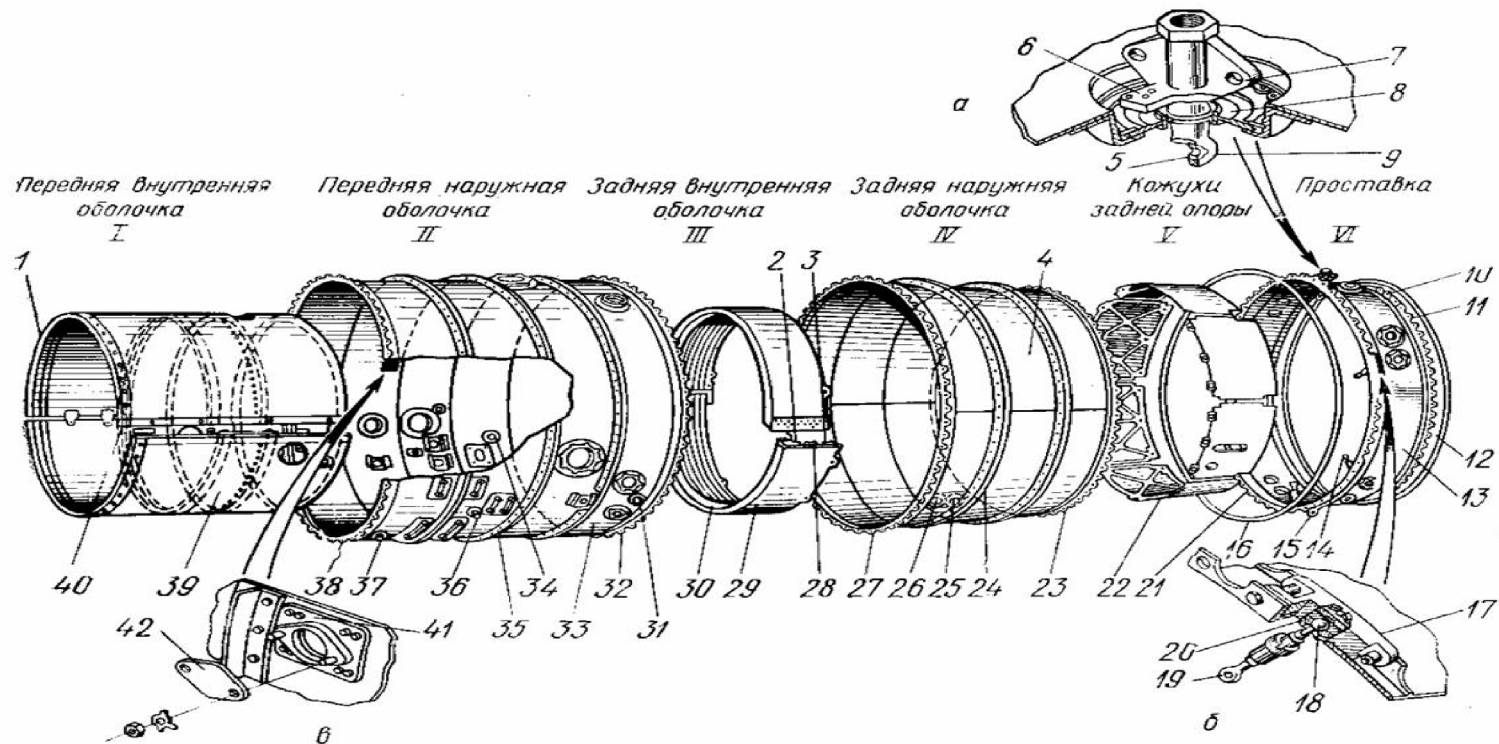


Рис. 7.1 Оболочки и проставка

1—передний фланец; 2—дефлектор; 3—ребро жесткости; 4—кожух задней наружной оболочки; 5—сферическое кольцо; 6—полка крепления датчика вибрации на задней опоре; 7—отверстия для крепления самолетного подкоса подвески, двигателя; 8—плавающее уплотнение; 9—проушина; 10—такелажный кронштейн; 11—задний фланец; 12— резиновое уплотнительное кольцо; 13—кожух; 14—демпфер; 15—транспортный кронштейн; 16—кольцо; 17—колодка; 18—сферический болт; 19—сферическое кольцо; 20— сферический вкладыш; 21—силовое кольцо; 22—кожух; 23—задний фланец; 24— ребро жесткости; 25—лючок для осмотра лопаток второй ступени турбины; 26— лючок для осмотра лопаток первой ступени турбины; 27—передний фланец; 28— монтажный разъем; 29—кожух внутренней задней оболочки; 30—обтекатель; 31 и 34— лючки для осмотра воспламенителей камеры сгорания и сопловых лопаток первой ступени турбины; 32—задний фланец; 33—кожух наружной передней оболочки; 35— ребро жесткости; 36 и 37—лючки для осмотра лопаток компрессора ВД; 38—передний фланец; 39—кожух передней внутренней оболочки; 40—ребро жесткости; 41—фланец отбора воздуха для наддува гидробака (вид с внешней стороны); 42—технологическая крышка; а—задний узел подвески; б—узел крепления демпфера; в—фланец отбора воздуха для наддува гидробака (вид с внешней стороны)

8 ТОПЛИВНАЯ СИСТЕМА

Топливная система обеспечивает подачу топлива в камеру сгорания двигателя через форсунки в количестве, необходимом для обеспечения заданного режима работы двигателя, а также для обеспечения запуска на земле и в полете. К топливной системе предъявляются следующие требования:

- надежного питания двигателя топливом при различных высотно-климатических условиях. Для самолета Ту-154А высота не более 12 000 м и температура атмосферного воздуха от -50 до $+60^{\circ}\text{C}$;
- обеспечения герметичности всех элементов системы и надежности фильтрации топлива;
- надежности запуска на земле и в воздухе;
- обеспечения заданной приемистости и сброса газа, а также дозировки топлива согласно принятым законам системы регулирования;
- простоты и удобства эксплуатации и технического обслуживания.

Система питания (рисунок 8.1) двигателя топливом состоит из четырех самолетных подкачивающих насосов ЭЦН-325 (1), перекрывного (пожарного) крана 18, подкачивающего топливного насоса ДЦН-44ТВТ (17), фильтра низкого давления 16, насоса-регулятора НР-8-2У (3), топливо-масляного радиатора 4, фильтра высокого давления 5, распределителя топлива РТ-8У (10), форсунок первого 8 и второго 9 контуров, агрегата управления перепуском воздуха АУП-8-2 (15), агрегата управления РНА АУ-8-4У (13), ограничителя частоты вращения ротора низкого давления ОГ-8-4 (11), гидроцилиндра 14 крана регулирования подачи воздуха на обогрев ВНА и воздухозаборника, электромагнитного клапана пускового топлива 6, двух пусковых форсунок 7, трубопроводов.

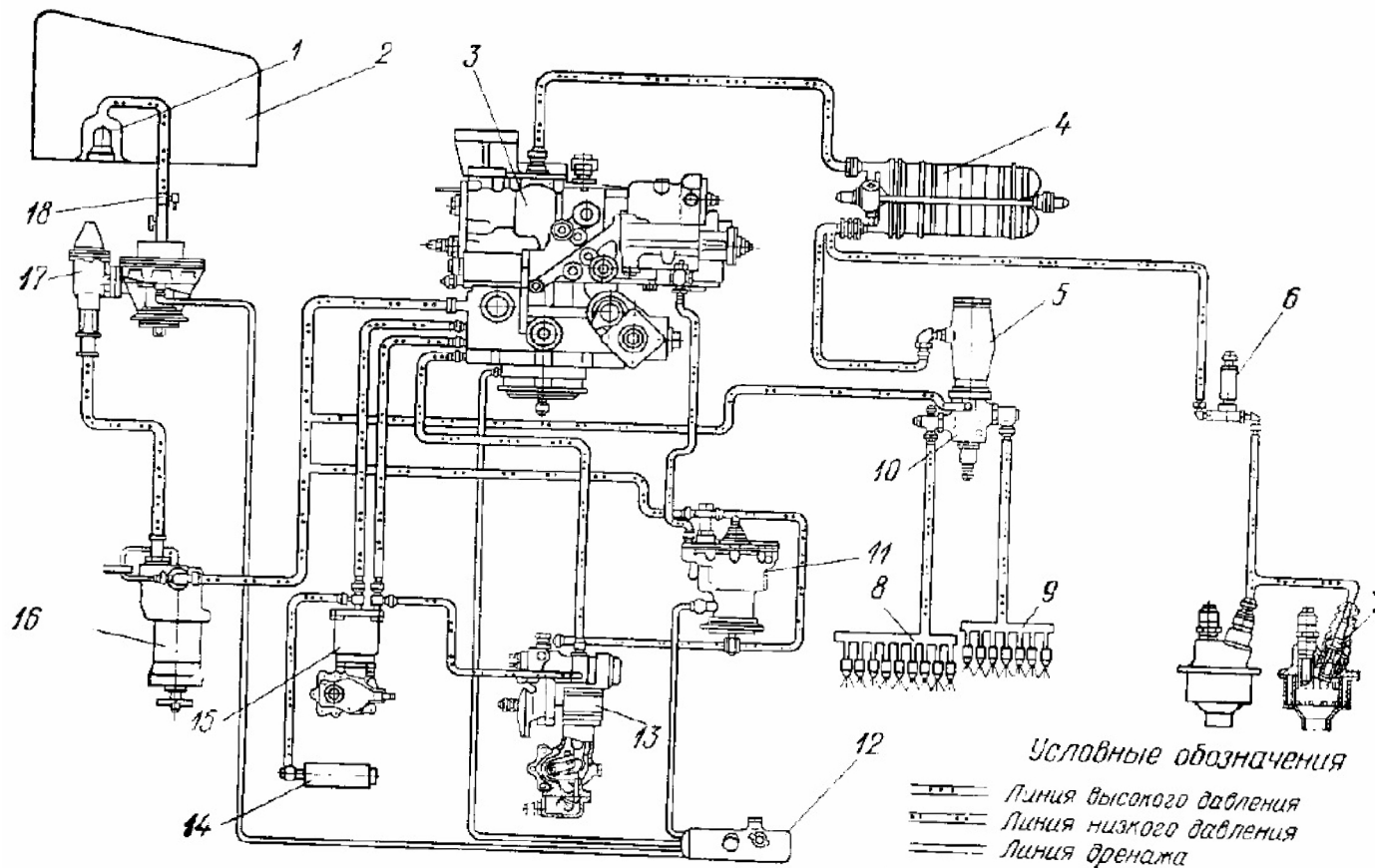


Рис. 8.1 Топливная система

1—самолетный подкачивающий насос; 2—топливный бак; 3—насос-регулятор НР-8-2У; 4—топливо-масляный радиатор (ТМР); 5—топливный фильтр высокого давления; 6—электромагнитный клапан пускового топлива; 7—пусковые форсунки воспламенителей; 8—группа форсунок первого контура; 9—группа форсунок второго контура; 10—распределитель топлива РТ-8У; 11—ограничитель частоты вращения ротора ОГ-8-4; 12—дренажный бак; 13—агрегат АУ-8-4У управления РНА; 14—гидроцилиндр; 15—агрегат АУП-8-2 управления клапанами перепуска; 16—топливный фильтр низкого давления; 17—топливоподкачивающий насос ДЦН-44ТВТ; 18—перекрывающий кран

По назначению и давлению топлива топливную систему можно разделить на четыре системы:

- основную систему, предназначенную для подачи топлива с высоким давлением в блок форсунок камеры сгорания;
- вспомогательную систему, которая предназначена для подачи топлива под давлением к агрегатам регулирования и к вспомогательным агрегатам управления;
- систему пускового топлива, обеспечивающую подачу топлива из основной системы к пусковым форсункам при запуске двигателя;
- дренажную систему, обеспечивающую слив топлива и масла из уплотнений агрегатов топливной системы.

