

**САМАРСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
имени академика  
С.П. КОРОЛЕВА**

*И. П. Канунников  
С. Д. Стенгач  
Б. А. Углов*

**ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИЙ  
АГРЕГАТ ГПА-Ц-16**

**САМАРА  
2000**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА

*И. П. Канунников С. Д. Стенгач Б. А. Углов*

# ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИЙ АГРЕГАТ ГПА-Ц-16

*Учебное пособие*

САМАРА 2000

УДК 621.65/68

**Газоперекачивающий агрегат ГПА-Ц-16: Учеб. пособие /**  
**И. П. Канунников, С. Д. Степач, Б. А. Углов;**  
Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2000. 64 с.  
ISBN 5-7883-0027-4

Содержит сведения о конструктивной схеме, назначении и характеристиках отдельных узлов и систем газоперекачивающего агрегата ГПА-Ц-16. Изложены теоретические основы работы, описана конструкция устройств подвода и отвода циклового воздуха с шумоглушением, турбоблока, блоков маслоохладителей, вентиляции, маслоагрегатов, автоматики, фильтров топливного газа, а также основных систем, обеспечивающих работу агрегата.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 13.03 при изучении ими курса "Конструкция энергетических установок с авиационным приводом" и может быть использовано для переподготовки в региональных учебных центрах РАО "Газпром" специалистов по эксплуатации энергетических установок с авиаприводом на компрессорных газоперекачивающих станциях, а также может использоваться при изучении конструкции агрегата ГПА-Ц-16 техническим персоналом компрессорных станций. Подготовлено на кафедре ЭЛАНД.

Табл. 1. Ил. 26. Библиогр.: 4 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С. П. Королёва.

Рецензенты: В. И. Салютин, В. А. Кабанов, А. В. Монахов

ISBN 5-7883-0027-4

И. П. Канунников,  
С. Д. Степач,  
Б. А. Углов, 2000  
© Самарский  
аэрокосмический  
университет, 2000

## ВВЕДЕНИЕ

Увеличение объемов добычи и транспортировки газа, а также необходимость транспортировки газа из труднодоступных мест по системам большой протяженности потребовали строительства в сжатые сроки большого числа компрессорных станций в различных климатических зонах. В связи с этим в нашей стране в 70-х годах были созданы и успешно эксплуатируются газоперекачивающие агрегаты ГПА-Ц-6,3 и ГПА-Ц-16 с приводом авиационного типа. Блочно-контейнерная конструкция этих агрегатов обеспечивает поставку блоков в полной заводской готовности и минимальные строительно-монтажные работы на компрессорной станции; небольшие габариты и относительно малая масса позволяют осуществлять транспортировку агрегатов на место монтажа любым видом транспорта, в том числе и воздушным.

Создание новых типов газоперекачивающих агрегатов с авиационным приводом, к которым относится и ГПА-Ц-16, выдвинуло важную задачу подготовки специалистов по эксплуатации и обслуживанию этих агрегатов.

В учебном пособии рассмотрены сведения, относящиеся к устройству непосредственно самого агрегата ГПА-Ц-16 и его систем. Вопросы, связанные с устройством и работой центробежного нагнетателя газа НЦ-16, приводного газотурбинного двигателя НК-16СТ и их систем, автоматизированной системой управления ГПА, изложены в отдельных учебных пособиях, которые в совокупности с настоящим учебным пособием и пособием по изучению технической эксплуатации агрегатов ГПА-Ц-16 следует рассматривать как единое комплексное учебное пособие по изучению устройства, работы и технической эксплуатации агрегата.

Настоящий учебно-методический материал не предназначен для детального изучения конструкции ГПА, его систем и агрега-

тов, поэтому в необходимых случаях следует руководствоваться технической документацией организации-поставщика.

Иллюстративный материал, используемый в данном пособии, составлен на основе рисунков и схем, приведенных в техническом описании ГПА. При этом большая часть рисунков видоизменена — убраны второстепенные детали, упрощен контур, схематизирована конструкция. Основная цель, которая при этом преследовалась, — показать устройство и принцип работы агрегата, системы и т. п.

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА ГПА-Ц-16

Газоперекачивающий агрегат ГПА-Ц-16 на базе авиационного привода НК-16СТ в блочно-контейнерном исполнении предназначен для перекачки природного газа по магистральным газопроводам и спроектирован на рабочее давление нагнетателя 7,5 и 9,9 МПа (соответственно модификации ГПА-Ц-16/76 и ГПА-Ц-16/100). Рабочее давление на выходе из нагнетателя определяется лишь конструкцией закладных элементов проточной части нагнетателя (рабочие колеса, диффузоры, кольца), для которых предусмотрена замена в конструкции агрегата; таким образом, агрегат ГПА-Ц-16 полностью унифицирован и представляет собой конструкцию, состоящую из окончательно собранных функциональных блоков и систем, поставляемых на компрессорные станции в полной заводской готовности.

