

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА

КОНСТРУКЦИЯ
ЦЕНТРОБЕЖНОГО
НАГНЕТАТЕЛЯ ГАЗА НЦ-16

САМАРА 1992

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ, ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА

КОНСТРУКЦИЯ
ЦЕНТРОБЕЖНОГО
НАГНЕТАТЕЛЯ ГАЗА НЦ-16

Методические указания к практическим занятиям

САМАРА 1992

Составители: Д. В. Каршин, В. И. Санчугов,
И. П. Канунников

УДК 621.65/68

Конструкция центробежного нагнетателя газа НЦ-16: Метод. указ. / Самар. аэрокосмич. ун-т; Сост. Д. В. Каршин, В. И. Санчугов, И. П. Канунников. Самара, 1992. 36 с.

Описана конструкция нагнетателя газа НЦ-16, изложены данные о работе масляной системы, уплотнений и опор нагнетателя, рассмотрена конструкция отдельных узлов нагнетателя, а также агрегатов масляной системы.

Предназначены для студентов специальности 13.03Г, выполняющих практические работы по дисциплинам «Конструкция энергетических установок и оборудования магистральных газопроводов» и «Техническая эксплуатация и ремонт энергетических установок с газотурбинным приводом».

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С. П. Королёва

Рецензент Ю. А. Клячин

Цель работы: изучение конструкции основных узлов силовой схемы, работы и конструкции агрегатов масляной системы смазки и уплотнения нагнетателя.

Домашнее задание:

проработать материал данных указаний;

ответить на контрольные вопросы.

Аудиторное задание:

провести анализ конструкций узлов силовой схемы, опор и уплотнений нагнетателя и агрегатов масляной системы.

ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ НАГНЕТАТЕЛЯ НЦ-16

Нагнетатель (рис. 1) центробежного типа, двухступенчатый с вертикальным разъемом предназначен для повышения давления в магистральных трубопроводах при перекачке природного газа. Он состоит из следующих основных узлов: корпуса нагнетателя с крышками; внутреннего корпуса; ротора; уплотнения ротора; опорного и опорно-упорного подшипников; блока маслонасосов.

КОРПУС НАГНЕТАТЕЛЯ

Корпус служит основным силовым элементом, воспринимающим нагрузки от статора и ротора нагнетателя и передающим их через опоры на раму агрегата.

Корпус (рис. 1) представляет собой стальной кованный цилиндр, с внешней стороны которого приварены стальные, кованые всасывающий газоприемный и нагнетательный патрубки. К нижней части цилиндра приварены опорные лапы для крепления корпуса к раме. Здесь же, параллельно оси нагнетателя, с целью фиксации его от поперечных перемещений после центровки с ротором свободной турбины двигателя выполнены шпоночные пазы. В верхней части цилиндра приварены опоры для крепления двух гидроаккумуляторов и кронштейны для установки строповочного приспособления. В вертикальной плоскости цилиндра сверху и снизу выполнены

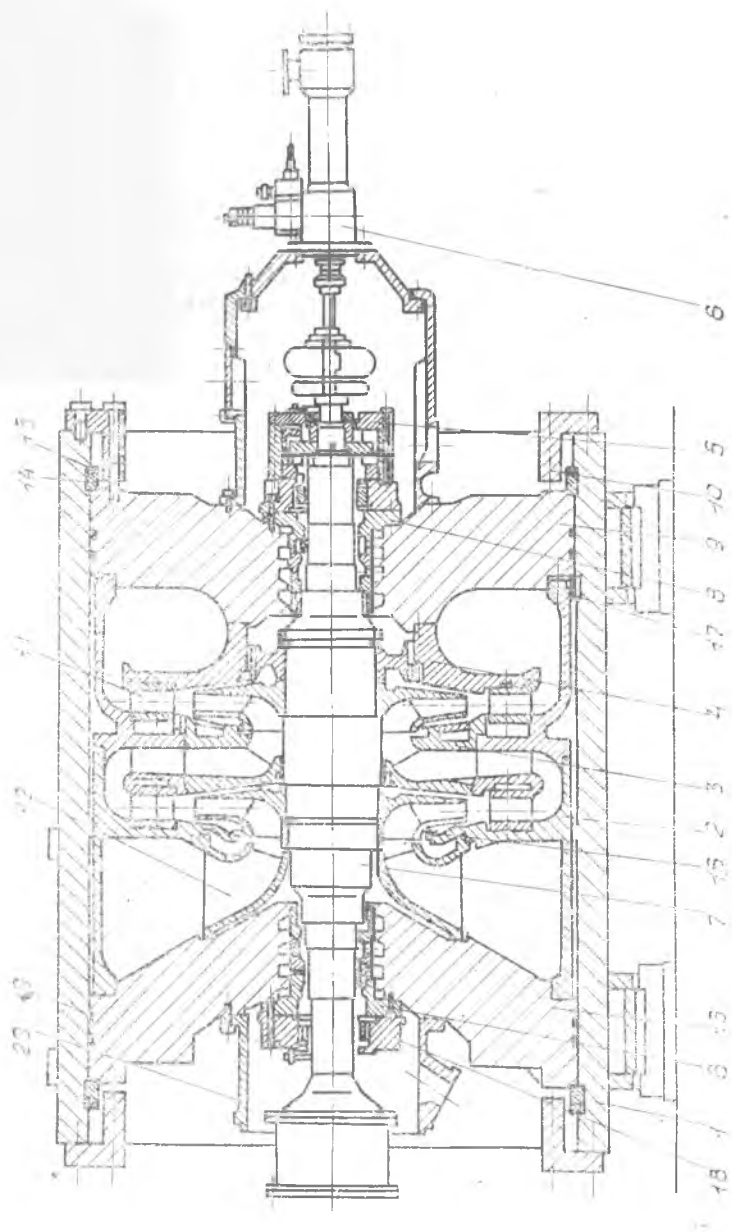


Рис. 1. Нагнетатель НЦ-16

резьбовые отверстия, через которые осуществляется выход воздуха при гидронспытаниях и дренаж из полости корпуса.

С обоих торцов цилиндр закрыт стальными коваными крышками 9, 13, осевое положение которых фиксируется разрезными стопорными кольцами 14, 15 и кронштейнами 10. На обеих крышках на наружной поверхности выполнены кольцевые проточки, в которые установлены уплотнительные кольца, герметизирующие внутреннюю полость нагнетателя. В центральной отверстии крышек выполнены проточки, сообщающиеся внутренними каналами со штуцерами подвода масла для смазки подшипников, подвода масла в уплотнения, уравнительной линии «масло—газ», отвода газа на регуляторы перепада давления РПД-2М, слива масла из полости «масло—газ». В вертикальной плоскости выполнены каналы для вывода из полости между уплотнительными кольцами в крышках.

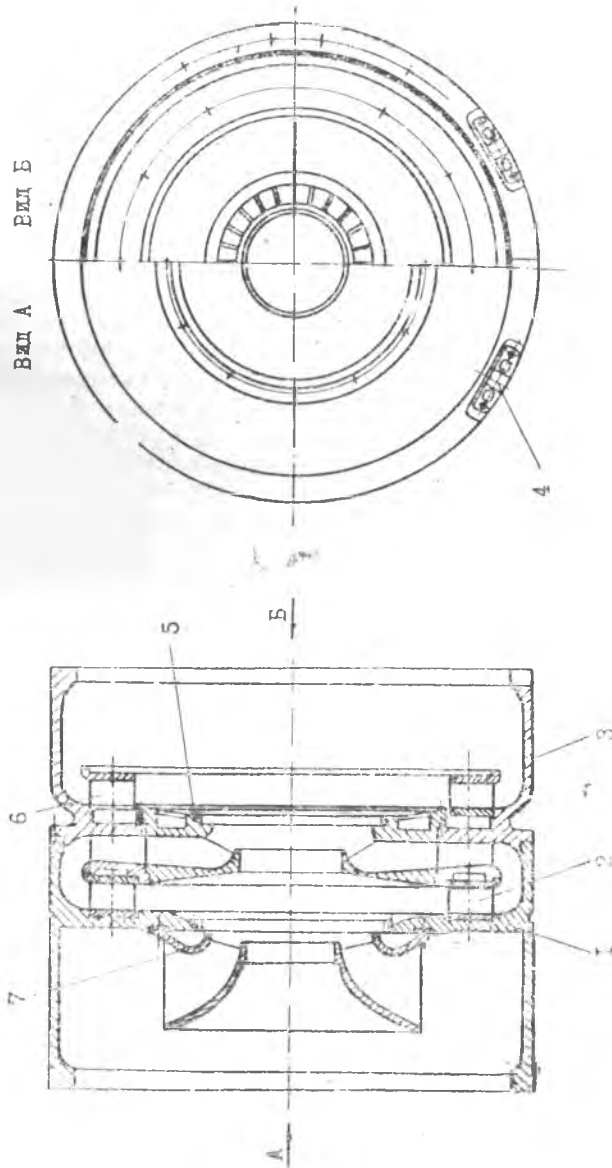
К крышке 13 крепится уплотнение 8 корпуса опорного подшипника 18 и его кожуха 20. К крышке 9 с наружной стороны крепятся уплотнения 8, корпус опорно-упорного подшипника 5 и кожух, на котором установлен блок маслососов 6. Со стороны нагнетания к крышке крепится улитка 4, которая совместно с внутренней поверхностью образует сборную полость с радиальным выходом. В центральной расточке установлена втулка лабиринтного уплотнения 12 между улиткой и поверхностью разгрузочного диска. Поверхности втулки 12 и улитки, улитки и крышки 9 уплотняются резиновыми кольцами.

Крышка 13 совместно с внутренним корпусом 2 образует полость Б с радиальным входом.

ВНУТРЕННИЙ КОРПУС

Внутренний корпус (рис. 2) состоит из камеры газоприемной 1; диафрагмы 3, аппарата входного направляющего 7; диффузоров 2 и 6 и обратного направляющего аппарата 5. Во внутренней полости газоприемной камеры 1 установлен и закреплен болтами входной направляющий аппарат 7. Входной направляющий аппарат 7 предназначен для обеспечения осесимметричного подвода газового потока к рабочему колесу первой ступени нагнетателя. Он представляет собой лопаточный конфузор, изготовленный из высококоротной стали.

С обратной стороны к газоприемной камере крепится лопаточный диффузор 2 первой ступени нагнетателя. Лопаточный диффузор обеспечивает выравнивание поля скоростей газового потока и способствует преобразованию кинетической энергии движущегося газа в потенциальную. Он состоит из основного диска, профильные лопатки которого выполнены фрезерованием, и вспомогательного. Соединение конструктивных элементов диффузора осуществ-



Р и с. 2. Корпус внутренний

вляется пайкой. Крепление диффузора 2 к газоприемной камере производится болтами. Крепежные болты устанавливаются в отверстиях, выполненных в теле лопаток диффузора.

Лопаточный диффузор 6 второй ступени нагнетателя конструктивно выполнен так же. Крепление его болтами осуществляется болтами к диафрагме 3 внутреннего корпуса.