Работа топливной системы. Из самолетных баков топливо перекачивается в расходный бак 2, из которого четырьмя подкачивающими насосами 1 с избыточным давлением подается через пожарный кран 18 на вход в подкачивающий насос (17) ДЦН-44ТВТ. Насос ДЦН-44ТВТ приводится от двигателя и перекачивает топливо с постоянным избыточным давлением от 2 до 5 кгс/см², которое поступает через фильтр низкого давления 16 на вход в топливный насос-регулятор НР-8-2У. В НР-8-2У повышается давление и в количестве, соответствующем внешним условиям работы двигателя, подается через топливомасляный радиатор 4, фильтр высокого давления 5, распределитель топлива РТ-8У (10), форсунки первого 8 и второго 9 контуров в камеру сгорания двигателя.

Из насоса регулятора НР-8-2У топливо под высоким давлением подается к вспомогательным агрегатам управления АУП-8-2, АУ-8-4. Командное (постоянное) давление топлива из НР-8-2У подается в ограничитель частоты вращения ротора низкого давления 11. При увеличении частоты вращения ротора низкого давления до максимального значения топливо с командным давлением соединяется с каналом слива, что приводит к уменьшению подачи топлива в

камеру сгорания двигателя, а следовательно, и к уменьшению частоты вращения.

Топливо с давлением до 5 кгс/см^2 подается к гидроцилиндру 14 управления краном регулирования подачи воздуха на обогрев ВНА, кока и воздухозаборника двигателя.

Пусковое топливо подается из основной системы, отбирается после топливо-масляного радиатора 4 и через электромагнитный кран 6 и трубопроводы подается к пусковым форсункам 7.

Давление топлива замеряется перед форсунками первого контура электрическим индуктивным моторным индикатором ЭМИ-ЗРТИС, указатель которого установлен на панели приборов пульты бортинженера.

Предусмотрена сигнализация засорения фильтра низкого давления и минимального давления топлива перед НР-8-2У.

Агрегаты топливной системы. Топливный насос ДЦН-44ТВТ. Дополнительный центробежный насос ДЦН-44ТВТ (рисунок 8.2) предназначен для подачи топлива к насосу-регулятору НР-8-2У и поддержания заданного избыточного давления.

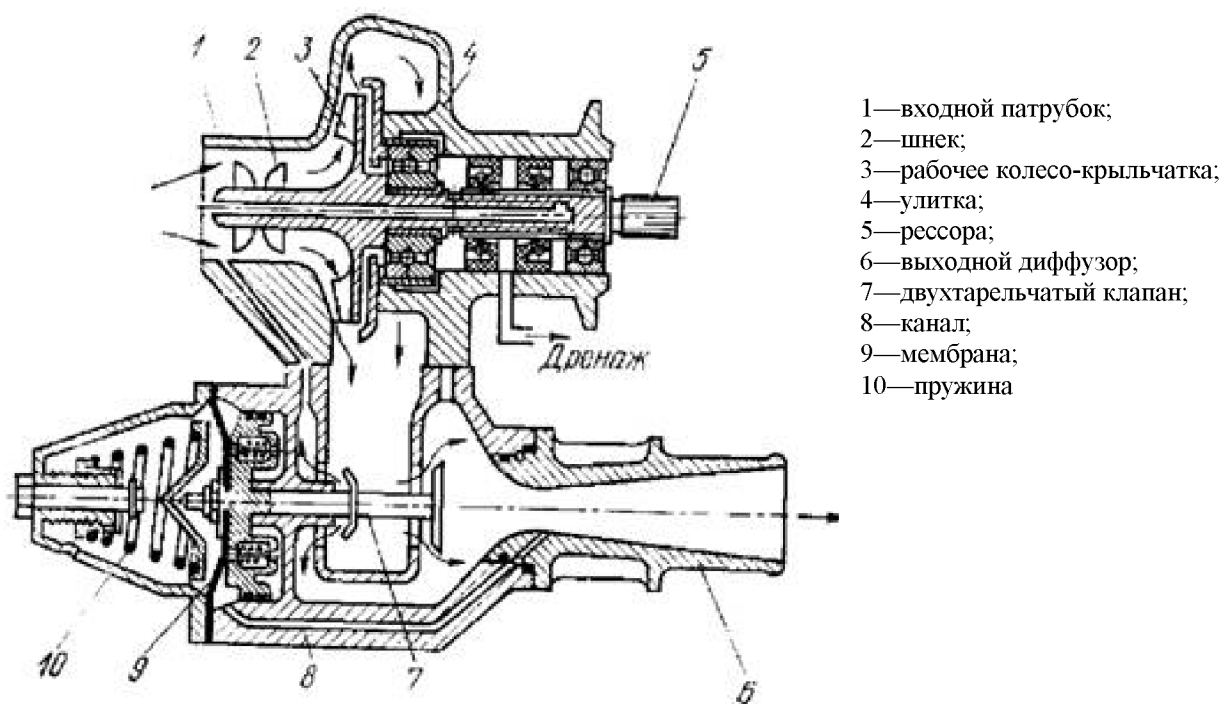


Рис. 8.2 Топливный насос ДЦН-44ТВТ

Насос ДЦН-44ТВТ с клапаном постоянного давления и демпфером состоит из входного патрубка 1, шнека 2 и рабочего колеса-крыльчатки 3, улиткообразного корпуса 4, выходного диффузора 6, мембраны 9, поршня со штоком и двухтарельчатый клапаном 7, пружины 10.

При работе насоса топливо попадает на лопасти шнека 2, который создает подпор топлива на входе в рабочее колесо-крыльчатку 3. При вращении крыльчатки 3 топливо под действием центробежных сил отбрасывается и собирается в улиткообразном канале корпуса 4. Далее топливо под давлением поступает к клапану 7 и выходит через выходном диффузор 6, который представляет собой трубку Вентури. Узкая часть сопла с помощью канала 8 сообщается с полостью мембраны 9. При увеличении расхода топлива падает статическое давление в узкой части сопла 6, равновесие сил, действующих на мембрану 9, нарушается и она смещается вправо. Вместе с мембраной перемещается клапан 7, увеличивая проходное сечение окон. Благодаря этому потери на окнах уменьшаются, а статическое давление в сопле возрастает до первоначальной заданной величины, определяемой затяжкой пружины 10.

Аналогично насос работает и при уменьшении расхода топлива.

Для обеспечения корректировки давления топлива на выходе из насоса в зависимости от высоты полета полость над мембраной 9 сообщается с атмосферой.

Для предотвращения «раскачки» давления системы в регулятор насоса введен демпфер, представляющий собой поршень, герметизированный двумя металлическими кольцами. Поршень не чувствителен к пульсациям давления.

Для предотвращения забросов и провалов давления топлива в системе при резких изменениях расхода в поршень вмонтированы два запорных шариковых клапана. Клапаны выключают поршень из работы на время резкого изменения расхода топлива путем соединения между собой полостей слева и справа поршня.

Фильтр низкого давления (рисунок 8.3) предназначен для очистки топлива от механических примесей размером до 30 мкм и состоит из корпуса 9, фильтрующего элемента 5, сетчатого гофрированного цилиндра с фильтрующей сеткой и перфорированным каркасом, перепускного клапана 8, двух клапанов для стравливания воздуха и слива топлива, входного 6 и выходного 7 патрубков, крышки 3, траверсы 1 с винтом 2.

К топливному фильтру подключен сигнализатор СП-0.5С перепада давлений, который при $A_p = 0,5 \dots 0,6 \text{ кгс/см}^2$ на пульте бортиженера включает красное табло «Фильтр засорен». При увеличении перепада давлений в результате засорения фильтроэлемента подача топлива к насосу-регулятору не прекращается, так как при перепаде $0,8 \text{—} 1,0 \text{ кгс/см}^2$ открывается перепускной клапан 8. К патрубку 7 после фильтра подключен сигнализатор МСТВ-1.7С минимального давления топлива, который при давлении топлива на выходе из фильтра $1,7 \pm 0,3 \text{ кгс/см}^2$ и меньше включает красное табло «р топлива».

Фильтр высокого давления предназначен для очистки топлива до 200 мкм, установлен на корпусе распределителя топлива РТ-8У. Фильтр состоит из корпуса, фильтрующих элементов и крышки.