### *Основные технические данные агрегата ГПА-Ц-16*

1. Номинальная мощность на муфте агрегата в стационарных условиях, тыс. кВт..... не менее 16
2. Номинальный эффективный КПД на муфте агрегата в стационарных условиях, %..... не менее 27,5
3. Производительность нагнетателя, приведенная к температуре газа 298К и давлению 0,101 МПа,  
млн. м<sup>3</sup>/сутки.....32,68  
м<sup>3</sup>/с.....378,25
4. Давление газа на входе в нагнетатель, номинальное,  
МПа (кгс/см<sup>2</sup>).....5,17 (52,7)
5. Давление газа на выходе из нагнетателя, номинальное,  
МПа (кгс/см<sup>2</sup>).....7,45 (75,9)
6. Степень повышения давления в нагнетателе.....1,37...1,44
7. Частота вращения роторов нагнетателя и свободной гурбаны, с<sup>-1</sup> (мин<sup>-1</sup>):

номинальная.....	88,3 (5300)
минимальная.....	62,5 (3750)
максимальная.....	92,75 (5565)
8. Время запуска агрегата без учета предпусковой подготовки, с .....	не более 900
9. Габаритные размеры агрегата с учетом площадок обслуживания, м:	
длина .....	19,77
ширина .....	13,5
высота.....	10,65
10. Масса агрегата с фундаментной рамой с учетом одиночного комплекта ЗИП, т .....	не более 170
11. Масса наиболее тяжелой транспортной единицы, т .....	не более 60

Конструкция блочного комплектного автоматизированного агрегата ГПА-Ц-16 предусматривает осуществление стабильной работы агрегата на компрессорной станции при перепадах температуры окружающей среды от 218К (-55°С) до 318К (+45°С) (климатическое исполнение "ХЛ" категории размещения 1 по ГОСТ 15150-69).

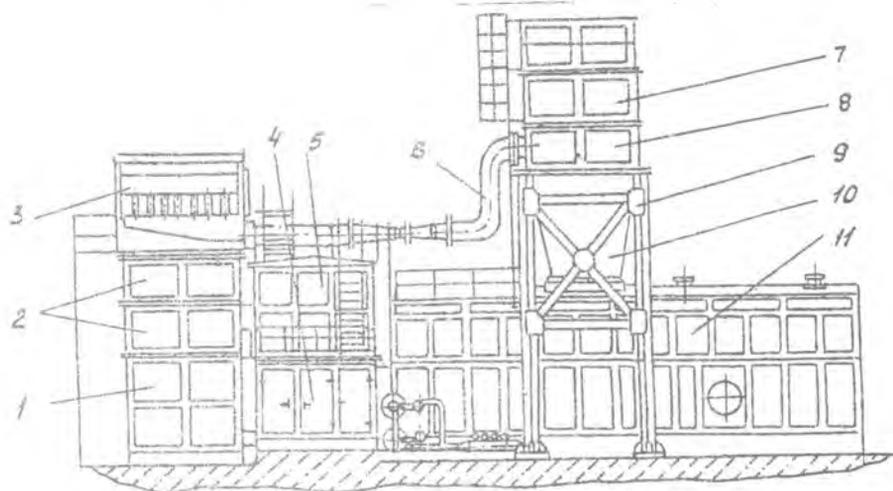
Конструктивно агрегат представляет собой установку, все оборудование которой размещено в отдельных транспортбельных блоках (рис. 1.1). На месте эксплуатации осуществляется монтаж агрегата на монолитном железобетонном фундаменте.

Агрегат включает в себя блоки турбосагрегата, маслоагрегатов, автоматики, контрольно-измерительных приборов (КИП) и вентиляционных устройств, а также устройства подвода циклового воздуха с воздухоочистительным устройством (ВОУ), системами шумоглушения и антиобледенения и выхлопное устройство с шумоглушением.

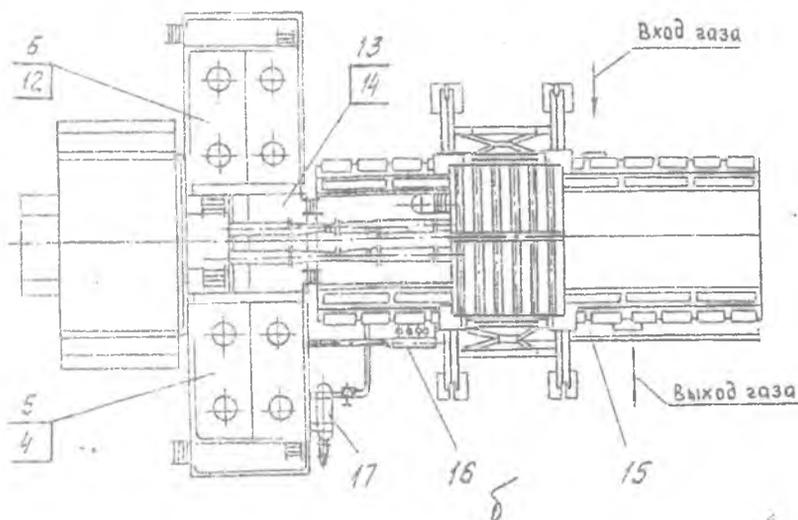
Турбоблок 11 является базовой сборочной единицей агрегата, в его контейнере на металлической раме размещены нагнетатель, приводной двигатель, маслобак агрегата с трубопроводной системой, гидроаккумулятор, выхлопная улитка, различные системы обеспечения нормальной работы агрегата.

Перекачиваемый газ по газопроводу через входной патрубок "А" поступает в центробежный нагнетатель, где происходит дожатие и подача его через выходной патрубок "Б" в магистральный газопровод.

В качестве привода нагнетателя используется газотурбинный двигатель НК-16СТ авиационного типа, для запуска и питания



а



Р и с 1.1. Газоперекачивающий агрегат ГПА-Ц-16:

а — вид сбоку; б — вид сверху;

1 — камера всасывания; 2 — шумоглушитель на входе; 3 — устройство воздухоочистительное; 4 — блок маслоагрегатов; 5 — блок маслоохладителей; 6 — трубопровод системы подогрева циклового воздуха; 7 — шумоглушитель на выходе; 8 — проставка; 9 — спора выхлопной шахты; 10 — диффузор; 11 — турбоблок; 12 — блок автоматики; 13 — блок вентиляции; 14 — блок промежуточный; 15 — коллектор дренажа; 16 — коллектор системы обогрева; 17 — блок фильтров топливного газа

которого используется очищенный и отредуцированный газ (ГОСТ 21199-75). Для очистки топливного газа от механических примесей на агрегате имеется блок фильтров топливного газа 17.