В центральной расточке диафрагмы 3 смонтирован и закреплен болтами обратный направляющий аппарат 5. Он является единственным горизонтально-разъемным узлом в конструкции нагнетателя. Такая конструкция статорной части позволяет производить монтаж и демонтаж ротора без извлечения внутреннего корпуса, что значительно упрощает обслуживание нагнетателя.

Диафрагма 3 и газоприемная камера 1 соединены между собой болтами.

В центральной расточке газоприемной камеры 1 и обратного направляющего аппарата 5 установлены и закреплены втулки лабиринтных уплотнений с рабочими колесами первой и второй ступеней нагнетателя. Все втулки лабиринтных уплотнений выполнены из материала Ак-6, остальные детали внутреннего корпуса — из высокосортной стали.

Торцевые и диаметральные уплотнения между деталями внутреннего корпуса осуществляются уплотнительными резиновыми кольцами.

В нижней части внутреннего корпуса имеются ролики 4, на которых он вкатывается в корпус нагнетателя.

РОТОР НАГНЕТАТЕЛЯ

Ротор (рис. 3) представляет собой ступенчатый вал 1, на котором установлены два рабочих колеса 2 и 3, разгрузочный диск 4,

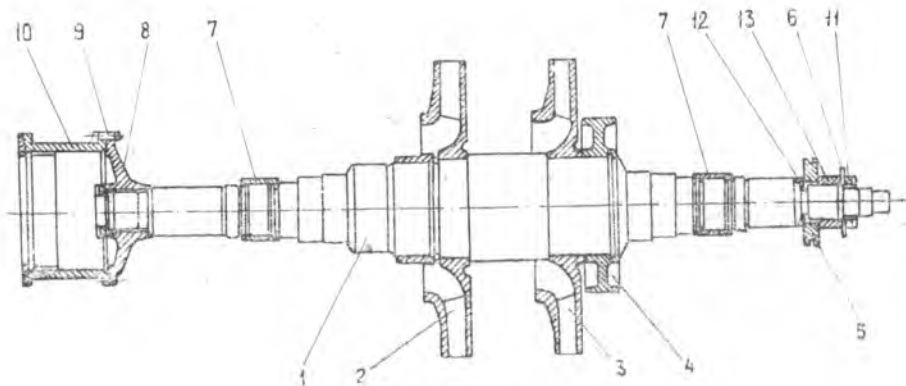


Рис. 3. Ротор

две втулки уплотнений 7, диск упорного подшипника 5 и кольцо 6. На приводном конце вала расположены детали зубчатой муфты: полумуфта 8, обойма зубчатая 10, соединенные между собой призонными болтами 9. На противоположном конце вала имеется шлицевая муфта, с помощью которой передается вращение на блок маслонасосов. Вал выполнен из стали 20×13 .

Рабочие колеса и разгрузочный диск устанавливаются с натягом, что предотвращает поворот этих деталей относительно вала при работе нагнетателя. Сборка этих сопряжений производится путем нагрева колес и разгрузочного диска до температуры $240 \dots 300^\circ\text{C}$. От осевого смещения эти детали фиксируются стопорными кольцами и напрессованными втулками.

Рабочие колеса и разгрузочный диск изготовлены из стали 07X16H6. Рабочее колесо (рис. 4) состоит из основного 1 и покрывного 2 дисков. В основном диске выполнены профильные лопатки путем фрезерования. Для повышения долговечности на поверхность лопаток и диска на входе в колесо наносится износостойкое покрытие шликер ВКМ-65.

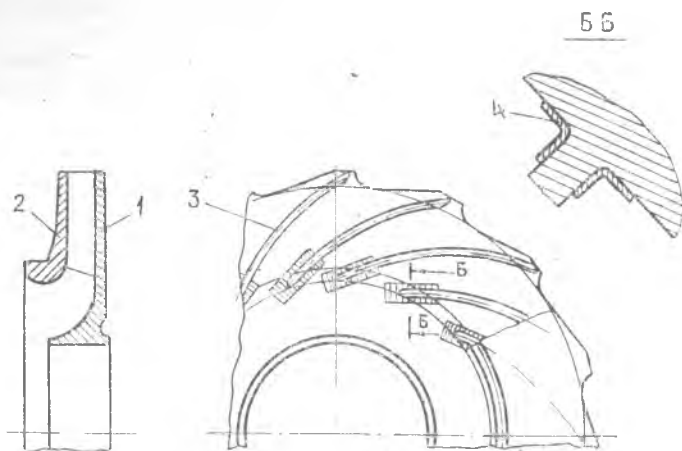


Рис. 4. Рабочее колесо

Соединение основного и покрывного дисков осуществляется вакуумной пайкой с использованием припоя ПЖК-1000.

Втулки уплотнений 7 (см. рис. 3) относительно вала уплотняются резиновым кольцом и фиксируются от осевого смещения стопорным кольцом. На их поверхности нанесено износостойкое покрытие.

Упорный диск 5 вместе с дистанционной втулкой 12, определяющей осевое расположение диска, распорной втулкой 13 и кольцом 6 закрепляются на валу гайкой 10.

Упорный диск является конструктивным элементом упорного подшипника. Осевые нагрузки, возникающие при работе нагнетателя, с помощью упорного диска передаются через опорно-упорный подшипник на корпус нагнетателя.

Кольцо 6, как элемент датчика, позволяет контролировать осевой сдвиг ротора относительно корпуса нагнетателя.

Перед сборкой вал и рабочие колеса подвергаются статической балансировке. Для вала допускается дисбаланс не более $10 \text{ г} \cdot \text{см}$, а для колеса — не более $2 \text{ г} \cdot \text{см}$ на наружном диаметре колеса.

После сборки ротор проходит динамическую балансировку. Допускаемая величина дисбаланса должна быть не более 93 г/см .

УПЛОТНЕНИЕ РОТОРА НАГНЕТАТЕЛЯ

Уплотнение ротора нагнетателя (рис. 5) состоит из двух функционирующих совместно уплотнений: щелевого масляного уплотнения с плавающими кольцами и лабиринтного.

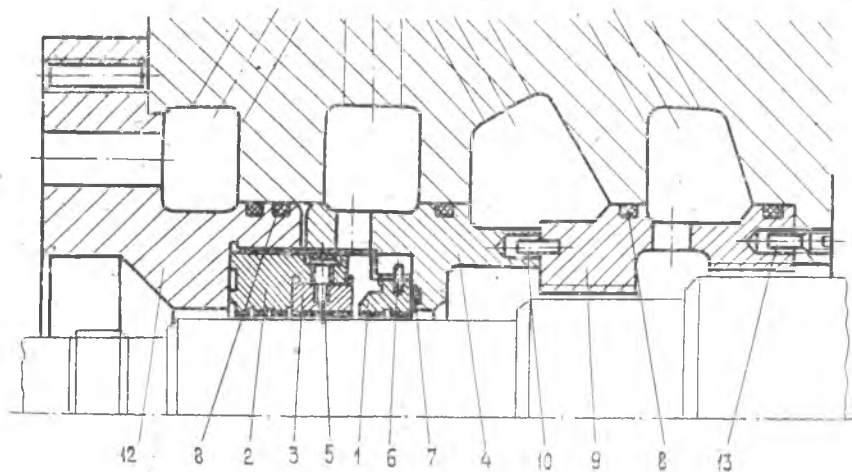


Рис. 5. Уплотнение

Масляное концевое уплотнение размещено в корпусе 4 и фиксируется крышкой 12. Оно состоит из наружного 2 и внутреннего 1 уплотнительных колец. Внутри наружного кольца пять колодок 3, способствующих «всплытию» кольца при работе нагнетателя. Уплотнение колец 2 и 1 осуществляется за счет деформации резино-

вого уплотнительного кольца 7, а фиксация от проворота — шпифтами 10 и 13.

Уплотнительные кольца 2 и 1 и колодки 3 изготовлены из стали 20 с заливкой рабочей поверхности баббитом Б-83.

В корпусе 4 имеется радиальное отверстие, через которое во внутреннюю полость концевое уплотнения подается масло из системы уплотнений.

Лабиринтное уплотнение 9 представляет собой ступенчатую втулку, изготовленную из материала АК-6. На внутренних поверхностях выполнены кольцевые профилированные канавки, образующие с ответной поверхностью лабиринт с большим гидравлическим сопротивлением. Через радиальное отверстие во втулке внутренний объем лабиринтного уплотнения сообщается с регулятором перепада давления.

Герметизация уплотнения ротора в крышке нагнетателя достигается постановкой резиновых уплотнительных колец 8.

ОПОРНЫЙ ПОДШИПНИК

Опорный подшипник (рис. 6) представляет собой горизонталь-

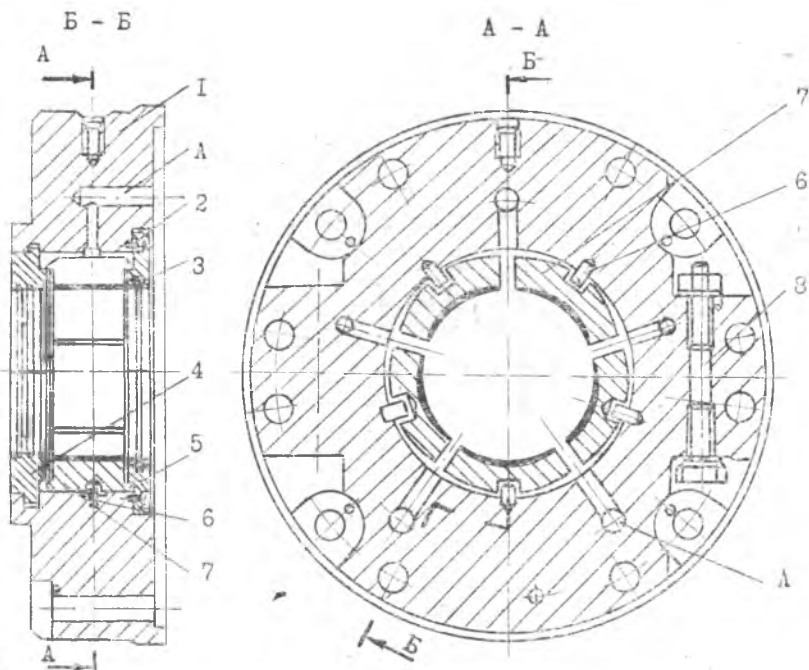


Рис. 6. Подшипник опорный

но-разъемный корпус 1, обе половины которого соединены призорными болтами 8. В центральном отверстии корпуса 1 расположены пять опорных колодок 7, зафиксированных от проворота штифтами 6. Опорные колодки от смещений в корпусе удерживаются специальными проточками, выполненными в разъемных втулках 4 и 5.