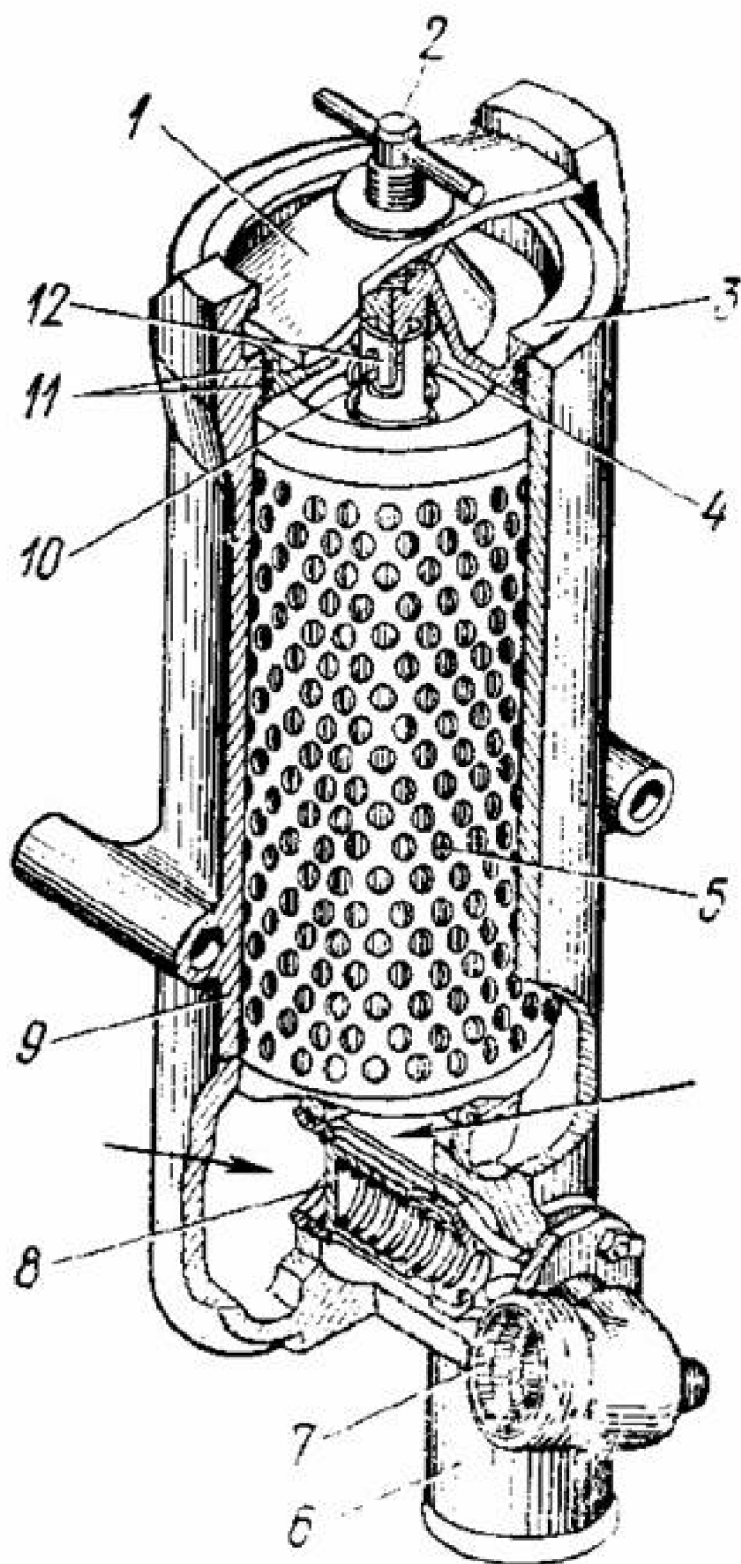


Рис. 8.3 Топливный фильтр низкого давления

1—траверса; 2—винт; 3— крышка; 4—пружина; 5— фильтроэлемент;
 6—входной патрубок; 7—выходной патрубок; 8—перепускной клапан; 9—корпус;
 10—штифт; 11—уплотнительные кольца; 12—втулка

9 СИСТЕМА СМАЗКИ И СУФЛИРОВАНИЯ

Система смазки предназначена для подвода масла к трущимся деталям двигателя в целях уменьшения трения и износа, для отвода тепла, предохранения от коррозии и наклёпа, а также выноса твердых частиц с поверхностей трения.

Система смазки двигателя НК-8-2У циркуляционная, коротко-замкнутая, высотная. Под высотой системы смазки понимают высоту, до которой прокачка масла через двигатель и давление масла находятся в пределах допустимых значений, обусловленных обеспечением надежной работы двигателя.

Замкнутые системы обеспечивают более надежную смазку на больших высотах благодаря наличию промежуточных подкачивающих насосов, меньшей вспененности масла и ускоренному прогреву масла в системе после запуска двигателя.

В масляную систему двигателя (рисунок 9.1) входят следующие агрегаты: маслобак 4, подкачивающий насос 18, нагнетающий насос 20, масляный сетчатый фильтр 22, откачивающий насос передней опоры 27, откачивающий насос средней опоры 23, масляная центрифуга 13, откачивающий насос задней опоры 8, суфлер задней опоры 7, суфлер средней опоры и коробок приводов 26, фильтр- сигнализатор 14, топливомасляный радиатор 16, трубопроводы, маслофорсуночные кольца, магнитные пробки 9.

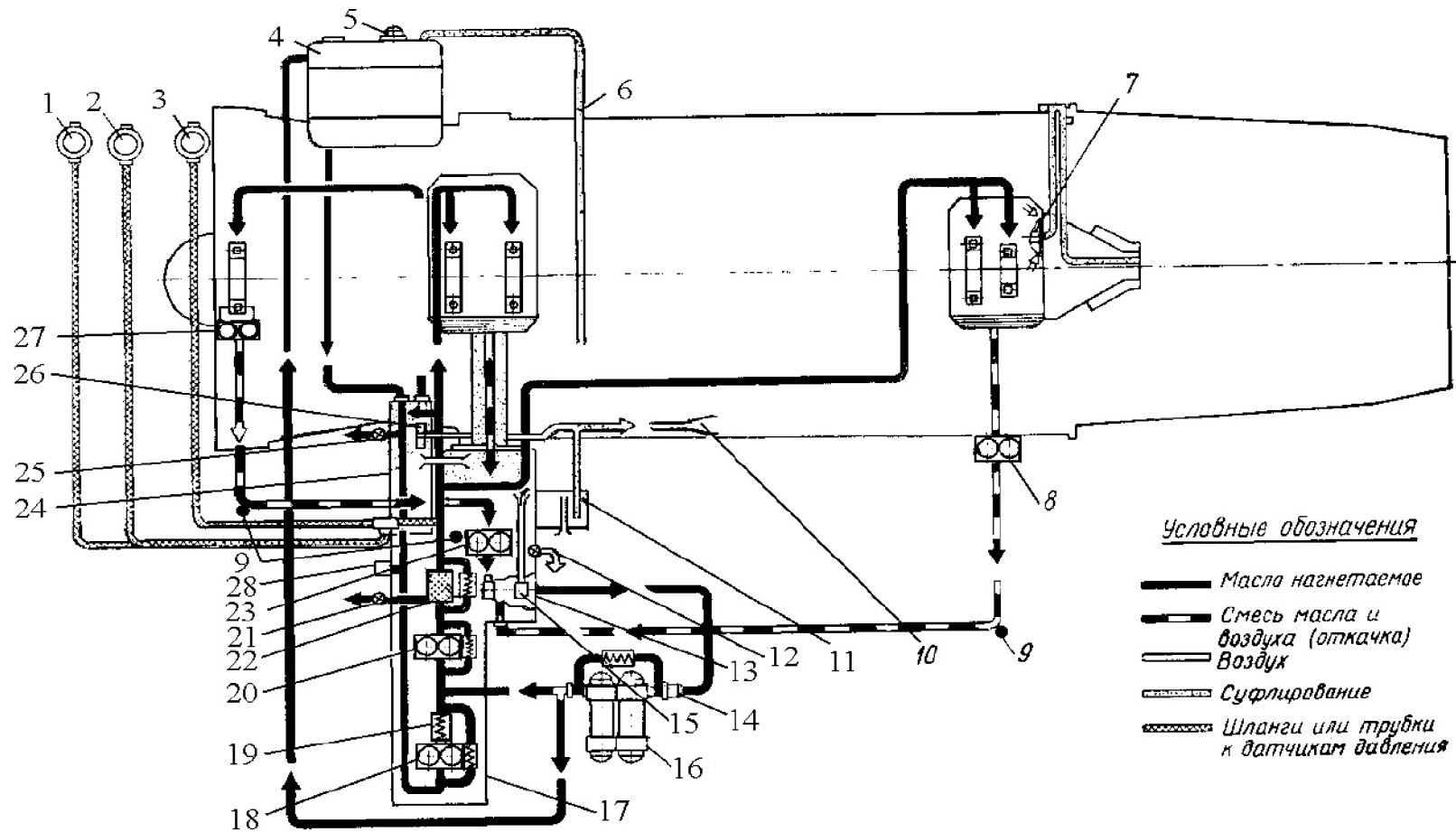


Рис. 9.1 Система смазки и суфлирования

1—датчик давления масла в системе автоконтроля (ДАТ-8С); 2—датчик давления масла ИДТ-8С (сигнал на указатель УИЗ-3); 3—датчик давления масла МСТВ 2,3 С (сигнал на лампочку и в систему автоконтроля); 4—маслобак; 5—датчик уровня масла ДМ1-1Т (из комплекта СИМ1-1Т); 6—суфлирование маслобака в атмосферу; 7—центробежный суфлер задней опоры; 8—откачивающий насос задней опоры; 9—магнитная пробка; 10—эжектор; 11—дренажный бачок; 12—сливной кран коробки приводов; 13—центрифуга; 14—фильтр-сигнализатор; 15—воздушный клапан центрифуги; 16—топливомасляный радиатор; 17—коробка приводов двигательных агрегатов; 18—подкачивающий насос; 19—обратный клапан; 20—нагнетающий насос; 21—сливной кран маслофильтра; 22—маслофильтр; 23—откачивающий насос средней опоры; 24—коробка самолетных агрегатов; 25—сливной кран маслобака; 26—центробежный суфлер средней опоры; 27—откачивающий насос передней опоры; 28—приемник термометра сопротивления П-1Т_р (замер температуры масла на входе в двигатель)

Работа маслосистемы. Масло из маслобака подводится к подкачивающему насосу 18, который перекачивает масло через обратный клапан 19 в линию подачи масла в нагнетающий насос 20. Обратный клапан 19 открывается при избыточном давлении 0,2—0,3 кгс/см². Перед нагнетающим насосом 20 давление поддерживается редукционным клапаном в пределах 0,6—0,8 кгс/см². Насос 20 перекачивает масло в линию нагнетания, где давление поддерживается в пределах 3,5—4 кгс/см², и далее поступает к сетчатому маслофильтру. В фильтре масло очищается от механических примесей. При повышении сопротивления фильтра при $D_p=1,0$ кгс/см² перепускной клапан открывается и перепускает масло нефильТРованное. После фильтра масло по каналам в коробках и по трубопроводам поступает через форсунки на смазку приводов агрегатов, подшипников передней, средней и задней опор двигателя.

После смазки и охлаждения подшипников опор и приводов агрегатов двигателя масло из передней опоры откачивается в коробку самолетных агрегатов, а из всех коробок приводов и из средней опоры масло откачивается на вход в центрифугу маслонасосом 23 откачки масла из средней опоры; масло из задней опоры откачивается насосом 8 на вход в центрифугу. В центрифуге масло отделяется от воздуха и поступает через фильтр-сигнализатор 14 и топливомасляный радиатор 16 на вход в нагнетающий насос 20. Часть масла после топливомасляного радиатора 16 по трубопроводу поступает в маслобак 4 для прогрева масла. Воздух из центрифуги через центробежный запорный клапан 15 выходит в коробку моторных агрегатов. Центробежный запорный клапан 15 на частоте вращения меньше 5000 об/мин закрывается, тем самым предотвращая перекачку масла из бака в двигатель. Это объясняется тем, что центрифуга на малой частоте вращения не разделяет масло и воздух.

В переходниках трубопроводов линии откачки масла из передней и задней опор и в приливе поддона маслонасоса откачки масла из средней опоры для дополнительного контроля масла установлены магнитные пробки 9.