Механическая связь между свободной турбиной двигателя и ротором нагнетателя осуществляется через промежуточный вал (муфту). Двигательный отсек и отсек нагнетателя турбоблока разделены герметичной перегородкой.

Подвод циклового воздуха для приводного двигателя осуществляется через входные устройства, включающие в себя воздухоочистительное устройство 3, шумоглушители 2, камеру всасывания 1, блок промежуточный с конфузورным воздухозаборником 14. Воздухозаборник обеспечивает равномерность поступающего в двигатель потока воздуха.

Для отвода выхлопных газов, выходящих из свободной турбины двигателя, и снижения их шума служит выхлопное устройство, состоящее из выхлопной улитки, диффузора 10, проставки 8 и шумоглушителей 7. Диффузор и шумоглушители установлены над турбоблоком на отдельной опоре 9.

С целью обеспечения удобства обслуживания агрегата основные узлы маслосистемы размещены в отдельном блоке маслоагрегатов 4, а приборы и щиты системы автоматического управления агрегатом — в блоке автоматики 12.

Отсек двигателя вентилируется за счет отбора воздуха из всасывающего тракта центробежным вентилятором, установленным в блоке вентиляции 13. Система вентиляции исключает попадание пыли в отсек двигателя. Блок вентиляции обеспечивает также охлаждение масла в случае аварийного отключения внешнего электропитания вентиляторов за счет отбора части воздуха от компрессора двигателя и пропускания его через маслоохладители.

Охлаждение масла в маслосистемах двигателя и нагнетателя осуществляется аппаратами воздушного охлаждения, установленными в двух блоках маслоохладителей 5.

Блок вентиляции и блоки маслоохладителей размещаются соответственно на блоках промежуточном, маслоагрегатов и автоматики. Такая компоновка блоков позволила максимально сократить площадь, занимаемую агрегатом на газоперекачивающей станции.

Стыковка всех блоков осуществляется через гибкие переходники, позволяющие компенсировать неточности установки при монтаже агрегата.

Для обеспечения защиты воздухозаборного устройства двигателя от обледенения на агрегате предусмотрена система подогрева циклового воздуха 6. Система включается в работу автоматически посредством датчиков температуры окружающей среды и работает на принципе отбора с помощью эжекторов части горячих выхлопных газов и подачи их на вход в двигатель. Эжектирующий воздух подводится от компрессора низкого давления в количестве 2 кг/с. Система обогрева блоков и отсеков агрегата позволяет проводить пусконаладочные и ремонтные работы в холодное время года, она также обеспечивает отбор горячего воздуха от работающего агрегата для нужд станции. Воздух на систему обогрева отбирается от компрессора высокого давления двигателя в количестве 2 кг/с; подключение системы обогрева к стационарной системе производится через общий для всего агрегата коллектор 16.

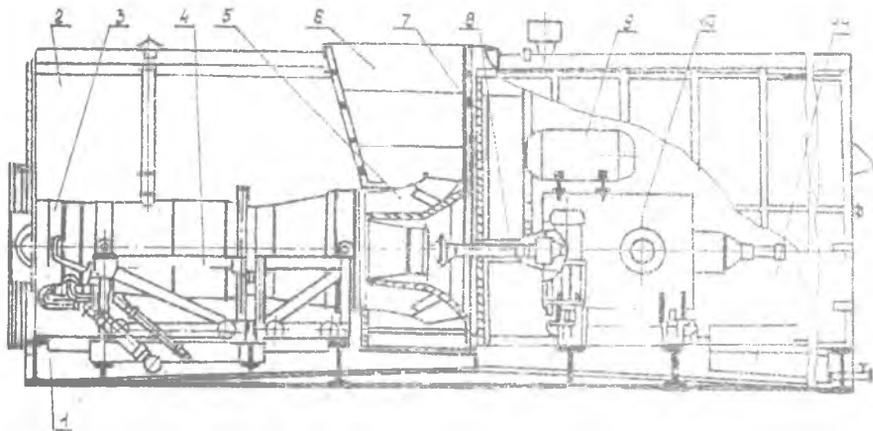
Система автоматизированного пожаротушения и автоматизированная система управления агрегата обеспечивают его работу на всех режимах без постоянного присутствия обслуживающего персонала возле агрегата, а также функционирование в составе комплексной системы автоматизации на компрессорной станции.

Для обеспечения стабильной работы приборов в отсеке автоматики предусмотрено кондиционирование воздуха.

## **2. ПРИНЦИП РАБОТЫ, УСТРОЙСТВО И КОНСТРУКЦИЯ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ АГРЕГАТА**

### **2.1. ТУРБОБЛОК**

Турбоблок (рис. 2.1) включает в себя следующие основные сборочные единицы: раму 1, контейнер 2, приводной двигатель 3, установленный на подmotorной раме 4, выхлопную улитку 5, переходник 6, нагнетатель 10, муфту 8, передающую крутящий момент от свободной турбины двигателя НК-16СТ к нагнетателю. Кроме того, в турбоблоке размещены отдельные сборочные единицы масляной системы, системы обогрева, автоматического пожаротушения, подогрева циклового воздуха и автоматического управления агрегата.