Опорные колодки выполнены из стали 20 с заливкой рабочих поверхностей баббитом Б-83. Диаметральный зазор между колодками и валом является величиной расчетной и обеспечивается в процессе изготовления подшипника. Уплотнение подшипника и вала осуществляется разъемной втулкой 4 и вкладышем 3, на внутренней поверхности которых выполнены проточки, образующие с ответной поверхностью лабиринт. Втулка 4 и вкладыш 3 сделаны из сплава АК-6. Величины зазоров в уплотнении являются расчетными и определяют расход масла и температурный режим работы подшипника. Подвод масла из системы смазки производится через отверстия А в нижней и верхней половинах корпуса. Температурный режим работы подшипника контролируется с помощью датчиков температуры масла. К верхней половине корпуса на двух кронштейнах закреплены датчики вибрации ротора.

ОПОРНО-УПОРНЫЙ ПОДШИПНИК

Подшипник опорно-упорный (рис. 7) состоит из опорного, конструкция которого уже рассмотрена, и упорного подшипников. Упорный подшипник состоит из корпуса 8, в котором установлены два упорных пакета, регулировочное кольцо 5 и крышка 7.

Упорный пакет (конструкция левого и правого пакетов одинакова) включает в себя сепаратор 2, в пазах которого расположены упорные колодки 3, пружины 9 и кольцо 1. Сепаратор фиксируется от проворота относительно кольца 1 винтами, а кольцо 1 относительно корпуса 8 штифтами. Для исключения смещения пружин 9 относительно упорных колодок в сепараторе выполнены специальные расточки. Рабочая поверхность колодок 3 залита баббитом.

Осовой зазор между упорным диском ротора и упорными колодками 3 является расчетным и обеспечивается подгонкой толщины регулировочного кольца 5.

Подвод масла из системы смазки к упорным пакетам производится отдельно, для чего в корпусе 8 имеются специальные каналы.

Для уплотнения полости упорного подшипника в крышке 7 установлена стальная втулка 6, рабочая поверхность которой залита баббитом.

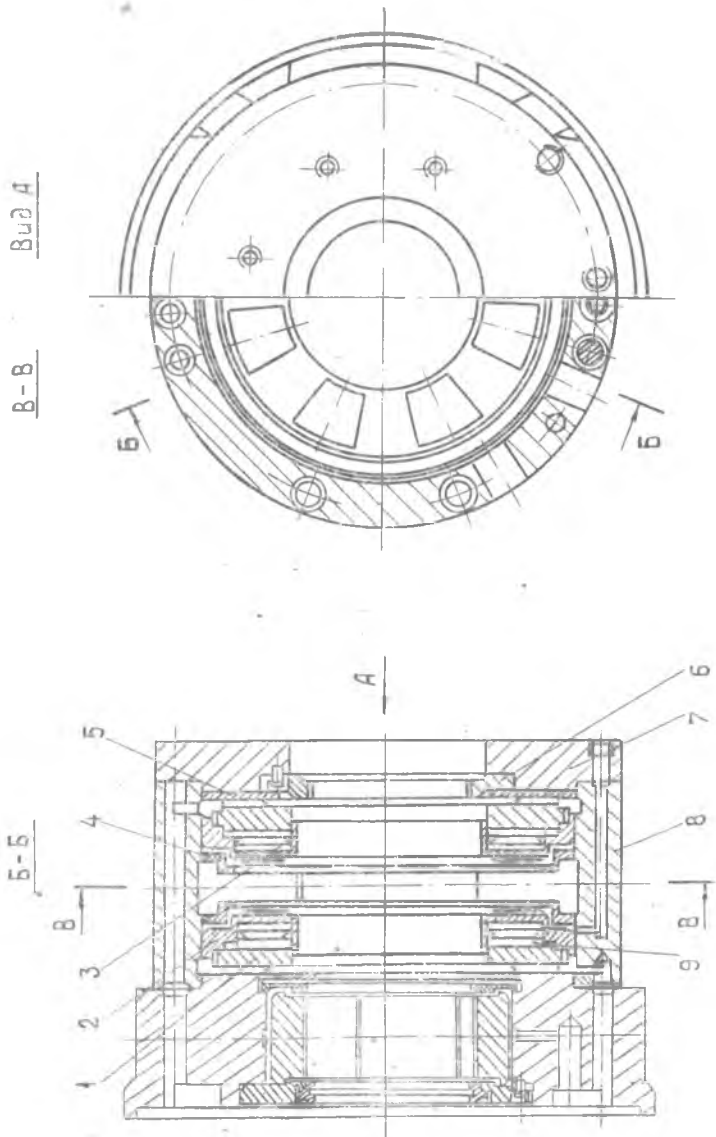


Рис. 7. Подшипник опорно-упорный

Расход масла и температурный режим работы подшипника регулируются алюминиевым кольцом 4. Температура масла контролируется с помощью датчиков.

Корпус упорного подшипника крепится к корпусу опорного с помощью болтов и винтов. На крышке 7 установлены кронштейны датчиков контроля вибраций ротора нагнетателя.

БЛОК МАСЛОНАСОСОВ

Блок маслонасосов со встроенным редуктором (рис. 8) предназначен для обеспечения маслом систем смазки и уплотнений нагнетателя. Он представляет собой работающие совместно шестеренчатый насос смазки и трехвинтовой насос уплотнений 3В-8/100. Привод блока маслонасосов осуществляется от вала ротора.

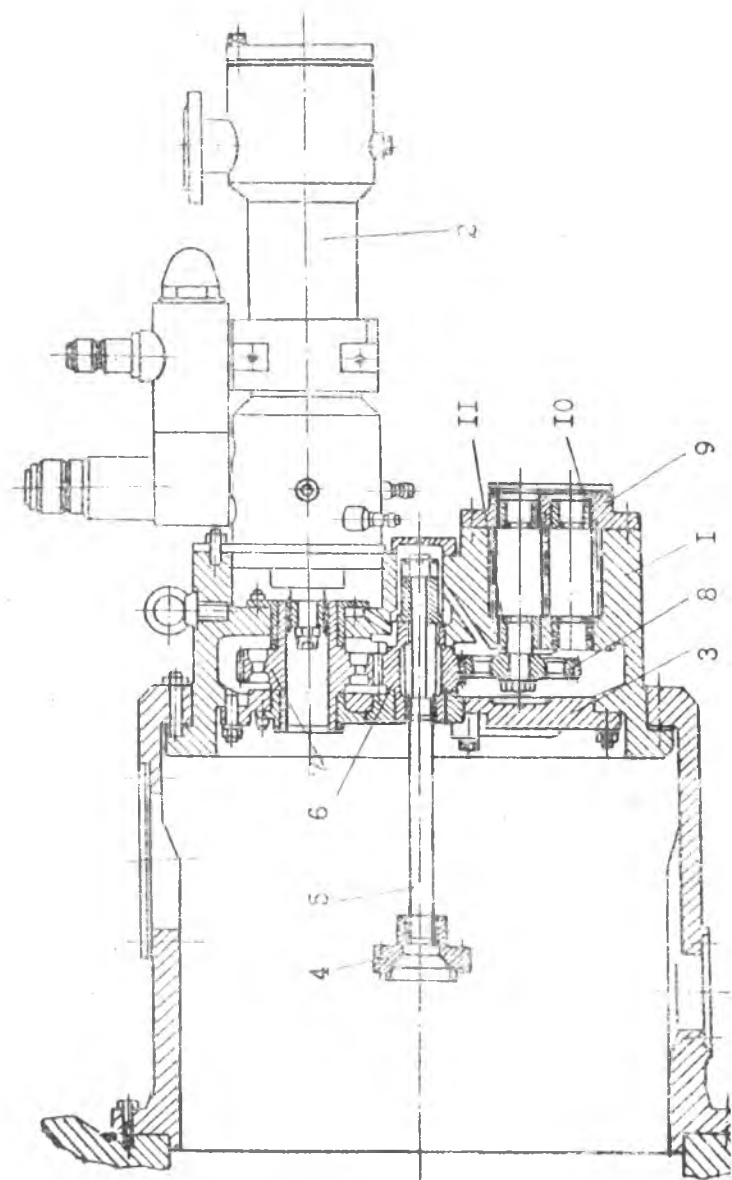
Блок маслонасосов состоит из чугунного корпуса 1, в котором расположены редуктор и шестеренчатый насос. Корпус с внутренней стороны закрыт крышкой 3, а с наружной к нему крепится трехвинтовой насос 2.

Крутящий момент от ротора нагнетателя через полумуфту 4 и торсионный вал 5 передается на ведущую вал-шестерню 6, с нее — на ведомые вал-шестерню 7 и шестерню 8.

Вал-шестерня 7 благодаря внутреннему шлицевому зацеплению передает вращение на вал трехвинтового насоса уплотнений, а шестерня 8 — на вал насоса смазки. Шестерни редуктора и насоса смазки установлены на подшипниках скольжения. Смазка подшипников скольжения насоса смазки осуществляется за счет давления в самом маслонасосе. Смазка подшипников скольжения редуктора, зубчатых и шлицевых соединений производится через сверления в корпусе 1 и трубопроводы, соединенные с нагнетательным патрубком насоса смазки.

Для рассмотрения работы шестеренчатого насоса обратимся к рис. 9. Шестеренчатый насос с наружным зацеплением представляет собой пару одинаковых шестерен 1 и 7, находящихся в зацеплении и помещенных в корпус 13. Стенки корпуса 13 охватывают шестерни по внешней поверхности с минимальными зазорами. Втулки 2 и 12, 5 и 8, являющиеся подшипниками скольжения ведущей 1 и ведомой 7 шестерен, обеспечивают их торцевое уплотнение. По обе стороны зацепления 6 в корпусе 13 имеются полости подвода А и отвода Б, соединенные с линиями высокого P_2 и низкого P_1 давлений.