Суфлирование двигателя. В воздушно-масляных полостях двигателя в процессе работы повышается давление, которое может привести к большим потерям масла. Для снижения давления в масляных полостях двигателя и уменьшения потерь масла суфлирование обеспечивается с помощью двух суфлеров и трех откачивающих маслососов. Суфлирование передней опоры производится через маслосос откачки 27 в коробку самолетных агрегатов.

Средняя опора двигателя, коробка моторных агрегатов, ППО-40 и коробка самолетных агрегатов суфлируются через центробежный суфлер 26, который установлен в правой части коробки самолетных агрегатов. Суфлируемый воздух отводится через эжектор в наружный контур. На крышке суфлера 26, в потоке суфлируемого воздуха установлен датчик ДП-6 сигнализации пожара в средней опоре и в коробках приводов.

Задняя опора суфлируется через суфлер 7, который установлен на задней крышке внутреннего корпуса задней опоры. Суфлируемый воздух подводится к переходнику на приставке с датчиком ДП-6 сигнализации пожара в задней опоре, а затем воздух через кольцевой канал между трубками сбрасывается в конический стекатель.

Масло, отделенное от воздуха, возвращается в полости, в которых установлены суфлеры.

Контроль работы маслосистемы. Контроль за работой маслосистемы производится с помощью приборов ЭМИ-ЗРТИС для каждого двигателя, расположенных на пульте бортинженера. Контролируется давление и температура масла на входе в двигатель.

Количество масла в баке определяется с помощью системы измерения масла СИМ 1-1Т и масломерной линейки. Указатели системы СИМ1-1Т установлены на щитке централизованной заправки маслобаков двигателей и ВСУ.

Контроль работы маслосистемы производится и с помощью красных табло, установленных на пульте бортиженера. Табло:

- «р масла» загорается при давлении масла в системе меньше $2,3 \pm \pm 0,5$ кгс/см²;
- «Мало масла» загорается при количестве масла в баке 9 кг и меньше;
- «Избыток масла» загорается при количестве масла в баке 33 кг и больше;
- «Стружка в масле» загорается при наличии в масле металлической стружки.

Агрегаты маслосистемы. Подкачивающий насос (рисунок 9.2) служит для подпитки системы нагнетания маслом из маслобака. Насос расположен снизу коробки моторных агрегатов, состоит из корпуса, крышки, ведущей и ведомой шестерен качающего узла с бронзовыми опорами скольжения, рессоры привода, редукционного клапана, обратного клапана. Редукционным клапаном в линии нагнетания насоса поддерживается постоянное давление в пределах 0,6—0,8 кгс/см². Для предотвращения перетекания масла из бака в двигатель на стоянках служит обратный клапан, через который за одни сутки допускается утечка масла не более одного литра.

Торцевое контактное уплотнение обеспечивает работу уплотнения качающего узла и крышки, исключаящего перетекание масла в коробку приводов моторных агрегатов.

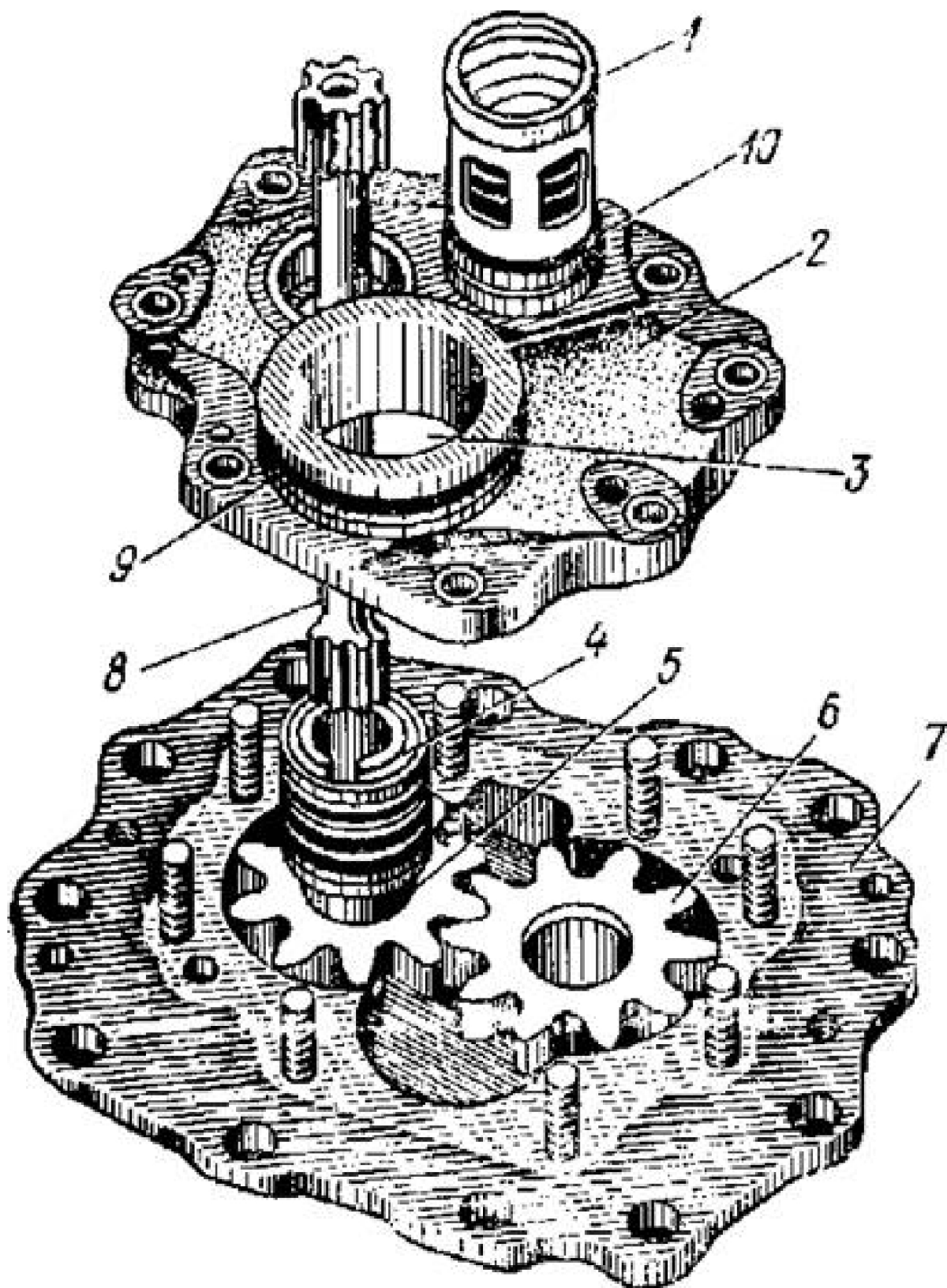


Рис. 9.2 Подкачивающий насос

1—обратный клапан; 2—крышка подкачивающего насоса; 3—подвод масла в подкачивающий насос; 4—торцевое контактное уплотнение; 5—ведущая шестерня; 6— ведомая шестерня; 7—корпус подкачивающего насоса; 8—рессора; 9—уплотнительное кольцо крышки насоса; 10—уплотнительное кольцо обратного клапана

Нагнетающий насос аналогичен по конструкции и работе подкачивающему насосу, расположен в коробке моторных агрегатов. Состоит из корпуса, крышки, двух шестерен качающего узла, бронзовых опор скольжения, редукционного клапана. В эксплуатации допускается регулирование давления масла редукционным клапаном. Поворот винта редукционного клапана на один оборот вправо увеличивает давление на $0,15—0,2 \text{ кгс/см}^2$. После регулирования давление проверяется при работе двигателя на режиме $0,7$ номинала.

Масляный фильтр (рисунок 9.3) служит для очистки масла, поступающего на смазку и охлаждение деталей двигателя, установлен в коробке моторных агрегатов. Фильтр состоит из сердечника 8 , фильтрующих секций 6 ($27—28$ шт.), промежуточных колец, которые устанавливаются между фильтрующими секциями, гайки 13 , крышки 4 , винта 16 , траверсы 2 , перепускного клапана 10 , отрегулированного на $A_p = 1,0 \text{ кгс/см}^2$, двух резиновых уплотнительных колец 3 .

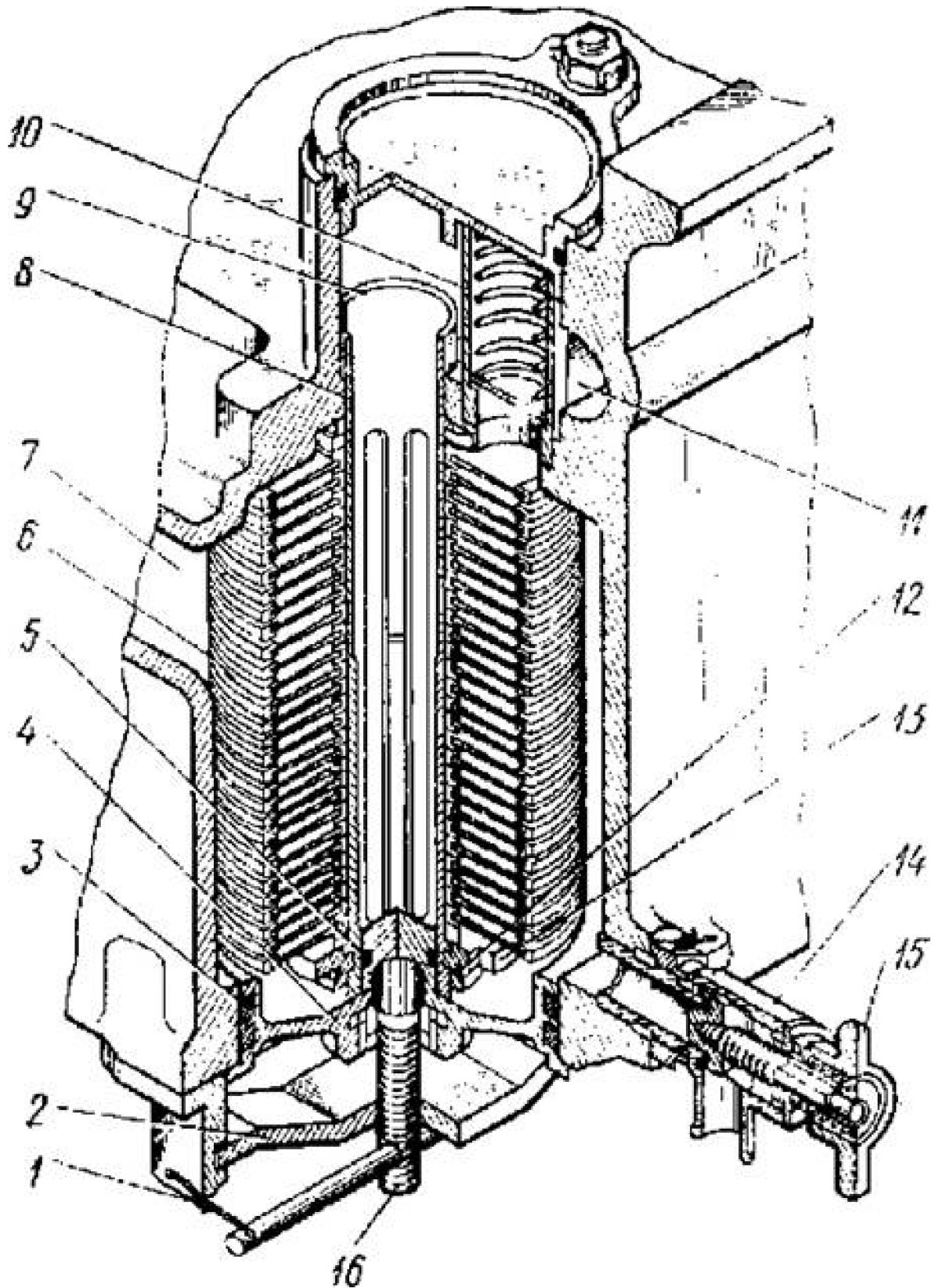


Рис. 9.3 Масляный фильтр

- 1—контровочная проволока; 2—траверса; 3—уплотнительное кольцо крышки;
 4—крышка фильтра; 5—уплотнительное кольцо фильтра; 6—фильтрующая секция;
 7—канал входа масла; 8—сердечник фильтра; 9—выходное отверстие стержня фильтра;
 10—перепускной клапан; 11—выходной канал для масла; 12—контровка фильтра;
 13—гайка; 14—сливной кран; 15—муфта крана; 16—винт