Р и с. 2.1. Турбоблок:

1 — рама турбоблока; 2 — контейнер турбоблока; 3 — двигатель; 4 — рама подмоторная; 5 — улитка; 6 — переходник; 7 — герметичная перегородка; 8 — муфта; 9 — гидроаккумулятор; 10 — нагнетатель; 11 — маслоблок

Рама 1 предназначена для закрепления на ней основных сборочных единиц турбоблока. Она представляет собой сварную металлоконструкцию коробчатого сечения; силовой каркас рамы выполнен из широкополочного двугавра. На каркасе рамы размещены опоры для крепления нагнетателя, пластины для установки опор улитки, направляющие для выкатки двигателя и нагнетателя, пластины для крепления рамы подмоторной. Снизу проемы рамы закрыты поддонами двигателя и нагнетателя. В раме размещены трубопроводы вспомогательных систем.

Контейнер турбоблока является помещением для размещения основных сборочных единиц и систем агрегата, обеспечивает определенный микроклимат для их эксплуатации и необходимые условия труда для обслуживающего персонала в период проведения ремонтных работ.

Контейнер при помощи герметичной перегородки 7 разделен на два изолированных друг от друга помещения, выполненных по различным нормам пожаро- и взрывоопасности: отсек двигателя (класс П-1) и отсек нагнетателя (класс В-1а). С боковых сторон отсеков двигателя и нагнетателя к стенкам и герметичной перегородке крепятся съемные отсеки контейнера. Съемность отсеков диктуется необходимостью соблюдать транспортные габариты. Отсеки представляют собой сварные каркасы из профиль-

ного проката с закрепленными на них щитами (панелями). В отсеках расположены двери, в которых имеются смотровые окна для осмотра агрегата при его работе.

Щиты (панели) контейнера являются теплозвукоизолирующими элементами агрегата. Они представляют собой сварную конструкцию, детали которой соединены между собой точечной сваркой. Внутренняя полость щитов заполнена теплозвукоизолирующими магами. Щиты выполнены нескольких типоразмеров, взаимозаменяемы в пределах своих размеров и унифицированы для всех блоков агрегата. Верхний ряд щитов крепится к каркасам отсеков сварным соединением, а нижний — при помощи специальных прижимов. Уплотнение при креплении щитов к каркасам отсеков и стенок производится за счет пористых резиновых прокладок в конструкции самого щита.

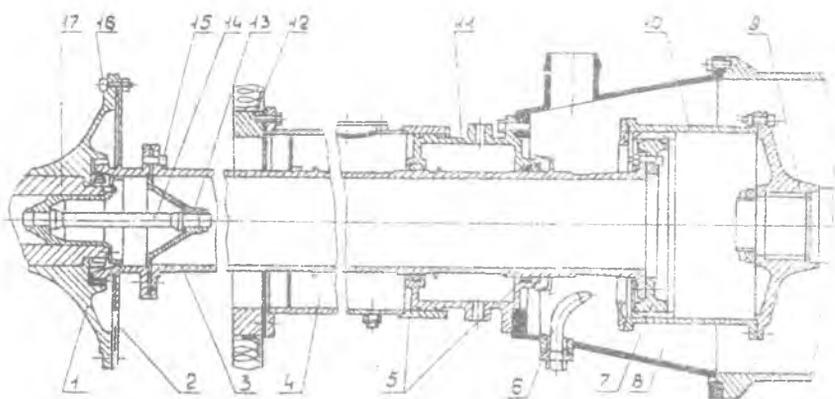
Крыша контейнера турбоблока состоит из двух частей: крыши отсека двигателя и крыши отсека нагнетателя. На крышах установлены дефлекторы, суфлеры маслосистемы, закреплены светильники, выполнена разводка трубопроводов системы пожаротушения.

Для проведения ремонтно-регламентных работ в отсеке нагнетателя установлен ручной передвижной кран грузоподъемностью 5 т и ручная таль грузоподъемностью 1 т.

На торцевой стенке отсека двигателя имеется переходник б, за счет которого компенсируются неточности установки турбоблока и блока промежуточного и обеспечивается герметичность в зоне стыков. Вентиляция отсека двигателя осуществляется центробежными вентиляторами, установленными в блоке вентиляции. Вентиляция отсека нагнетателя осуществляется вентилятором, установленным на верхней части торцевой стенки, через самооткрывающиеся створки жалюзийного типа.

Улитка предназначена для плавного торможения и поворота на 90° потока выхлопных газов приводного двигателя с последующим выбросом их через выхлопные устройства в атмосферу. Переходник является составной частью выхлопного устройства агрегата (подробнее см. разд. 2.8).

Муфта (рис. 2.2) предназначена для передачи крутящего момента от свободной турбины приводного двигателя ротору нагнетателя и состоит из четырех основных частей: упругой муфты со стороны ротора свободной турбины, промежуточного вала, зубчатой муфты со стороны ротора нагнетателя и кожуха муфты.



Р и с. 2.2. Муфта:  
 1, 9 — полумуфта; 2 — щека; 3 — промежуточный вал; 4 — кожух; 5 — втулка;  
 6 — форсунка; 7 — венец зубчатый; 8 — кожух; 10 — обойма зубчатая;  
 11 — переходник; 12 — стенка герметичная; 13 — фланец; 14 — валик; 15, 16 — болт  
 призонный; 17 — втулка

Упругая муфта состоит из полумуфты 1, установленной на роторе свободной турбины, щеки полумуфты 2, выполненной в виде гибкого диска со ступицей, а также фланца 13, валика 14, втулки 17, предназначенных для разгрузки гибкого диска от осевых усилий.

Зубчатая муфта состоит из полумуфты 9, установленной на вал нагнетателя с зубчатой обоймой 10, и зубчатого венца 7 бочкообразной формы, закрепленного на промежуточном валу призонными болтами. Зубчатая муфта допускает продольное (осевое) и угловое смещение соединяемых валов привода и нагнетателя.