При выходе шестерен из зацепления происходит увеличение объема между зубьями, и за счет создаваемого разрежения в полость подвода А поступает масло по линии с давлением P_1 . Поступившее в полость А масло захватывается шестернями и в виде дис-



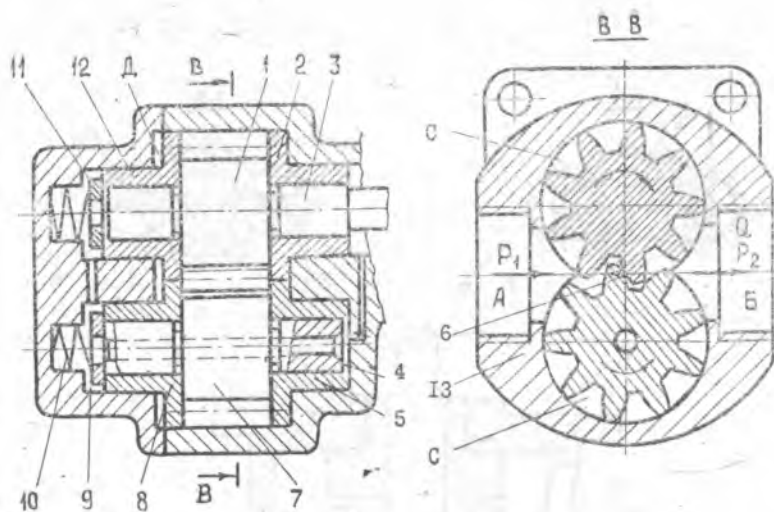


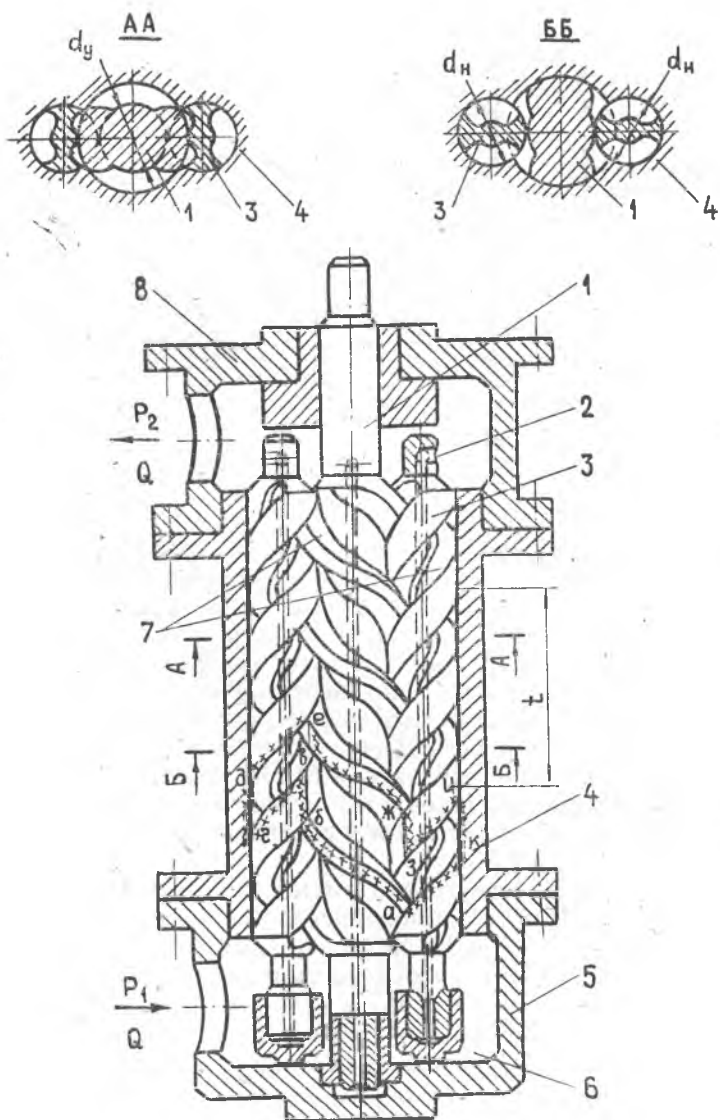
Рис. 9. Схема шестеренчатого насоса

кретных объемов С переносится в полость отвода Б. При входе шестерен в зацепление происходит уменьшение объема между зубьями и вытеснение масла в линию с давлением P_2 . Обратному перетеканию масла из полости Б в полость А препятствует высокое гидравлическое сопротивление зазоров между зубьями шестерен и корпусом. Для уменьшения перетекания масла по торцевым зазорам часто применяется гидравлический поджим боковых втулок. С этой целью в полость Д подводится масло под давлением P_2 . Начальный поджим втулок 8 и 12 производится пружинами 10. Для самоориентации шестерен 1 и 7 между втулками, а также для отвода утечек масла, области 4 и 9 соединены с полостью, находящейся под давлением P_1 .

Развитые поверхности трения вызывают значительные механические потери, поэтому КПД шестеренчатых насосов наружного зацепления невысок и не превышает 0,6... 0,7.

Работу трехвинтового насоса рассмотрим по рис. 10. Трехвинтовой насос имеет ведущий 1 и два ведомых 3 винта. Винты образованы тремя двухзубыми шестернями с циклоидальным зацеплением, имеющими начальные окружности диаметром d_n . Боковые поверхности зубьев образованы циклоидами, а периферийные — цилиндрами, скользящими по поверхности корпуса 4.

Находясь в зацеплении, винты образуют изолированные объемы (видимая часть границы одного из объемов заштрихована и обозначена а, б, в, г, д, е, ж, з, и, к). Теоретически объемы полностью от-



Р и с. 10. Схема трехвинтового насоса

делены друг от друга. Однако, на некоторых участках объемов, в местах сопряжения боковых поверхностей зубьев, разделение осуществляется не протяженными щелями, а линиями касания. Поэтому для создания насосов с малыми утечками точность изготовления винтов должна быть высокой.

При вращении винтов объемы перемещаются поступательно. В начале рабочего цикла каждый из них соединяется с полостью подвода масла, а в конце — с полостью отвода, куда перенесенное масло вытесняется боковыми поверхностями 7 винтов.

В винтовых насосах имеют место только внутренние утечки. В насосах высоких давлений уменьшения утечек, так как те происходят вдоль поверхностей зацепления, достигают путем удлинения винтов.

Одно из преимуществ винтовых насосов заключается в том, что зацепление ведущего и ведомых винтов не является силовым. Силы давления масла, действующие на боковые поверхности зубьев ведомых винтов со стороны полости отвода, стремятся вращать ведомые винты в том же направлении, что и ведущий винт.

Осевые силы, являющиеся результатом разницы давлений в полостях подвода и отвода, уравниваются гидростатически подводом по каналам 2 во внутреннюю полость подпятников 6 под торцы винтов 1 и 3 масла под давлением P_2 .

Радиальные силы, отталкивающие ведомые винты от ведущего, воспринимаются корпусом 4. Механические потери сводятся к трению в зацеплении и в подшипниках. При этом объемный КПД достигает у насосов высокого давления (до 25 МПа) 0,7...0,8.

Благодаря удобному подводу, обеспечивающему доступ масла к входу в винты с минимальными потерями, насосы обладают хорошей всасывающей способностью. Преимуществами винтовых насосов являются малая неравномерность подачи, отсутствие пульсаций давления и бесшумность работы. Все это объясняется тем, что несмотря на дискретный характер переноса масла и благодаря разделению перемещаемых объемов линиями контакта, а не протяженными щелями, вытеснение масла в полость отвода осуществляется непрерывно.

РАБОТА УПЛОТНЕНИЙ И ПОДШИПНИКОВ НАГНЕТАТЕЛЯ

Из стационарного трубопровода по линии 1 газ подводится в газоприемную полость А нагнетателя (рис. 11). После сжатия, пройдя первую и вторую ступени нагнетателя, он поступает в выходную полость Б, откуда по линии 2 подается в напорную ветвь стационарного трубопровода.

Давление газа на входе (в полости А) и на выходе (в полости Б) нагнетателя значительно отличается от атмосферного и состав-

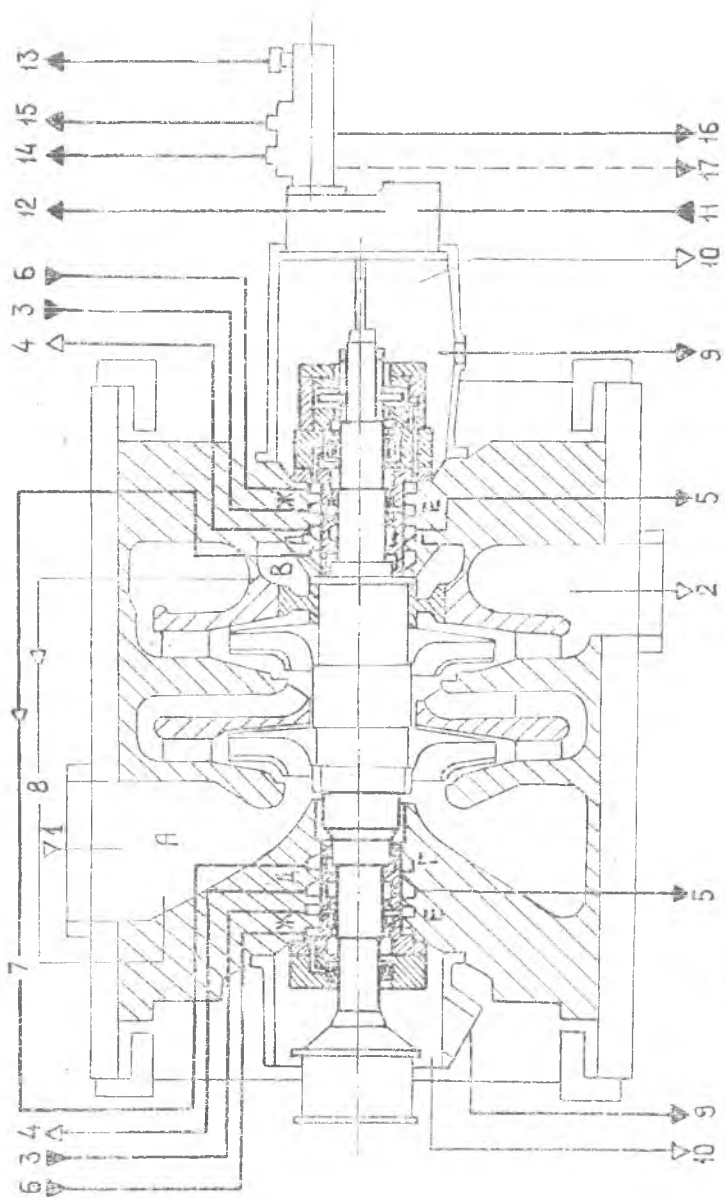


Рис. 11. Схема работы водовишников и уловителей паргста теля

ляет 5,17 МПа и 7,45 МПа соответственно. Для того, чтобы конструктивно уплотнения нагнетателя были одинаковыми (и с целью уменьшения осевых нагрузок на опорно-упорный подшипник), полость В за разгрузочным диском соединена с полостью А трубопроводом 8. Данное конструктивное мероприятие, кроме того, способствует повышению эффективности лабиринтного уплотнения между разгрузочным диском и улиткой, так как уменьшает перепад давления между полостями Б и В.

Газ, находясь под избыточным давлением, из полостей А и В через зазоры между валом ротора и крышками нагнетателя поступает ко втулкам уплотнений и, пройдя первый лабиринт, попадает через радиальные отверстия в полость кольцевых проточек Г. Эти полости соединены уравнивающей линией 7, благодаря чему в них происходит окончательное выравнивание давления газа.

С другой стороны, масло под давлением от насоса уплотнения по линии 14 направляется по трубопроводам системы уплотнений к агрегату РПД-2М (регулятор перепада давления). К этому же агрегату подводится линия 4, связывающая его с полостями кольцевых проточек Д. Назначение РПД-2М заключается в том, что он обеспечивает подачу масла по линии 3 в полости кольцевых проточек Е на 0,16...0,20 МПа больше, чем в полостях кольцевых проточек Д. Поэтому масло всегда будет перетекать из полостей Е через зазоры в полости Д навстречу движению газа и, таким образом, обеспечивать надежную герметизацию между вращающимся валом и неподвижным уплотнением.

Из полостей кольцевых проточек Д маслогазовая смесь под давлением направляется по линии 5 к маслоотводчикам, а затем в трубопровод слива.