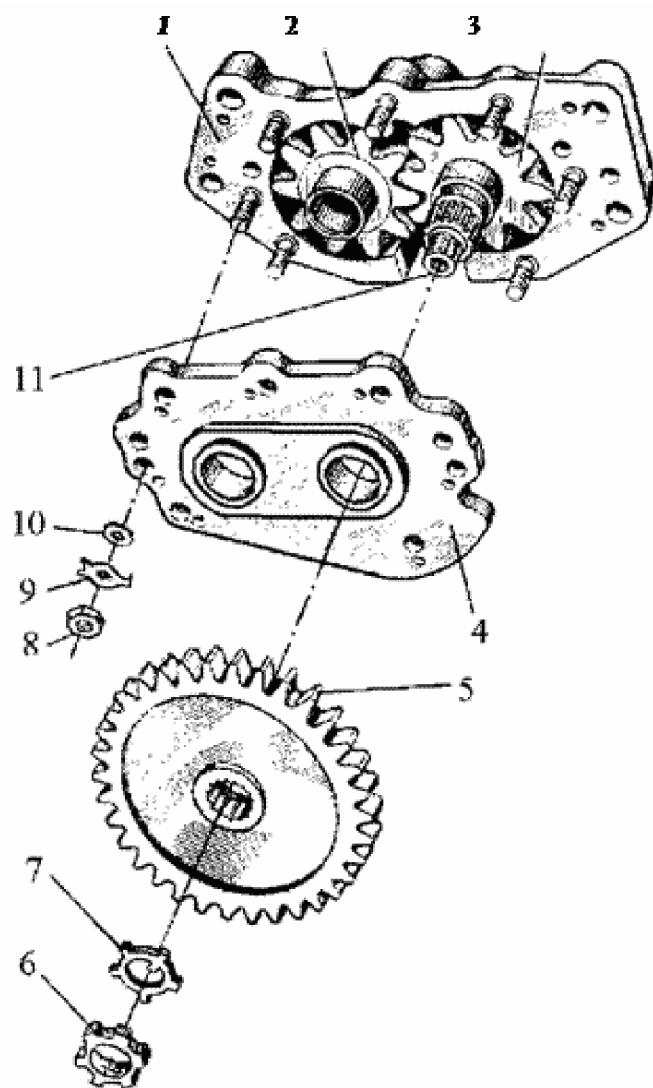
Насос откачки масла из передней опоры (рисунок 9.4) расположен в корпусе передней опоры, служит для откачки масла и суфлирования масляной полости передней опоры. Насос состоит из корпуса 1, крышки 4, двух шестерен 2 и 3 качающего узла с бронзовыми опорами скольжения, шестерни привода 5. Откачиваемое масло отводится в коробку самолетных агрегатов.

Насос откачки масла из средней опоры (рисунок 9.5) для откачки масла, сливаемого в полость коробок самолетных и моторных агрегатов из передней и средней опор. Насос расположен в нижней части коробки моторных агрегатов, состоит из корпуса 1, крышки 5, двух шестерен 2 и 4 качающего узла с лопаточными устройствами 3 и бронзовыми опорами скольжения, предохранительной сетки. Лопаточные устройства на шестернях качающего узла улучшают заполнение впадин между зубьями и повышают эффективность работы насоса.

Насос откачки масла из задней опоры (рисунок 9.6) крепится к фланцу маслясливной коробки внутреннего корпуса задней опоры и состоит из корпуса 7, крышки 6, двух шестерен качающего узла с бронзовыми опорами скольжения, рессоры привода 1, пеногасящей сетки 8 и теплоизолированного поддона 2.

Центрифуга (рисунок 9.7) установлена в коробке моторных агрегатов, служит для отделения воздуха от масла и состоит из крыльчатки 1 закрытого типа с валиком, центробежного запорного клапана 7, шестерни привода 4.

При вращении ротора масло под действием центробежных сил отбрасывается от центра вращения к периферии и через кольцевую щель в верхнюю полость, откуда по штуцеру и наружному трубопроводу отводится к топливомасляному радиатору. Воздух собирается в пустотелом валу и далее через клапан 7, тарелка которого открывается центробежными силами грузиков, поступает в полость коробки моторных агрегатов.



Насос откачки масла из передней опоры: 1—корпус; 2—водящая шестерня; 3—ведущая шестерня; 4—крышечка; 5—шестерня привода; 6 и 8—валы; 7 и 9—статорные шайбы; 10—шайба; 11—канал для входа масла

Рис. 9.4 Насос откачки масла из передней опоры

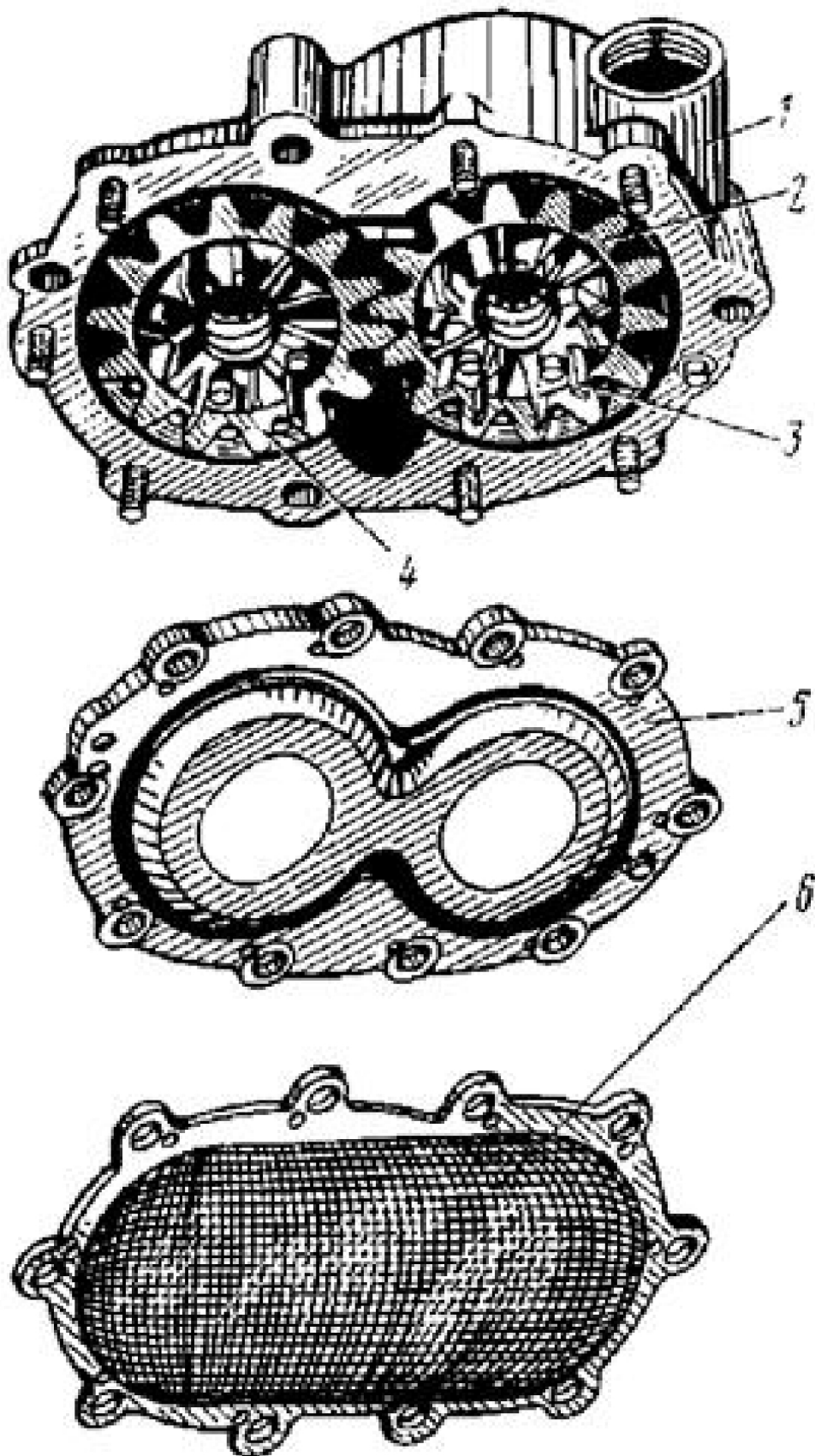
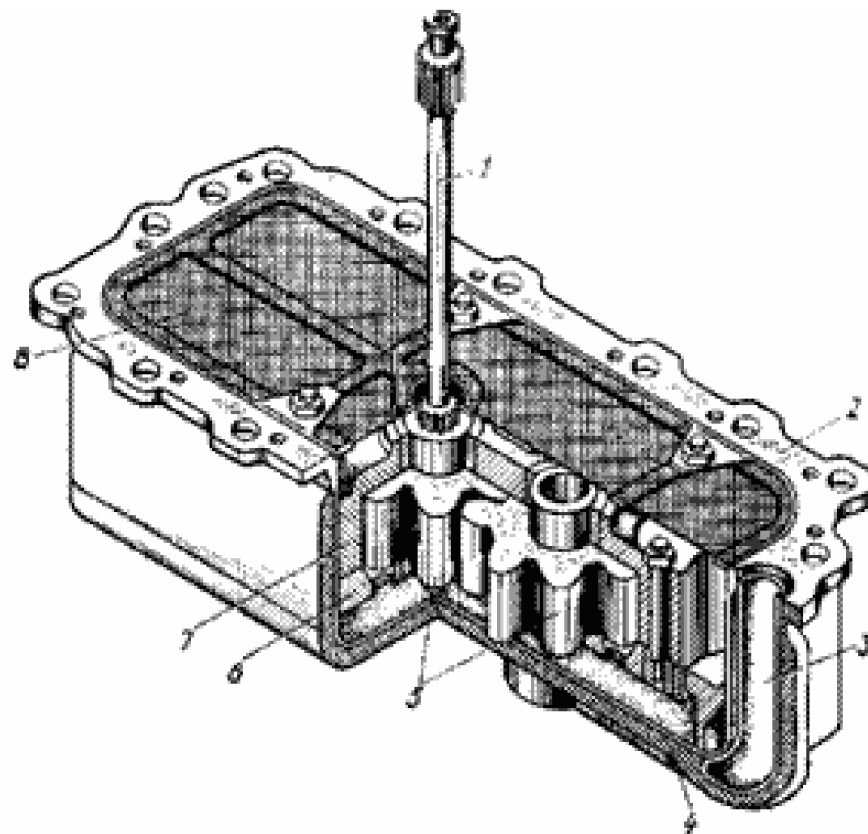