Составной кожух состоит из кожуха 4, переходника 11 и кожуха 8; с одной стороны он закреплен к герметичной стенке 12, а с другой — к корпусу нагнетателя. С помощью форсунки 6 обеспечивается проточная смазка зубьев зубчатой муфты. Слив масла осуществляется через подшипниковую камеру. Лабиринтные уплотнения 5 исключают попадание масла в высокотемпературную зону улитки.

## 2.2. УСТРОЙСТВО ПОДВОДА ЦИКЛОВОГО ВОЗДУХА

### 2.2.1. Назначение и состав системы подвода циклового воздуха

Система подвода циклового воздуха к приводному двигателю НК-16СТ агрегата ГПА-Ц-16 имеет многоцелевое назначение. Она должна обеспечивать:

- эффективную очистку циклового воздуха от пыли;
- защиту в соответствии с существующими санитарными нормами окружающей среды от шума, излучаемого двигателем;
- подогрев циклового воздуха для предохранения самой системы и двигателя от обледенения;
- подвод циклового воздуха с параметрами, обеспечивающими устойчивую работу компрессоров двигателя;
- периодическую промывку двигателя моющим раствором.

При этом должна обеспечиваться пропускная способность системы, соответствующая расходу воздуха через приводной двигатель. Суммарное дополнительное гидравлическое сопротивление устройств подвода циклового воздуха до воздухозаборника компрессора по требованиям ГОСТ 21199-82 не должно превышать 981 Па.

Эффективность очистки циклового воздуха от пыли должна быть в соответствии с требованиями нормативных документов. Во входной системе должно иметься байпасное устройство, открывающееся в случае выхода из строя воздухоочистительных элементов (превышение гидравлического сопротивления выше допустимого уровня) и обеспечивающее поступление воздуха непосредственно на вход двигателя.

Воздухозаборная система должна быть автоматизирована и заблокирована с системой автоматики основного оборудования газоперекачивающего агрегата; в случае повышения гидравлического сопротивления воздухозаборной системы сигнал должен поступать в систему автоматики основного оборудования.

Система подвода циклового воздуха должна надежно работать при следующих характеристиках окружающей среды (на высоте воздухозабора 8 м):

1. Среднегодовая запыленность,  $\text{мг}/\text{м}^3$  ..... 3,0
2. Запыленность при пыльных бурях,  $\text{мг}/\text{м}^3$  ..... не более 20
3. Кратковременные (не более 100 часов в год)  
максимумы по запыленности,  $\text{мг}/\text{м}^3$  ..... не более 150

4. Средняя температура, К (°С):	
самой холодной пятидневки . . . . .	218 (-55)
самой теплой пятидневки . . . . .	318 (+45)
5. Относительная влажность, % . . . . .	100

В соответствии со своим функциональным назначением система подвода циклового воздуха ГПА-Ц-16 объединяет в себе следующий комплекс устройств (см. рис. 1.1): ВОУ 3; шумоглушители 2; всасывающую камеру 1; промежуточную камеру 14 с расположенным в ней конфузورным воздухозаборником; систему подогрева циклового воздуха на входе в ВОУ.

ВОУ предназначено для очистки от пыли и других механических включений циклового воздуха, поступающего из атмосферы в компрессор приводного газотурбинного двигателя. Воздухоочистительное устройство агрегата ГПА-Ц-16 удовлетворяет вышеприведенным техническим требованиям. Блок ВОУ создан из расчета на максимальный расход воздуха 101,5 кг/с (3000000 м<sup>3</sup>/ч). Гидравлическое сопротивление ВОУ составляет не более 687 Па, давление разрежения в ВОУ, при котором срабатывает байпасные клапаны, составляет 785 Па.

Воздухоочистительное устройство агрегата рассчитано на совместную работу с системой подогрева циклового воздуха, работающей при возникновении условий обледенения (при температурах от 263 К (-10°С) до 279 К (+5°С) и влажности более 50%) по принципу подмешивания горячих выхлопных газов к всасываемому атмосферному воздуху на входе в ВОУ (подробнее см. разд. 3.2).

Блок шумоглушения, состоящий из двух шумоглушителей пластинчатого типа, предназначен для снижения уровня звукового давления до величины 80 дБ на частоте 1 кГц, принятого по санитарным нормам СН-1004-74, и в комплексе с остальной звукоизоляцией агрегата ГПА-Ц-16 обеспечивает нормальные условия для работы эксплуатационного персонала компрессорных станций (подробно вопросы звукоизоляции и шумоглушения на ГПА-Ц-16 рассмотрены в разд. 2.9).

Очищенный в ВОУ воздух, пройдя через блок шумоглушителей, поступает в камеру всасывания и затем через воздухозаборное устройство, состоящее из лемнискаты и конфузора и установленное в промежуточной блоке, подается на вход в двигатель.

Размеры и форма воздухозаборного устройства должны обеспечить одно из главных требований нормальной работы двигате-

ля — равномерность потока на входе в компрессор при минимальных потерях величины полного давления. Окружная и радиальная неравномерности полей давления и температур на входе в компрессор двигателя (отношение минимальных значений полных давлений и полных температур к их максимальным значениям) не должны превышать величины 0,99.