Масло от насоса смазки под давлением подается по линии 12 в масляную систему, отсюда по линии 6 направляется в полости кольцевых проточек Ж и через отверстия в крышке попадает на смазку опорных и опорно-упорного подшипников. Часть масла из системы уплотнения, прошедшего через лабиринтные уплотнения из полостей Е в полости Ж, смешивается там с маслом, поступающим на смазку подшипников. Масло, отработавшее в системах смазки и уплотнения, поступает по линии 9 на слив.

МАСЛЯНАЯ СИСТЕМА НАГНЕТАТЕЛЯ

Масляная система нагнетателя обеспечивает подачу масла для смазки и охлаждения двух опорных и упорного подшипников ротора нагнетателя, смазку зацеплений торсионного вала и уплотнение газовой полости нагнетателя с целью предотвращения прорыва сжатого природного газа в контейнер турбоагрегата.

РАБОТА МАСЛЯНОЙ СИСТЕМЫ

Основными узлами масляной системы (рис. 12) являются: маслбак 1 с устройствами очистки, охлаждения, подачи и слива масла;

насосы Н1 9, Н2 10, Н3 22 и Н4 18 с входными фильтрующими сетками и обратными клапанами;

фильтры 21 и 48 очистки масла с входными и выходными вентилями;

редукционные клапаны 25, 26, 38;

аккумуляторы пневмогидравлические 32, 34;

регуляторы перепада давления 28, 30;

аппараты воздушного охлаждения масла 40, 42, 45 с устройствами подогрева масла;

маслоотводчики 12, 16 и дегазатор масла 14;

регулятор температуры масла 47;

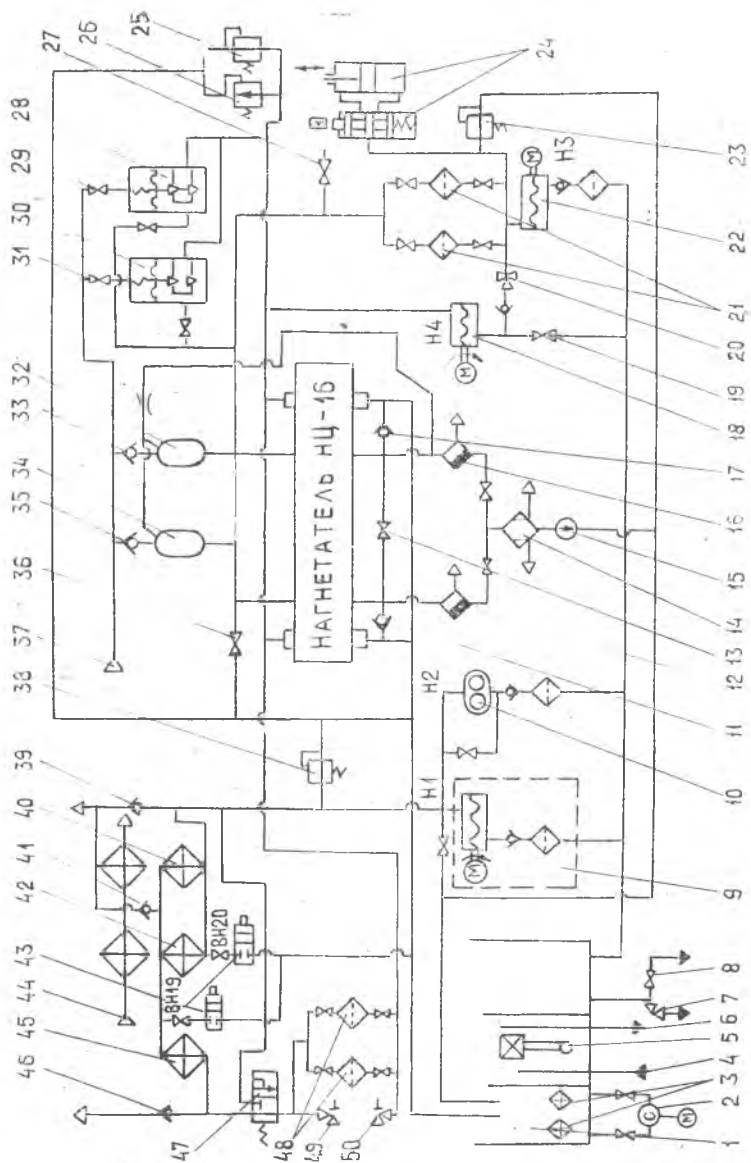
соединительные магистрали масла, газа, воздуха и дренажной системы.

Для смазки подшипников и торсионного вала масло забирается из бака 1 главным шестеренчатым насосом Н2 10, вращающимся от привода ротора нагнетателя, или пусковым насосом Н1 9 и подается к аппаратам воздушного охлаждения 40, 42, 45, после чего направляется к регулятору температуры 47. Для выпуска воздуха из системы при ее заполнении маслом, а также для доступа воздуха в систему при сливе масла установлены обратные клапаны 39, 41. Слив масла из системы производится через электромагнитные вентили 43 по сигналу системы пожаротушения или вручную.

Для разогрева масла при пуске агрегата в условиях низких температур в аппаратах 40, 42 предусмотрена возможность подогрева масла путем продувки горячего воздуха из станционной системы. Регулятор температуры поддерживает необходимую температуру масла путем смещения охлажденного масла на выходе аппаратов воздушного охлаждения и масла со входа в аппараты. При температуре 45°C регулятор начинает поддерживать температуру масла постоянной.

От регулятора температуры масло подается с помощью вентиля к одному из фильтров 48. Перепад давления на фильтрах определяется с помощью вентиля 49, 50. При увеличении перепада до 0,2 МПа с помощью вентиля работающий фильтр отключается от системы на регенерацию, а к системе подключается резервный фильтр.

Охлажденное и очищенное масло поступает в коллектор смазки нагнетателя. Регулирование давления в коллекторе в пределах $0,5 \pm 0,1$ МПа производится редукционными клапанами 25, 26 за счет частичного перепуска масла в бак 1. Предохранительный кла-



Р и с. 12. Масляная система нагревателя

пан 38 установлен на линии подачи масла в агрегаты воздушного охлаждения и отрегулирован на давление 0,6 МПа.

Из коллектора масло направляется на смазку подшипников, к торсионному валу и на вход главного насоса уплотнения Н4 18.

Стравливание избыточного давления из полостей подшипников нагнетателя и торсионного вала осуществляется с помощью трубопроводов суфлирования, на которых установлены сапуны, защищающие систему от загрязнений. Масло, прошедшее через подшипники и стекающее с зацеплений торсионного вала, возвращается в бак 1. Для контроля уровня масла в баке и выдачи команд на пополнение бака маслом предназначен поплавковый сигнализатор уровня 5. Пополнение маслобака производится по линии 4 стационарными насосами КС. Слив масла из бака осуществляется при постоянно открытом вентиле 8 через станционную электроподвижную задвижку по команде из системы пожаротушения, или оператором вручную. Вентиль 7 предназначен для отбора проб масла с целью определения его свойств и соответствия требованиям ГОСТ.

Предпусковой разогрев масла в баке производится трубчатыми нагревателями 3 при включенном пусковом насосе-смазки Н1, осуществляющем циркуляцию масла через вентиль на выходе насоса по схеме «бак—насос—бак».

Очистка масла в баке от механических примесей при его несоответствии требованиям ГОСТ и в момент пополнения производится агрегатом тонкой очистки масла АТОМ центробежного типа.

Гидропривод 24 предназначен для открытия жалюзи блока вентиляции на период аварийного обесточивания КС. При этом атмосферный воздух засасывается через маслоохладители 40, 42, 45 и жалюзи блока вентиляции двигателя НК-16 СТ, чем обеспечивается охлаждение масла в системе в период аварийной ситуации.

В систему уплотнений масло подается главным насосом уплотнений Н4 18 из системы смазки нагнетателя или пусковым насосом уплотнений Н3 22 из бака 1, и через один из фильтров 21 поступает к гидроаккумуляторам 32 и 34. Гидроаккумуляторы предназначены для подачи масла в уплотнения нагнетателя при аварийных остановках турбоагрегата.

Клапаны 33 и 35 служат для выпуска воздуха (газа) при заполнении гидроаккумуляторов маслом и для сообщения с газовой полостью нагнетателя при вытеснении масла в режиме аварийного маслоснабжения уплотнений. Для стабилизации температурного режима часть масла из гидроаккумуляторов через дроссель постоянно прокачивается на слив в маслоотводчик 16.

Кроме гидроаккумуляторов масло поступает в уплотнения нагнетателя и на регуляторы перепада давления 28 и 30. Регуляторы перепада давления поддерживают постоянное превышение давления масла над газом на всех режимах работы нагнетателя за счет

изменения слива части масла в систему смазки, работающую с меньшим давлением. На линиях масла и газа перед каждым регулятором установлены задвижки и вентили для настройки, отключения и снятия в ремонт одного из них.

В уплотнениях нагнетателя масло разделяется на два потока: большая часть под действием перепада давлений между маслом и атмосферой проходит по зазору между уплотнительными кольцами и ротором в сторону свободного слива, где смешивается с маслом, отводимым от подшипников и сливается в бак;

наибольшее количество масла под действием перепада давлений между маслом и газом (перепад масло—газ) проходит по зазору между уплотнительными кольцами и ротором в сторону газовой полости нагнетателя, смешивается в камере «масло—газ» с газом и под давлением направляется в маслоотводчики 12 и 16.

Сливные линии камер «масло—газ», соединены между собой маслопроводом с задвижкой 13, открытие которой предусматривает возможность слива масла из уплотнений через любой из маслоотводчиков. В маслоотводчике масло частично освобождается от газа и без давления поступает в дегазатор 14, где происходит окончательное отделение газа. Газ из дегазатора сбрасывается в атмосферу по трубопроводу суфлирования, а масло сливается через смотровое окно 15 в бак. Слив масла из камер «масло—газ» в периоды пуска и останова турбоагрегата, когда отсутствует давление в газовой полости нагнетателя, производится через маслоотводчики 12, 16 и клапаны 11 и 17.

Пусковые насосы Н1 9 и Н3 22 предназначены для создания давления в системе смазки и уплотнений нагнетателя во время пуска и останова турбоагрегата, а также при подготовке системы к запуску. Отключение пусковых насосов производится по достижении рабочих параметров главными насосами Н2 и Н4 по оборотам двигателя НК-16СТ.

Масляная система оснащена контрольно-измерительными и сигнализирующими приборами, а также имеет защитные блокировки, позволяющие отключить агрегат при нарушении режима работы системы. Для обеспечения максимального удобства в обслуживании масляные фильтры установлены в блоке маслоагрегатов и могут заменяться на работающем газоперекачивающем агрегате (ГПА). Аппараты воздушного охлаждения с регулятором температуры, электромагнитными и обратными клапанами установлены в блоках маслоохладителей. Остальные агрегаты размещены в отсеке нагнетателя.