Рис. 9.5 Насос откачки масла из средней опоры

1—корпус; 2—ведущая шестерня; 3—лопаточное устройство; 4—ведомая шестерня;
5— крышка откачивающего насоса; 6—предохранительная сетка



1—рассора привода насоса, 2—поддон, 3—трубка отвода масла, 4—экран, 5—шестерни, 6—крышка, 7—корпус, 8—ситка

Рис. 9.6 Насос откачки масла из задней опоры

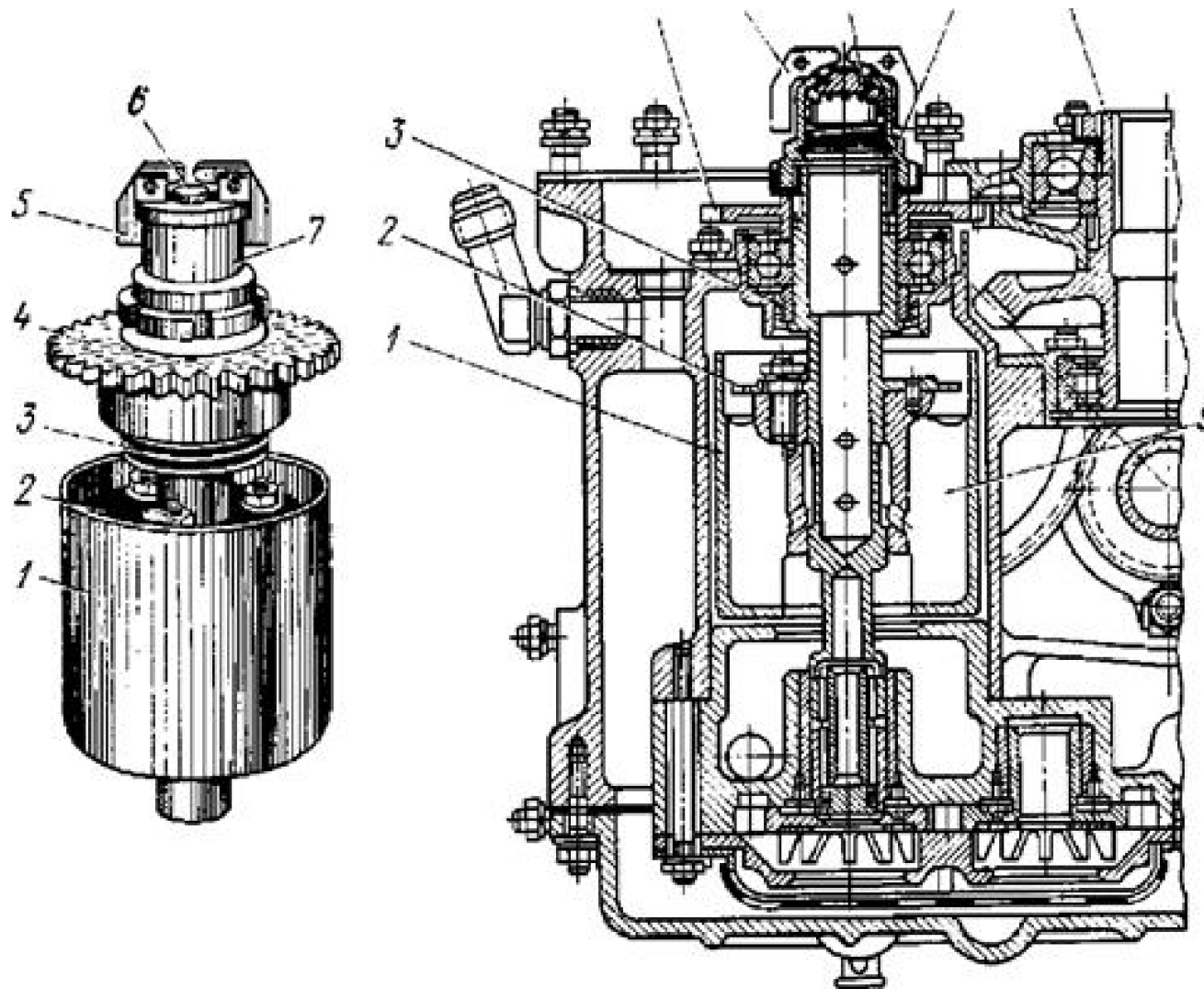


Рис. 9.7 Центрифуга

1—крыльчатка; 2—диск ротора; 3—кольцевое уплотнение; 4—шестерня привода центрифуги; 5—грузик клапана; 6—тарелка клапана;
7— центробежный клапан; 8— центральный привод; 9—лопатка ротора

Фильтр-сигнализатор (рисунок 9.8) установлен над топливомасляным радиатором, служит для сигнализации наличия металлической стружки в масле. Фильтр состоит из корпуса 4, предохранительного клапана 1, фильтроэлемента 9, контактного устройства 2 со штепсельным разъемом, сливного крана 5.

Фильтроэлемент 9 состоит из корпуса, фильтрующей сетки 8, фильтрующего пакета колец 7, траверсы 11, стяжного винта 10.

При накоплении стружки около 1,5 г происходит электрическое соединение всех пластин 13 фильтрующего пакета, при этом на приборном пульте бортиженера загорается красное табло «Стружка в масле».

Топливомасляный радиатор (рисунок 9.9) служит для охлаждения масла, выходящего из двигателя. Охлаждение масла производится топливом, поступающим после насоса-регулятора НР-8-2У. Радиатор состоит из двух секций 8, которые жестко связаны между собой коллекторами 9 и соединительным патрубком. Каждая секция радиатора состоит из сот, установленных в корпусе. Внутри секций имеются перегородки, которые изменяют направление движения масла. Горячее масло из центрифуги через штуцер входа 1 и коллектор поступает в межтрубную полость одной из секций радиатора, затем проходит во вторую секцию и в охлажденном состоянии через штуцер 6 направляется в нагнетающий насос.

Одновременно холодное топливо через штуцер 4 входа поступает во входную полость радиатора, отбирает тепло от масла, затем проходит во вторую секцию и в подогретом состоянии направляется через штуцер 2 в топливную магистраль двигателя.

В случае повышения гидравлического сопротивления масляной или топливной полостей часть масла или топлива перепускается через клапаны 3 и 5 непосредственно на выход из радиатора.

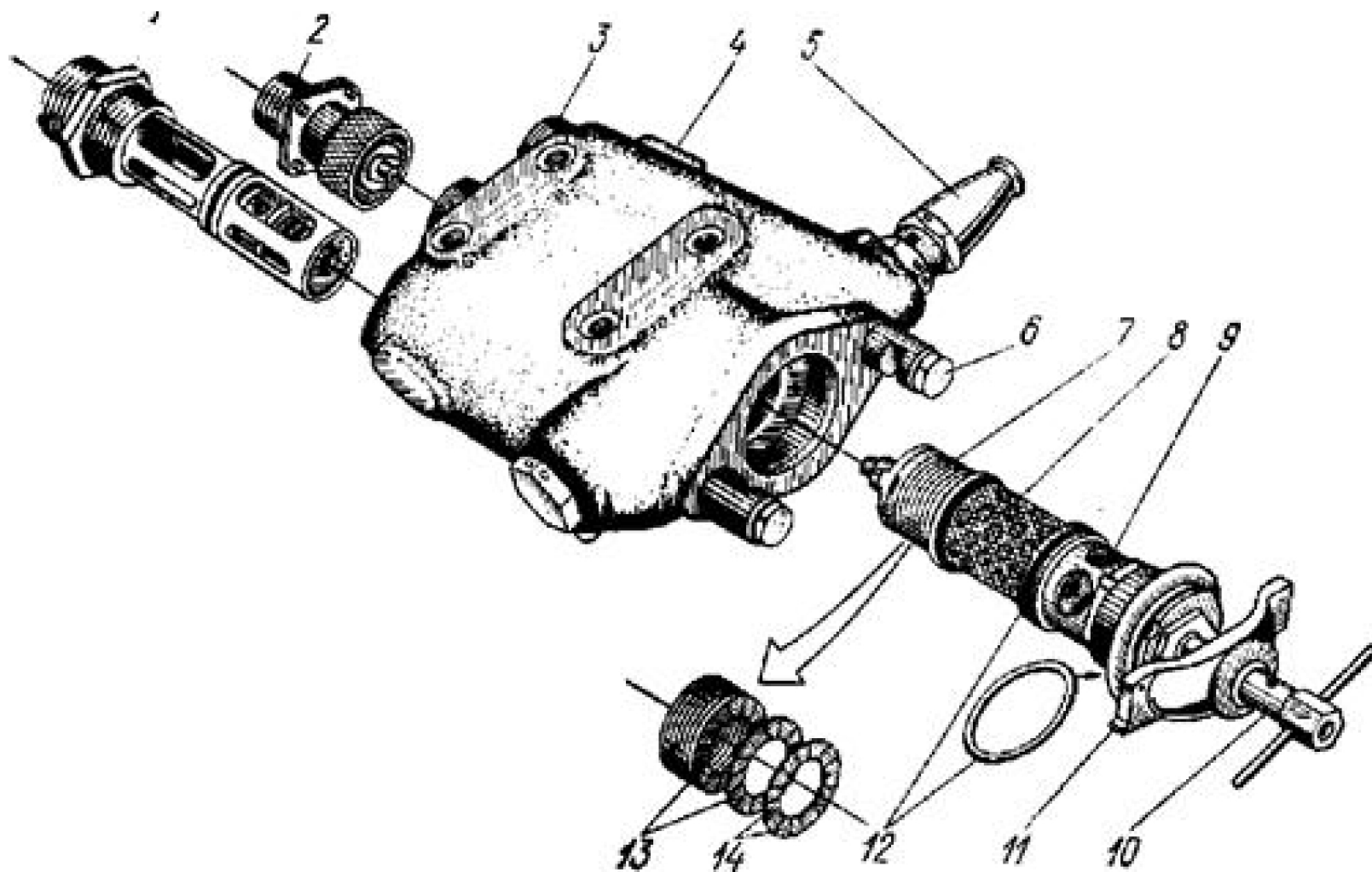


Рис. 9.8 Фильтр-сигнализатор

1—предохранительный клапан со штуцером входа; 2—контактное устройство со штепсельным разъемом; 3—штуцер выхода; 4—корпус фильтра-сигнализатора; 5— сливной кран; 6—шпилька; 7—фильтрующий пакет колец; 8—сетчатый фильтр; 9— фильтроэлемент; 10—стяжной винт; 11—ручка фильтра (траверса)-12— уплотнительное кольцо фильтра; 13—пластина щелевого фильтра; 14—сектор пластины