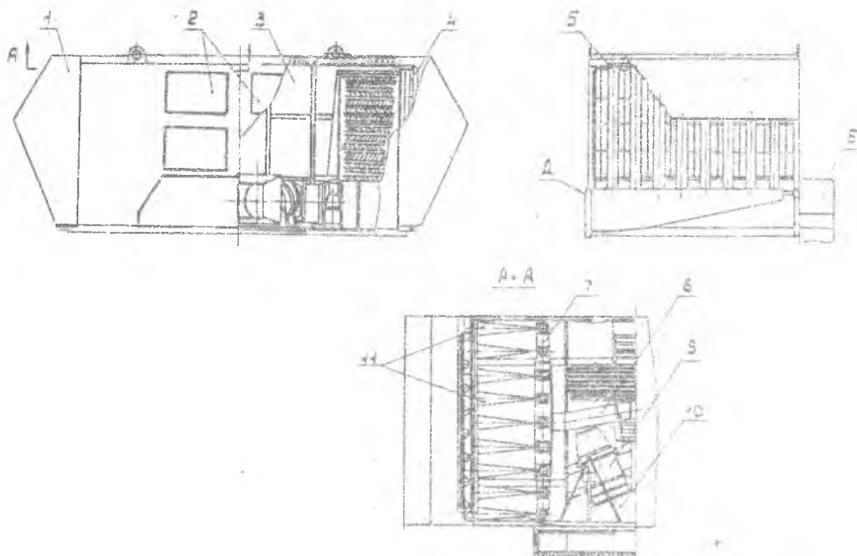
Устройство системы подвода циклового воздуха в виде отдельных компактных блоков позволяет осуществлять перевозку ее железнодорожным и специальным автотранспортом, а также монтаж с помощью подъемно-транспортных средств на компрессорных станциях. К тому же устройство позволяет осуществлять выкатку под шахтой газогенератора приводного двигателя в сборе.

### 2.2.2. Воздухоочистительное устройство

Воздухоочистительное устройство (рис. 2.3) состоит из камеры 3, погодных колпаков 1, байпасных клапанов 2, решеток 4 и 5 для подогрева циклового воздуха, воздухоочистительных элементов (инерционных пылеуловителей) 11, короба отсоса пыли 7, двух вентиляторов отсоса пыли 9, патрубков 8 и 10, шумоглушителя 6.

Камера представляет собой сварную конструкцию прямоугольного сечения, каркас которой выполнен из профильного проката, а стенки из листовой стали. Камера имеет двухскатную крышу, облицованную звукопоглощающим и теплоизоляционным материалом. На раме камеры установлены вентиляторы и короба отсоса пыли. Пол камеры выполнен в виде настила из круглых прутков, который обеспечивает минимальное сопротивление цикловому воздуху и доступ для обслуживания установленного оборудования.

На ГПА-Ц-16 применена одноступенчатая очистка циклового воздуха с помощью жалюзийных инерционных пылеуловителей, в которых очистка от частиц пыли происходит под действием инерционных сил. Инерционные пылеуловители обладают рядом преимуществ перед другими устройствами воздухоочистки. Инерционные жалюзийные пылеуловители имеют минимальное гидравлическое сопротивление, ограниченные габариты, большую производительность и одинаково эффективно очищают цикло-



Р и с. 2.3. Устройство воздухоочистительное:

1 — колпак погодный; 2 — клапан байпасный; 3 — камера ВОУ; 4, 5 — решетка; 6 — шумоглушитель; 7 — короб отсоса пыли; 8, 10 — патрубок (короб); 9 — вентилятор; 11 — элемент воздухоочистительный

вой воздух при любой имеющей место в практике эксплуатации газоперекачивающих агрегатов запыленности.

Инерционно-жалюзийные воздухоочистительные элементы в ВОУ ГПА-Ц-16 представляют из себя сужающиеся камеры, образованные вертикальными сходящимися листами с соответствующими прорезями (рис. 2.4). Входное окно в воздухоочистительный элемент имеет прямоугольную форму. С помощью специальных фланцев посредством сварного соединения воздухоочистительные элементы подсоединяются входными окнами к соответствующим окнам в стенках камеры ВОУ. Нижние части каждой из двух секций элементов объединены коробами отсоса пыли, заканчивающимися патрубками, между которыми установлен вентилятор.

Схема работы воздухоочистительного элемента ВОУ приведена на рис. 2.5.

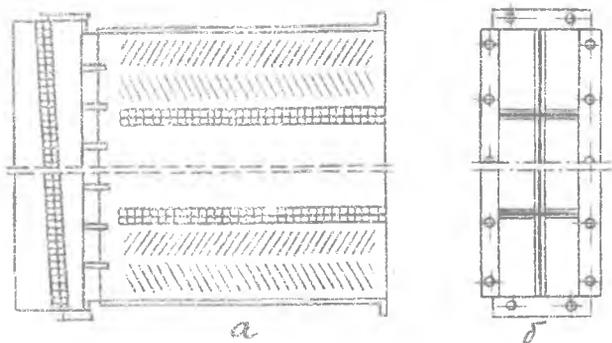


Рис. 2.4. Воздухоочистительный элемент инерционного пылеуловителя в сборе:

а — основной вид, б — вид сбоку

Запыленный атмосферный воздух поступает в воздухоочистительные элементы через прямоугольные окна в стенках камеры ВОУ (см. рис. 2.3). За счет резкого поворота в воздухоочистительных элементах происходит сепарационное разделение воздушного потока. Запыленный воздух, обладающий большей инертностью, чем чистый, через шумоглушитель б отсасывается двумя вентиляторами 9 и через патрубки 8 и 10 и шумоглушитель б выбрасывается в атмосферу. Поток очищенного воздуха, изменив направление в вертикальных листах воздухоочистительных элементов, поступает через блок шумоглушителей в осевой компрессор двигателя.