ОСНОВНЫЕ АГРЕГАТЫ МАСЛЯНОЙ СИСТЕМЫ

Бак нагнетателя. Бак предназначен для содержания объема масла, необходимого для нормальной работы систем смазки и уплотнений нагнетателя. За счет этого объема осуществляется заполнение маслом агрегатов систем нагнетателя, их нормальная работа, а также возмещение безвозвратных потерь масла в системах. В баке производится предварительный прогрев масла с помощью трубчатых электронагревателей до 288...303 К (15...30°C) и очистка его от механических примесей.

Бак нагнетателя (рис. 13) представляет собой сварную конструкцию прямоугольной формы, выполненную из листовой стали, емкостью 4,3 м³ (рабочая емкость 3,5 м³). Он установлен на раме блока турбоагрегата в отсеке нагнетателя. Внутренний объем бака разделен перегородками 1, 2, 3 на отсеки Б₁, В₁, Г₁, Д₁ сообщающиеся между собой.

Отработанное масло сливается в отсек Б₁, проходит через отсеки 4 и пакеты наклонных перегородок 5, где происходит пеногашение, и через отсеки В₁ и Г₁ поступает в отсек Д₁. В отсеке Д₁ расположены заборные клапаны 6, 7 пусковых насосов смазки и уплотнений нагнетателя. В отсеке Г₁ находится заборный фильтр 8 главного насоса смазки нагнетателя. Заполнение (пополнение) и слив масла осуществляется через штуцер Ж₁ и И₁. При переполнении бака слив масла из него производится через штуцер Е₁.

Для подогрева масла на крышке бака установлены два электроподогревателя 10 суммарной мощностью 20 кВт.

Днище 11 выполнено наклонным с понижением в сторону сливного штуцера И₁. Внутренние полости бака с целью удобства обслуживания имеют лючки, которые закрываются крышками 12, 13, 14.

Для контроля уровня масла в баке на крышке 9 размещен поплавковый сигнализатор уровня 15, работающий в автоматическом режиме и позволяющий одновременно осуществлять визуальный контроль.

Аккумулятор масла. Аккумулятор масла (рис. 14) служит для подачи масла в уплотнения нагнетателя при аварийном останове агрегата. Аккумулятор представляет собой сварную конструкцию, состоящую из цилиндрического корпуса 1 и двух сферических днищ 3 и 4. Снизу к корпусу 1 приварены две опоры 5, с помощью которых аккумулятор устанавливается на корпусе нагнетателя. К переднему днищу приварен фланец, в котором установлен входной штуцер А. Сверху на аккумуляторе расположены штуцер Б с обратным клапаном 6 для входа и выхода газа (воздуха), а также штуцер В для сообщения внутренней полости с указателем уровня 7. В нижней части аккумулятора имеется штуцер Д

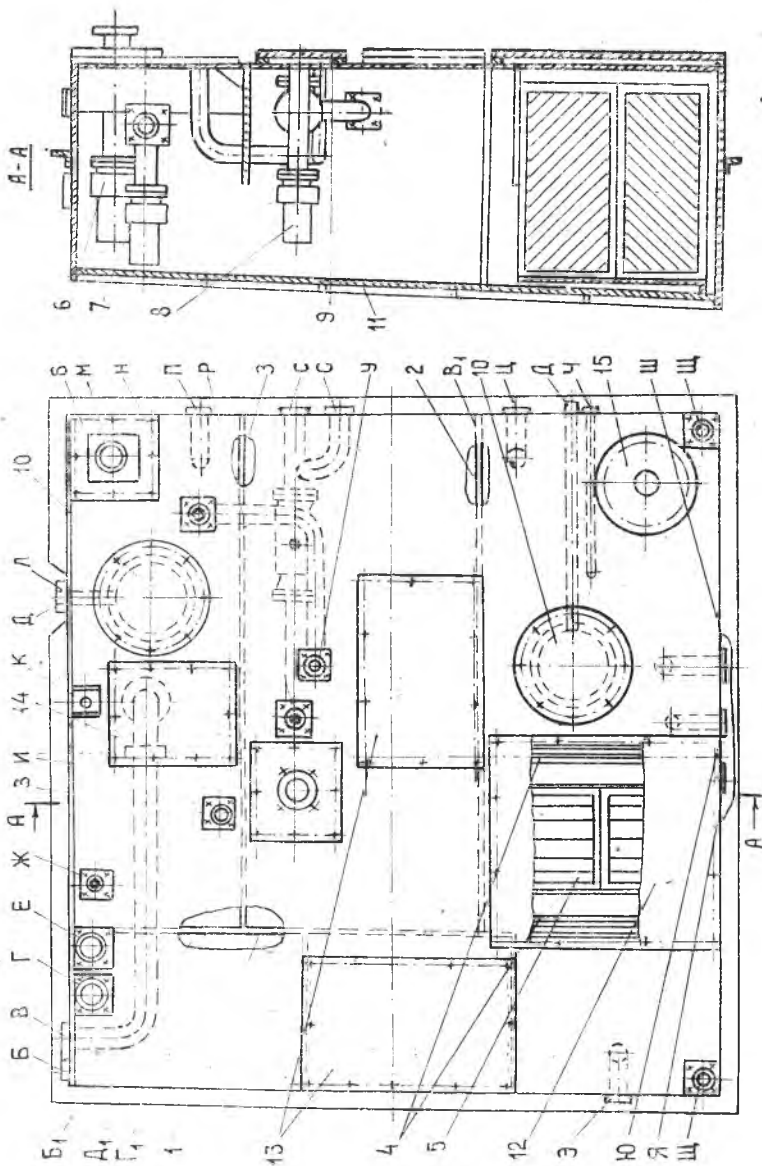


Рис. 13. Бак нагревателя

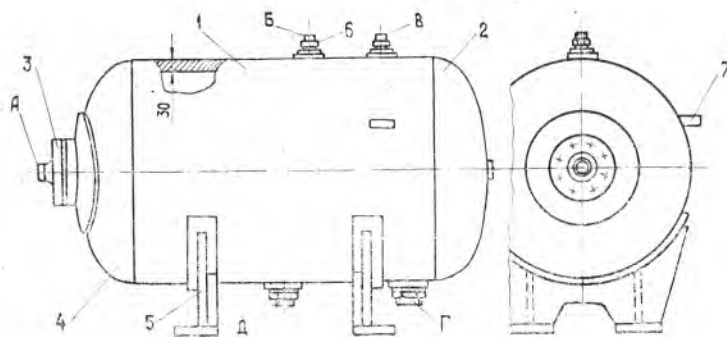


Рис. 14. Аккумулятор масла

для соединения с трубопроводом подачи масла в уплотнения нагнетателя и штуцер Г для соединения с трубопроводом слива масла и с указателем уровня.

Обратный клапан 6 предназначен для выпуска воздуха при заполнении аккумуляторов маслом и для сообщения с газовой полостью нагнетателя при аварийном маслоснабжении уплотнений.

Емкость аккумулятора $0,54 \text{ м}^3$ (рабочая емкость — $0,50 \text{ м}^3$).

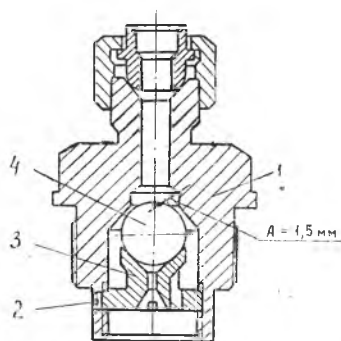


Рис. 15. Клапан шариковый

ное отверстие. Его положение в корпусе может фиксироваться с помощью винта 2. Для нормальной работы клапана нужно обеспечить необходимый зазор А между конической поверхностью седла корпуса и шариком.

Клапан работает следующим образом: при заполнении гидроаккумулятора маслом вытесняемый газ будет выходить через клапан. Движение потока газа приводит к возникновению сил давле-

ния, действующих на шарик. Канал, образованный конической поверхностью корпуса клапана и сферической поверхностью шарика, представляет собой сужающуюся щель, в которой скорость потока значительно возрастает, а давление снижается.

На шарик со стороны конической поверхности втулки благодаря осевому отверстию действует давление потока, скорость которого равна нулю. В результате разниц давлений, действующих на шарик, появляется результирующая сила, направленная вверх. До тех пор пока через клапан движется газ, результирующая сила оказывается меньше силы веса шарика, и клапан остается открытым.

Как только аккумулятор оказывается заполненным и через клапан начинает двигаться масло, имеющее гораздо большую плотность, перепад давления на клапане резко увеличивается. Величина результирующей силы, действующей на шарик, становится больше силы тяжести шарика. Клапан закрывается. Под действующим перепадом давления масла и газа клапан остается в закрытом положении. Клапан откроется как только давление газа за аккумулятором и масла в аккумуляторе начнет выравниваться. Шарик под действием силы тяжести опустится на коническую поверхность втулки, открывая доступ газа во внутреннюю полость аккумулятора.

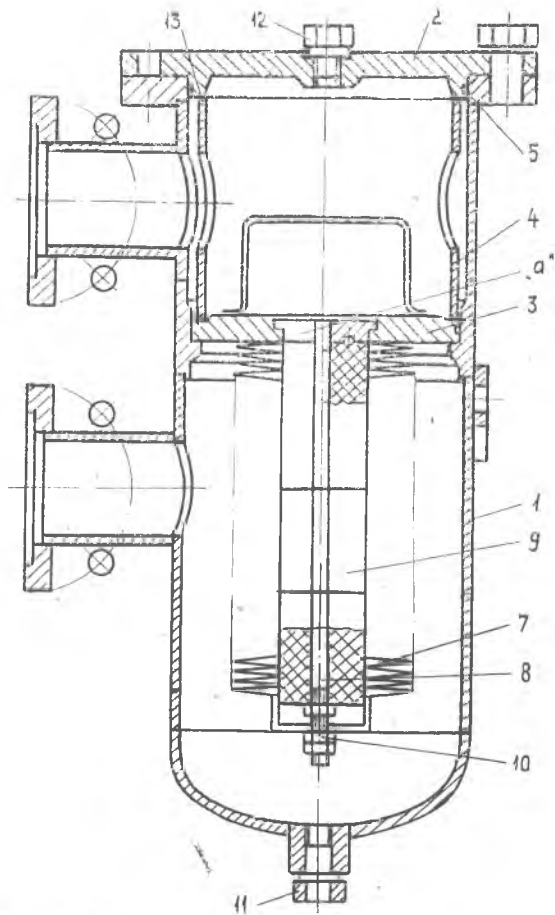
Фильтры высокого и низкого давлений. Фильтры высокого и низкого давлений (рис. 16) по конструкции и принципу действия аналогичны и состоят из корпуса 1, крышки 2, фильтропакета 3, распорного 4 и уплотнительных 5, 6 колец. Фильтры отличаются только фильтроэлементами. Чистота фильтрации в фильтрах низкого давления 40 мкм, а в фильтрах высокого давления — 20 мкм.

Фильтропакет 3 состоит из 45 фильтроэлементов 7, собранных на стержнях 8, 9 и стянутых гайками 10. Фильтроэлементы состоят из фильтрующих и опорных сеток, завальцованных по наружному и внутреннему диаметру в обечайку так, что имеют форму конусных дисков.