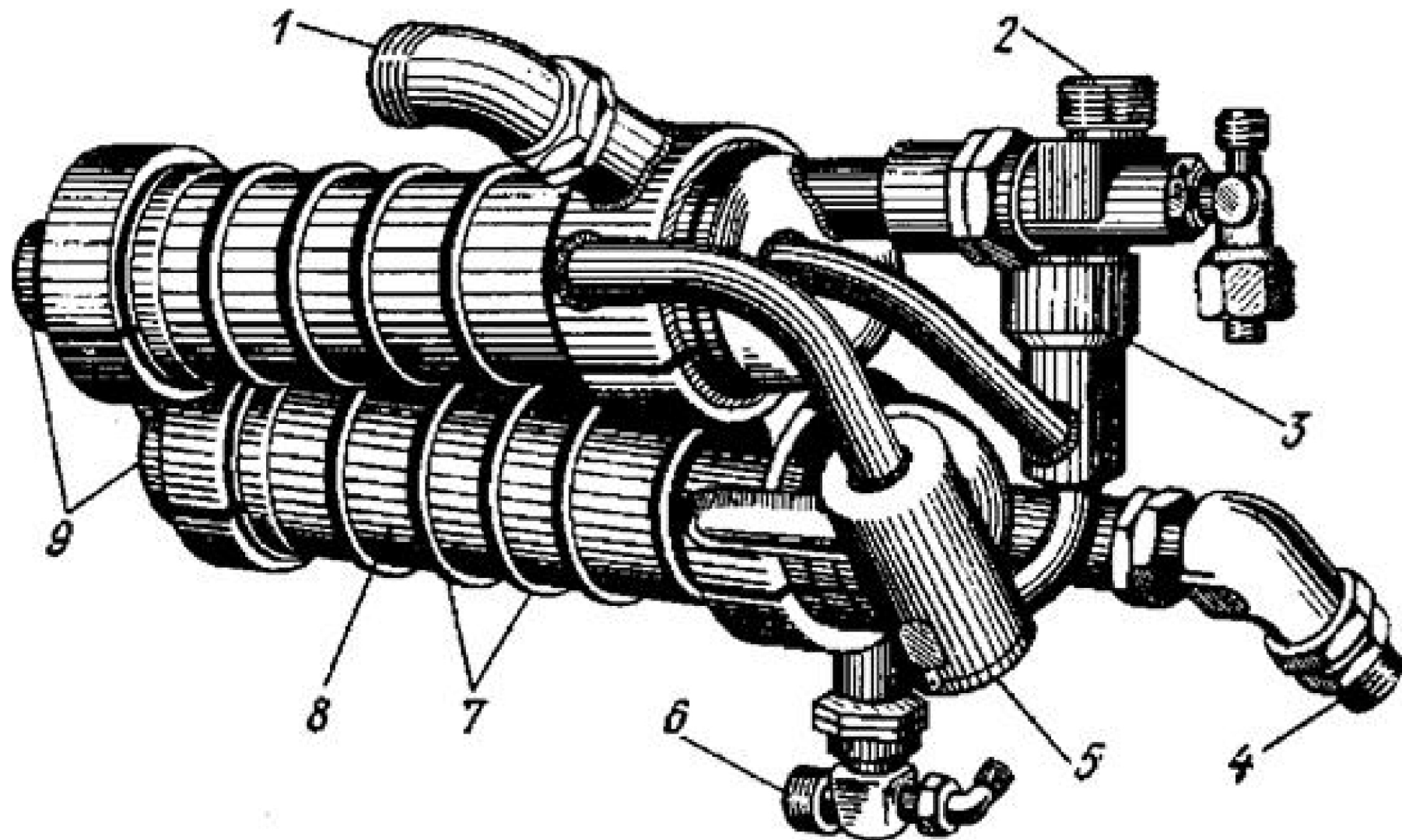


Рис. 9.9 Топливомасляный радиатор

1—штуцер входа масла; 2—штуцер выхода топлива; 3—перепускной топливный клапан; 4—штуцер входа топлива; 5—перепускной масляный клапан; 6—штуцер выхода масла; 7—ложемент; 8—секция; 9—коллектор

Центробежный суфлер задней опоры (рисунок 9.10) служит для отделения воздуха, проникающего в масляную полость задней опоры. Суфлер закреплен на фланце задней крышки внутреннего корпуса задней опоры двигателя, состоит из крыльчатки закрытого типа 2, пустотелого валика 5, двух подшипников 6 опоры, корпуса 7, теплоизоляционного экрана 10 и торцевого контактного уплотнения 8. При вращении крыльчатки частицы масла под действием центробежных сил отбрасываются в масляную полость, а воздух отводится совмещенным трубопроводом к фланцу проставки, где установлен датчик ДП-6, а затем по кольцевому каналу между трубопроводами сбрасывается в полость стекателя. Центробежный суфлер средней опоры и коробок приводов по принципу работы и конструкции аналогичен центробежному суфлеру задней опоры.

Маслобак (рисунок 9.11) служит для возмещения расхода масла в системе. Маслобак сварной конструкции, внутренняя полость бака разделена двумя диафрагмами. На маслобаке установлены датчик 6 масломера, патрубок 9 отвода масла, штуцеры суфлирования 3 и централизованной заправки 8 и заливная горловина 1. Под крышкой заливной горловины смонтирована мерная линейка. Емкость маслобака 39 л.

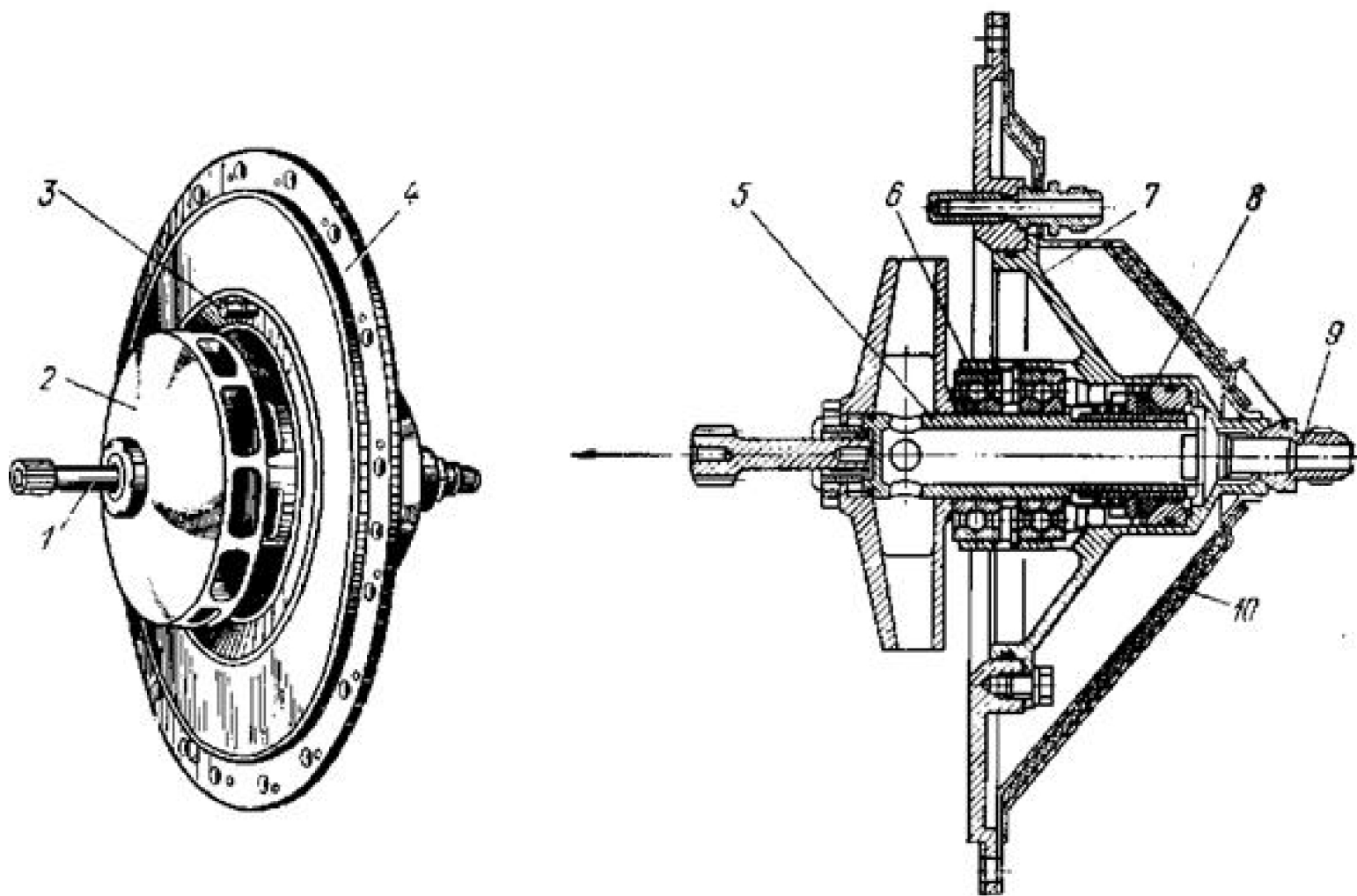


Рис. 9.10 Центробежный суфлер задней опоры

1—приводная рессора; 2—крыльчатка; 3—противопожарная форсунка; 4—крышка задней опоры; 5—валик;
 6—шарикоподшипник; 7—корпус суфлера; 8—сферическое уплотнение; 9—штуцер отвода воздуха;
 10—теплоизоляционный экран