С наружной стороны камеры ВОУ установлены решетки 4 и 5, предназначенные для подвода горячих выхлопных газов к воздухоочистительным элементам. Решетки представляют собой прямоугольные короба переменного сечения, выпол-

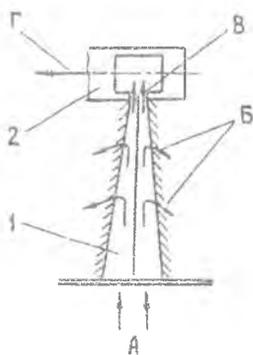


Рис. 2.5. Схема работы инерционного фильтрующего элемента ВОУ: 1 — сужающая камера; 2 — патрубок отсоса запыленного воздуха; А — воздух атмосферный; Б — воздух очищенный; В — воздух запыленный; Г — воздух к вентилятору отсоса пыли

ненные из листовой стали, на которых установлены трубы с отверстиями для выхода горячего воздуха. Решетки 5 подсоединяются фланцами "Д" к системе подогрева циклового воздуха агрегата.

Байпасные клапаны, размещенные на задней стенке ВОУ, представляют собой два сварных металлических щита прямоугольной формы, установленных на осях и соединенных между собой системой рычагов. Открываются клапаны автоматически при достижении давления разрежения в камере ВОУ 785 Па. При этом ВОУ исключается из системы подготовки циклового воздуха для двигателя. При уменьшении разрежения до 491 Па клапаны закрываются. С наружной стороны на окнах байпасных клапанов установлены металлические сетки.

### 2.2.3. Всасывающая камера

Всасывающая камера служит для направления очищенного в ВОУ атмосферного воздуха к осевому компрессору двигателя.

Всасывающая камера представляет собой каркасно-панельную конструкцию и состоит из двух составных частей: камеры с внутренними и наружными воротами, а также рамы с полом и рельсами для выкатки конфузора и турбоагрегата.

Силовой каркас камеры сварен из швеллеров. В проемы между продольными и поперечными стойками вставлены цельносварные теплоизолирующие шумоглушающие панели и приварены к ним внахлестку. Панели обшиты с наружной стороны листовой сталью, с внутренней — перфорированными стальными листами; заполнены теплоизоляционными звукопоглощающими матами из супертонкого базальтового волокна.

Наружные двустворчатые ворота выполнены в центральном проеме передней стенки. Внутренние ворота — одностворчатые, смонтированы на противоположной (задней) стенке камеры. Ворота подобно панелям имеют наружную облицовку из стального листа и облицовку с внутренней стороны звукопоглощающими матами из супертонкого базальтового волокна с перфорированной облицовкой из стального листа. Ворота герметизируются по контуру с помощью резиновых прокладок. В одной из створок передних ворот смонтирован иллюминатор для наблюдения за всасывающим трактом двигателя во время его работы. Для обеспечения эффективного наблюдения через смотровые окна за со-

стоянием всасывающего тракта устанавливается внутри или снаружи подветка. На внутренние ворота установлены лемниската и два аварийных клапана. Клапаны управляются гидроцилиндрами. При отсутствии электропитания в блоке вентиляции эти клапаны открываются обеспечивая аварийную работу блоков маслоохладителей (подробнее см. разд. 2.3).

При открытии внутренних ворот (демонтаж двигателя) лемниската остается закрепленной на двери (без нарушения герметизации) и отходит вместе с ней к боковой стенке камеры.

На нижней кромке внутренних ворот для разгрузки петель предусмотрен подпружиненный ролик.

Вверху по наружному контуру камеры приварены кронштейны для крепления блока шумоглушителей всасывающего тракта.

Рама представляет собой цельносварную конструкцию прямоугольной формы. На нее при монтаже устанавливается камера, соединение рамы и камеры производится с помощью сварки. К раме также приварен пол из рифленой стали и установлены рельсы для выкатки двигателя и конфузора. Положение рельс регулируется как по высоте, так и по ширине. На раме имеются узлы крепления всасывающей камеры к фундаменту.

#### 2.2.4. Промежуточный блок

Промежуточный блок (рис. 2.6) предназначен для формирования равномерного потока воздуха непосредственно перед входным направляющим аппаратом осевого компрессора приводного двигателя.

Блок состоит из каркаса 17, а также конфузорного воздухоподвода 2 с цилиндрической проставкой 5, установленных на подвижной раме 20 с помощью стоек 3 и 4.

Каркас блока представляет собой жесткую сварную металлоконструкцию из профильного проката. К полу каркаса закреплены две балки (рельсы) 12, по которым осуществляется перемещение рамы 20 с конфузуром и проставкой, а также двигателя.

Рельсы изготовлены из двутавра и закреплены на полу с помощью прижимов (струбцин) 13.

Рельсы регулируются по высоте и ширине с целью совмещения их при монтаже с рельсами камеры всасывания и турбоблока. Регулировка осуществляется с помощью прокладок 14.

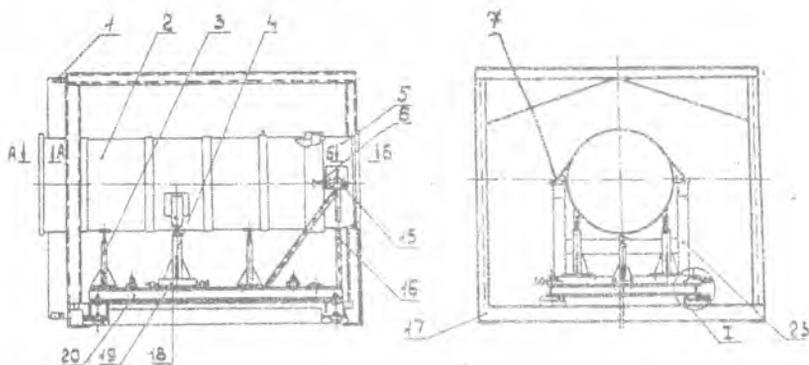
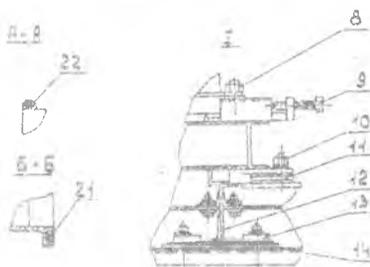