С целью фиксации фильтропакета 3 в корпусе 1, между ним и крышкой 2 установлено распорное кольцо 4. Герметичность между фильтропакетом и корпусом, а также между корпусом и крышкой достигается постановкой уплотнительных колец 6 и 5.

Отработавшее масло поступает через входной штуцер Б в корпус 1, проходит фильтроэлементы 7 и по внутренней полости стержня 9 попадает в верхнюю часть фильтра, откуда через выходной штуцер В подается в гидросистему.

Трубная обвязка фильтров предусматривает установку средств контроля за степенью загрязненности фильтроэлементов, а также запорной арматуры, обеспечивающей возможность быстрого от-



Р и с. 16. Фильтр высокого (низкого) давления

ключения фильтров от гидросистемы с целью замены фильтроэлементов. Извлечение фильтропакета из корпуса производится вручную, для чего на опорном фланце предусмотрена ручка 13. Пробки 11 и 12 предназначены для слива осадка и сообщения с атмосферой при снятии крышки 2 и заполнении фильтра маслом.

Редукционные клапаны. Редукционные клапаны КР1, КР2, КР3 системы смазки нагнетателя настраиваются на следующие предельные значения давлений: КР1 — 0,16 ... 0,20 МПа КР2 — 0,30...0,40 МПа. КР3 — 0,60 МПа.

Клапан КР1 обеспечивает ограничение давления в коллекторе смазки; клапан КР2 предохраняет систему смазки от перегрузки при одновременном включении пускового и главного насосов смазки; клапан КР3 ограничивает предельное значение давления пускового и главного насосов смазки.

Конструктивно эти клапаны выполнены одинаково (рис. 17). Клапан состоит из литого чугунного корпуса 2, в верхней части которого установлен винт регулировочный 1. Герметизация регулировочного винта 1 и корпуса 2 осуществляется с помощью уплотнительного кольца 8 и нажимного фланца 9, который крепится к корпусу двумя шпильками.

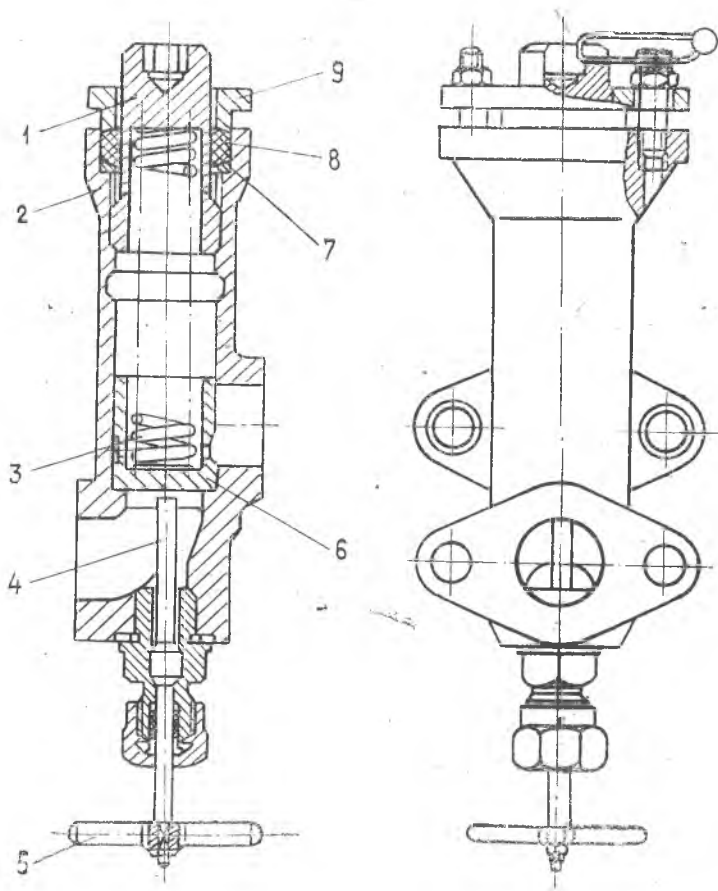


Рис. 17. Клапан редукционный

Внутри корпуса 2 смонтированы клапан 6 и редукционная пружина 3. Усилие прижатия клапана 6 к седлу регулируется путем ввинчивания или вывинчивания винта 1. Для свободного продольного перемещения клапана 6 в нем выполнено диаметрально сверление, сообщающее внутреннюю полость клапана со сливом.

Клапан регулировочным винтом настраивается так, что при превышении давления в системе смазки предельных значений, силы давления, действующие на клапан 6, становятся больше усилия редукционной пружины. Под действием разницы сил клапан открывается и перепускает часть масла на слив, поддерживая тем самым в системе смазки необходимое давление. Если усилие упругой пружины больше сил давления, то клапан возвращается в исходное положение, а слив масла прекращается.

Клапан может работать как ventиль при принудительном отжатии клапана 6 шпинделем 4, что достигается вращением маховика 5.

Клапан предохранительный. Клапан предохранительный (рис. 18) предназначен для ограничения величины давления за главным и пусковым насосами уплотнения. Величина настройки клапанов соответственно составляет для ГПА-Ц-16/76—8,5 МПа и 6,0 МПа; для ГПА-Ц-16/100—10,0 МПа и 8,0 МПа.

Клапан предохранительный состоит из стального корпуса 8, внутри которого установлены седло клапана 6 с клапаном 5. Сила прижатия клапана 5 к седлу 6 обеспечивается редукционной пружиной 9, регулирование которой осуществляется винтом 2. Обратный клапан 7 служит затвором, предотвращающим стекание масла из системы в сливную магистраль и предохраняющим насосы от обратного вращения давлением масла в моменты пуска и останова агрегата. Клапан 7 прижимается к осевому седлу 10 пружиной 11 с небольшим усилием, необходимым для ориентирования его по посадочному месту.

При работе насосов масло, отжимая обратный клапан 7, движется от входного штуцера к выходному. Как только давление масла превысит величину настройки, силы давления, действующие на клапан 5, оказываются больше усилия редукционной пружины 9. В результате разницы сил клапан 5 отрывается от седла 6 и осуществляет перепуск части масла через диаметрально отверстия направляющей втулки 12 и штуцер слива.

Слив масла будет осуществляться до тех пор, пока давление масла не понизится до величины настройки. Тогда усилием редукционной пружины 9 клапан 5 опять возвратится на седло 6.

Маслоотводчик (рис. 19) предназначен для дренирования масла высокого давления, поступающего в газовую полость уплотнения нагнетателя, и для возвращения этого масла в бак. Маслоотводчик представляет собой сварной сосуд, состоящий из корпуса 5,

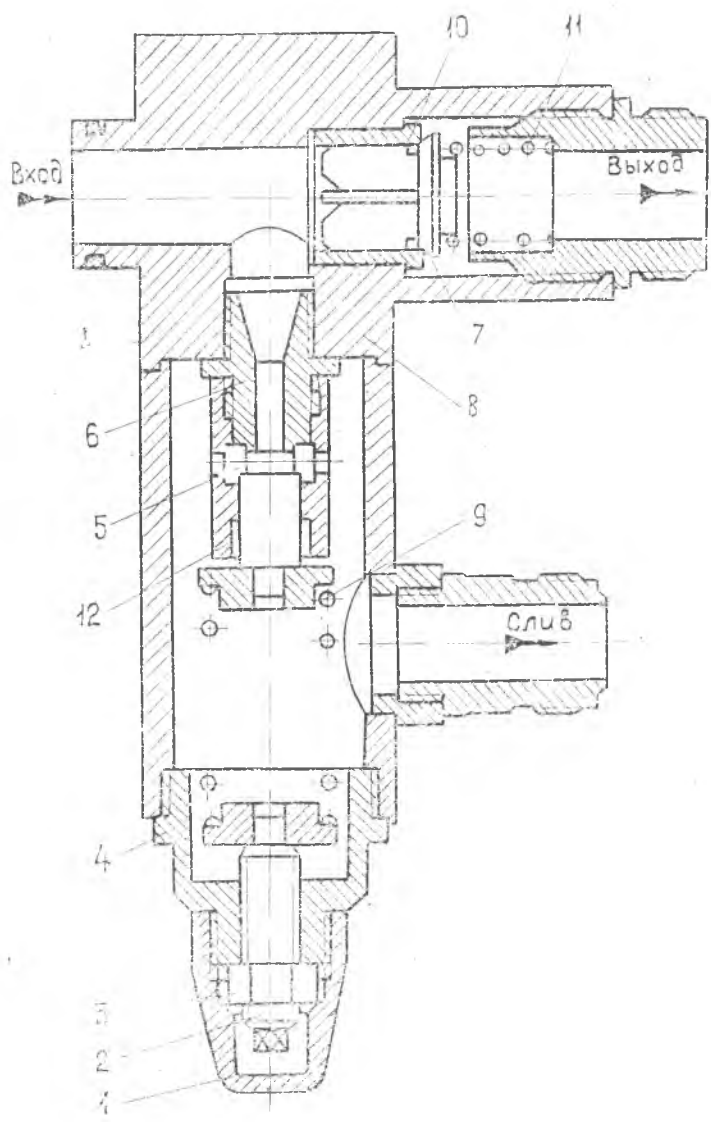
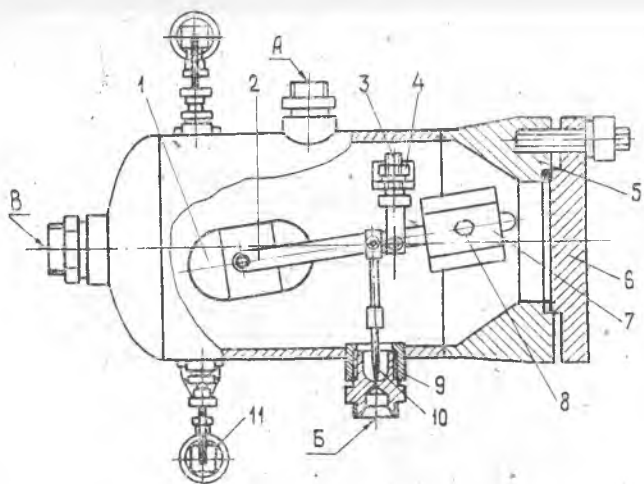


Рис. 18. Клапан предохранительный



Р и с. 19. Маслоотводчик

закрытого крышкой 6. Внутри корпуса установлено поплавковое устройство с золотником 10.

В зависимости от уровня масла в маслоотводчике поплавок 1 перемещается вверх или вниз, поднимая или опуская при помощи рычага 2 золотник 10, который открывает или закрывает сливное отверстие в штуцере 9. На противоположном конце рычага 2 крепится груз-противовес 7.

Масло из уплотнений нагнетателя подводится к маслоотводчику через штуцер В. Через штуцер А маслоотводчик соединен с газоприемным патрубком нагнетателя.