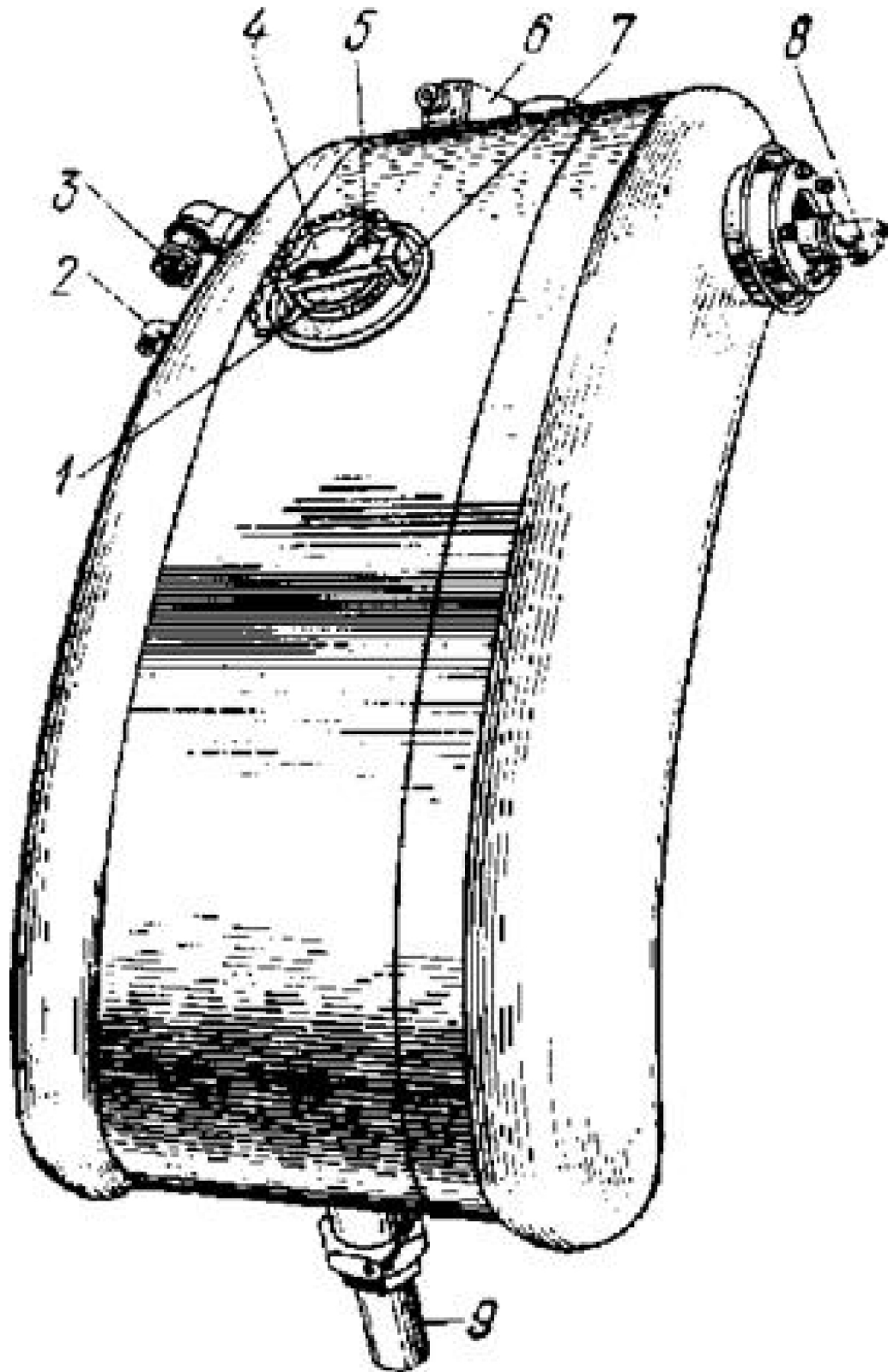


Рис. 9.11 Маслобак

1—заливная горловина с крышкой и мерной линейкой; 2—штуцер перепуска масла из системы; 3—штуцер суфлирования маслобака; 4—головка зажимного винта; 5— траверса; 6— емкостный датчик указателя уровня масла (ДМ1-1Т); 7—планка (с двух сторон горловины); 8—штуцер заправки под давлением с поплавковым клапаном; 9— заборный патрубок отвода масла к подкачивающему насосу

10 ПРОТИВОПОЖАРНАЯ СИСТЕМА ДВИГАТЕЛЯ

Двигатель НК-8-2У оборудован системой обнаружения и тушения пожара (рис.9.1) в масляных полостях двигателя.

Для обнаружения и сигнализации о пожаре на двигателе установлены три датчика ДП-6.

- Датчик 22 установлен на передней крышке корпуса передней опоры ротора НД (низкого давления).
- Датчик 18 установлен на крышке центробежного суфлера средней опоры и коробок приводов, устанавливаемой сзади справа на коробке самолетных агрегатов.
- Датчик 7 установлен в переходнике трубопровода суфлирования задней опоры двигателя. Переходник устанавливается справа вверху на проставке двигателя.

При достижении температуры окружающей среды в передней или средней опоре $200+^{150^{\circ}}\text{C}$ и в задней опоре $300+^{150^{\circ}}\text{C}$ термобатарей передают ЭДС в блок реле, которое включает табло «Пожар» на пульте бортинженера. Одновременно выдается сигнал на срабатывание пирозатворов на баллонах с огнегасящим составом фреон 114В2.

Огнегасящий состав по трубопроводам через переходники, обратные клапаны и форсунки одновременно поступает в масляную полость передней, средней и задней опор двигателя.

В случае пожара вопрос о возможности эксплуатации двигателя решается после осмотра.

Если в двигатель огнегасящий состав подавался в результате неправильных действий при проверке или ложном срабатывании системы, необходимо запустить двигатель и проработать в течение 10 мин на режиме 0,7 номинального для удаления паров фреона 114В2. После этого без замены масла допускается эксплуатация двигателя. Время нахождения фреона 114В2 в масляной системе двигателя при ложном срабатывании не ограничено.

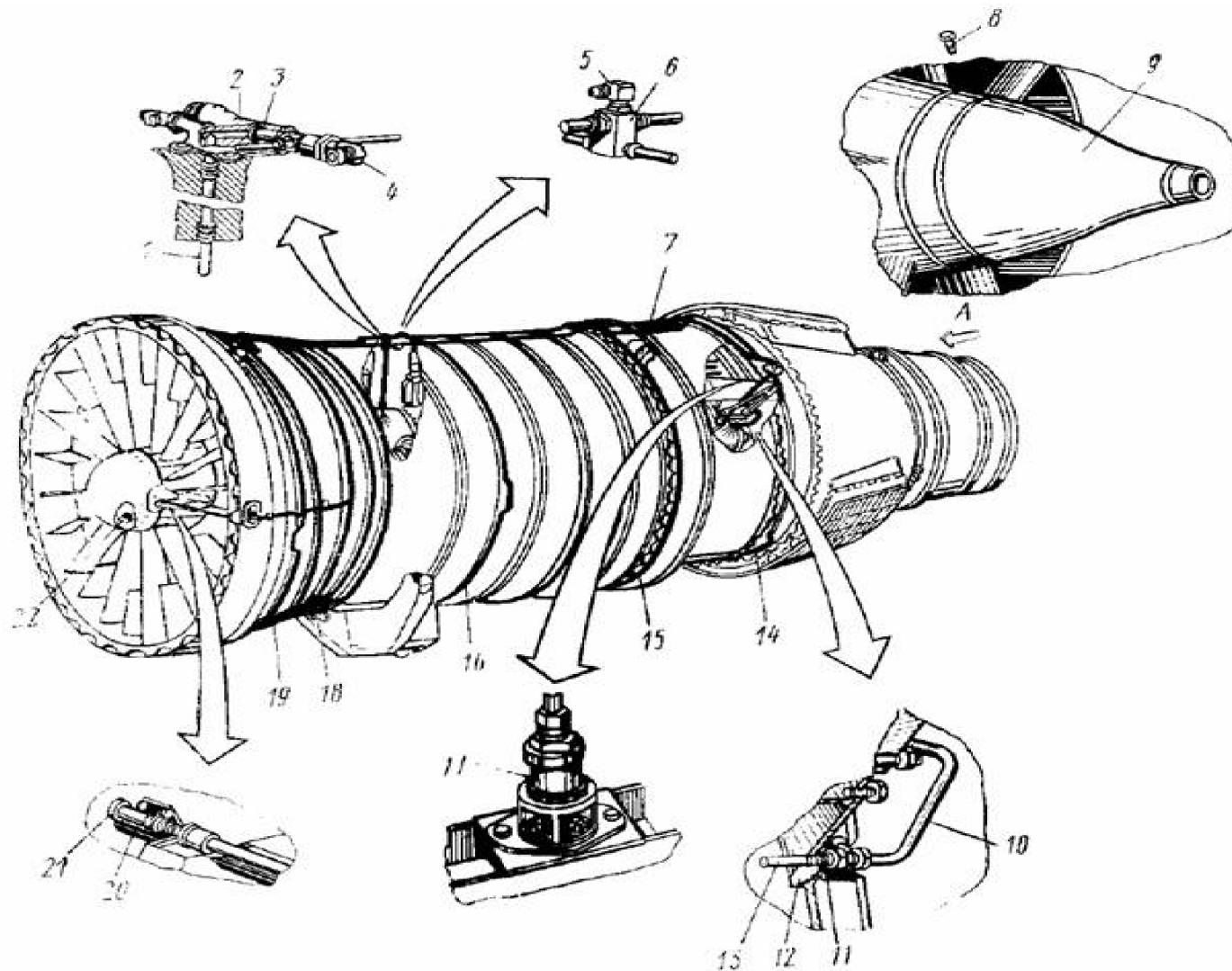


Рис. 10.1 Противопожарная система двигателя

1, 13, 21— форсунки; 2— переходник; 3, 17, 20— обратные клапаны; 4 и 5— угольники; 6— крестовина; 7, 18 и 22— датчики сигнализации пожара; 8— винт; 9— стекатель; 10— трубки; 11— кольцо; 12— корпус; 14, 15, 16 и 19— коллекторы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учебное пособие состоит из описаний конструкций основных узлов двигателя: компрессора низкого давления, компрессора высокого давления, камеры сгорания, турбины высокого давления, турбины низкого давления, реактивного сопла и реверсивного устройства. Приводятся сведения о системе смазки и суфлирования, а также о противопожарной системе двигателя. Данное пособие предназначено для использования при подготовке отчетов по лабораторным работам, посвященным соответствующим узлам двигателя. Оно может быть также использовано при курсовом и дипломном проектировании. Пособие ориентировано на подготовку специалистов 2 факультета по специальности 160700.65 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» по дисциплинам: «Основы конструкции двигателей», «Проектирование силовых установок и управление проектами», «Проектирование основных узлов двигателей» и магистров по специальности 160700.68 «Двигатели летательных аппаратов» по дисциплинам: «Проектирование силовых установок», «Конструирование основных узлов и систем авиационных двигателей». При выполнении описания основных узлов применялись трехмерные модели, созданные студентами факультета ДЛА.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Турбовентиляторный двигатель НК-8-2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Куйбышев: НПО «Труд», 1969. Ч.1. – 218 с.
2. <http://www.airwar.ru/enc/craft/tu154.html>