При отсутствии масла в маслоотводчике золотник 10 перекрывает сливное отверстие в штуцере. Если в таком положении в маслоотводчике появится газ под давлением, то выход его в атмосферу оказывается невозможен, так как сливное отверстие закрыто. Наполнение маслоотводчика маслом сопровождается всплытием поплавка. Золотник начинает открывать сливное отверстие в штуцере. С этого момента в маслоотводчике поддерживается определенный уровень масла, и давление в нем и уплотнениях выравнивается. Величина площади поперечного сечения сливного отверстия устанавливается в зависимости от количества масла в корпусе маслоотводчика.

Визуальное наблюдение за работой маслоотводчика осуществляется по указателю уровня 11, выполненному по типу водомерного стекла.

Дегазатор масла (рис. 2) предназначен для удаления газа, поступающего из системы уплотнений нагнетателя масла.

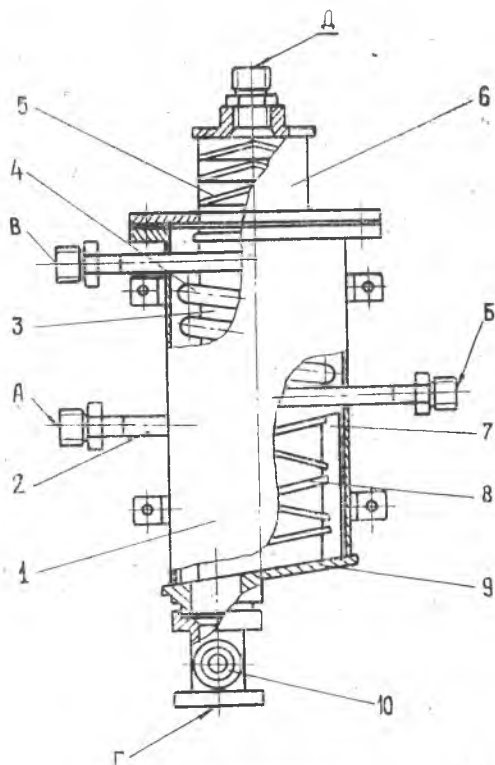


Рис. 20. Дегазатор

Масло из маслоотводчика подается через штуцер А и трубопровод 2 в стакан 3 дегазатора. При наполнении стакана масло переливается через его верхний край и стекает на змеевик 4. Через штуцер Б в змеевик 3 подается горячий воздух. Нагреваясь, масло частично освобождается от газа и тонкой пленкой стекает по наклонным лоткам 8 испарителя 7, где происходит окончательное отделение газа.

Дегазированное масло скапливается в нижней части корпуса 1, откуда поступает в бак нагнетателя. Корпус дегазатора имеет наклонное днище 9, на котором смонтировано смотровое окно 10 со сливным штуцером Г.

Газ, выделяющийся на всем пути движения масла, через каплеуловители 5 и штуцер Д отсасывается эжектором. Каплеуловители

представляют собой последовательно установленные конусы, выполненные из перфорированного листа.

Регулятор перепада давления РПД-2М. Регулятор перепада давления «масло—газ» (рис. 21) предназначен для поддержания избыточного давления масла, идущего на наддув уплотнения нагнетателя, в пределах 0,16...0,2 МПа (1,6...2,0 кг/см²).

Конструктивно регулятор выполнен в виде агрегата с корпусом 1 и штуцерами подвода А и слива Б масла из системы уплотнения. В корпусе регулятора устанавливается гильза 2, имеющая продольные окна В для прохода сливаемого масла. Внутри гильзы размещается двухкромочный пустотелый золотник с рабочими поясками 3. Золотник внутренней резьбой ввернут на шпильку 4 и зафиксирован гайкой 5. Герметизация полости регулятора со стороны гайки осуществляется колпачком 6. Шпилька 4 ввернута в центральную часть подвижного элемента 7 регулятора, которым осуществляется крепление упругой мембраны 8 по внутреннему диаметру. По наружному диаметру мембрана зацеплена двумя кольцевыми элементами 9. На подвижный элемент опирается пружина 10 регулятора, усилие затяжки которой определяется положением опорной шайбы 11 на регулировочном винте 12. Пружинная полость регулятора, образованная днищем и цилиндрическим стаканом, с помощью фланцевого соединения и переходника 13 крепится к корпусу регулятора.

Регулятор работает следующим образом. Масло из системы уплотнения по штуцеру А подводится во внутреннюю полость корпуса 1 и к подвижному элементу 7. С противоположной стороны на подвижный элемент действует сила давления газа, подводимого в пружинную полость регулятора, и сила пружины 10. Поэтому, если сила давления масла не превышает суммарного усилия от давления газа и пружины, золотник рабочими поясками 3 перекрывает слив масла из магистрали системы уплотнения. Давление в системе увеличивается за счет подачи масла работающим насосом.

При увеличении разности давления масла и газа до 0,16...0,2 МПа золотник открывает слив масла из системы, ограничивая дальнейшее увеличение давления масла. Для улучшения динамики работы регулятора в выходной магистрали Б установлен дроссель, выполненный в виде винта, цилиндрической частью перекрывающего часть площади проходного сечения сливной магистрали.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислить основные узлы нагнетателя.
2. Назначение корпуса нагнетателя и характеристика его конструктивных элементов.

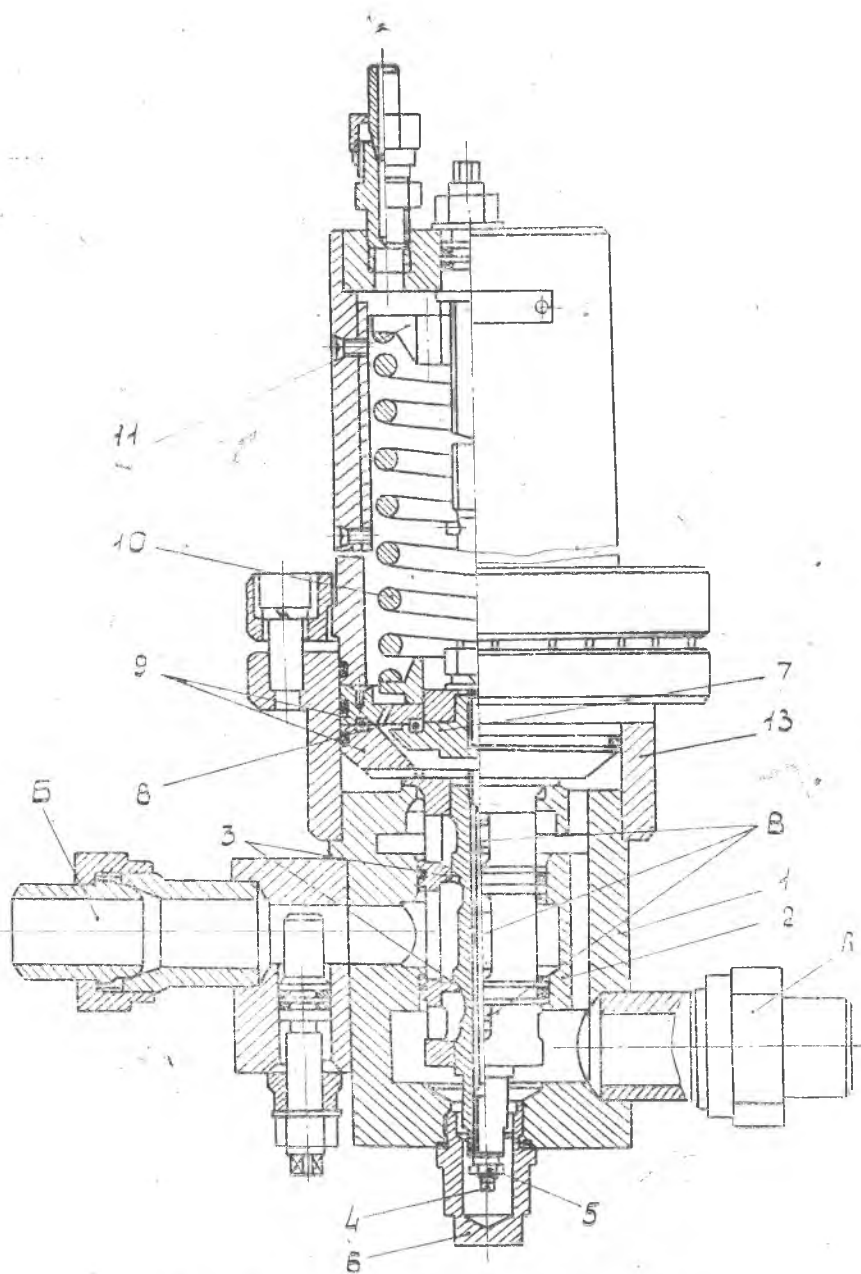


Рис. 21. Регулятор перепада давления РПД-2М

3. Усилия, действующие на ротор нагнетателя и характеристика его конструктивных элементов.
4. Работа уплотнения ротора нагнетателя и характеристика его конструктивных элементов.
5. Назначение подшипников и их конструктивные особенности.
6. Принцип работы трехвинтового насоса.
7. Назначение масляной системы нагнетателя, характеристика рабочих параметров.
8. Назначение системы уплотнений, характеристика рабочих параметров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Башта Т. М. Машиностроительная гидравлика. М. Машиностроение, 1963. 696 с.
- Кулагин И. И. Теория газотурбинных реактивных двигателей. М.: Оборонгиз, 1953. 378 с.
- Рис В. С. Центробежные компрессорные машины. М.: Mashгиз, 1964. 335 с.
- Скубачевский Г. С. Авиационные газотурбинные двигатели. Конструкция и расчет деталей. М.: Оборонгиз, 1955. 542 с.
- Соломахова Т. С., Чебышева К. В. Центробежные вентиляторы. Справочник. М.: Машиностроение, 1980. 175 с.
- Черкасский В. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры. М.: Энергоатомиздат, 1984. 416 с.
- Агрегат газоперекачивающий ГПА-Ц-16. Техническое описание /Сумский филиал специального конструкторского бюро по созданию воздушных и газовых турбохолодильных машин. Сумы, 1982. 68 с.
- Справочник по ГПА-Ц-16 /Сумское ордена Ленина машиностроительное производственное объединение имени М. В. Фрунзе. Сумы, 1984.

КОНСТРУКЦИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАГНЕТАТЕЛЯ ГАЗА НЦ-16

Составители: Каршин Дмитрий Валентинович,
Санчугов Валерий Иванович,
Канунников Игорь Петрович

Редактор Е. Д. Антонова
Техн. редактор Г. А. Усачева
Корректор Т. И. Щелокова

Сдано в набор 4.11.92 г. Подписано в печать 8.02.93 г.
Формат 60×84 1/16. Гарнитура литературная.
Бумага оберточная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 2.1. Усл. кр.-отт. 2.2 Уч.-изд. л. 2,3.
Тираж 300 экз. Заказ 306. Бесплатно. Арт. С 25/92.

Самарский государственный аэрокосмический
университет имени академика С. П. Королева.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Тип. ИПО Самарского государственного аэрокосмического
университета. 443001 Самара, ул. Ульяновская, 18.