Рис. 2.6. Блок промежуточный:  
 1 — переходник; 2 — конфузор; 3, 4 — стойка;  
 5 — проставка; 6, 9, 16 — болт регулировочный; 7, 8, 18 — гайка; 10 — болт; 11, 14, 15 — прокладка; 12 — балка; 13 — прижим;  
 17 — каркас; 19, 23 — опора; 20 — рама; 21, 22 — кольцо



Со стороны камеры всасывания к каркасу приварен гибкий переходник *I*, с помощью которого осуществляется стыковка промежуточного блока с камерой всасывания.

Конфузор круглого сечения выполнен из листовой нержавеющей стали. По конфузору атмосферный воздух подводится к осевому компрессору двигателя. Так как выравнивающее действие канала на поток пропорционально степени конфузорности, то для удовлетворения технических требований по равномерности потока на входе в двигатель степень конфузорности коллектора выбрана максимально возможной и составляет 6,3.

Конфузорный воздуховод стыкуется с лемнискатой, установленной на внутренних воротах камеры всасывания, и с проставкой. По функциональному назначению проставка является продолжением конфузорного воздуховода и введена для облегчения стыковки патрубка с лемнискатой и диффузором двигателя. Телескопическое соединение проставок с конфузором обеспечивает свободное перемещение проставки вдоль оси. Места стыковки конфузора с лемнискатой и проставки с входным устройством двигателя уплотняются кольцами *22* и *21*.

Рама представляет собой сварную конструкцию, выполненную из горячекатаного швеллера. На раме закреплены четыре стойки 3 и 4, на которых устанавливается конфузор и опоры проставки. Конструкция опор конфузора обеспечивает регулировку его положения относительно лемянискаты в горизонтальном и вертикальном направлениях до  $\pm 50$  мм.

Перемещение рамы по рельсам осуществляется с помощью четырех колес, установленных на специальных кронштейнах, позволяющих поднимать или опускать раму на колесах.

### 2.3. БЛОК МАСЛООХЛАДИТЕЛЕЙ

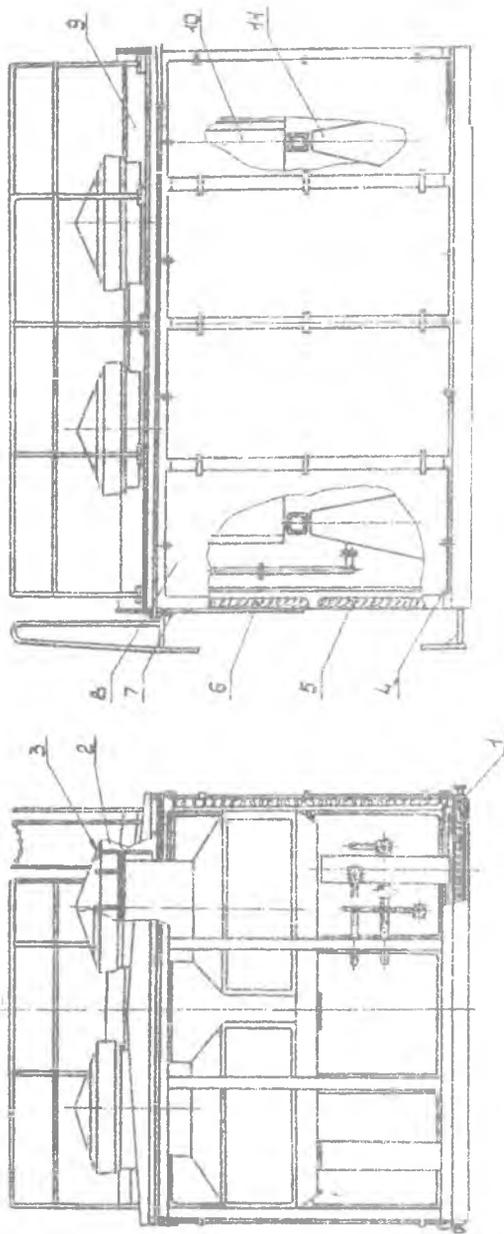
Блок маслоохладителей предназначен для охлаждения масла, циркулирующего в системах смазки и уплотнения агрегата.

На агрегате ППА-Ц-16 установлено два блока маслоохладителей: один — для охлаждения масла, циркулирующего в системе смазки двигателя НК-16СТ, другой — в системе смазки и уплотнения нагнетателя. Блоки маслоохладителей размещаются соответственно сверху над блоками автоматики и маслоагрегатов (см. рис. 1.1).

Каждый из блоков маслоохладителей (рис. 2.7) состоит из поддона 1, на котором на опорах установлены маслоохладители (по два в каждом блоке). По периметру поддона приварен контейнер блока маслоохладителей, состоящий из каркаса 4 со щитами 8 и жалюзи 5, а также крыши 9. В каждом блоке в штуцерах крыши установлены по четыре осевых вентилятора типа 06-300.

Подвод и отвод масла в блок маслоохладителей осуществляется через штуцера в поддоне блока маслоохладителей нагнетателя. В поддоне блока маслоохладителей двигателя имеется только штуцер для аварийного слива масла из блока.

В качестве маслоохладителей для агрегата применены аппараты воздушного охлаждения типа АВМ-Г-9-6-БЗ-В/8-8-3 (ОСТ 26-02-2018-77). В этих аппаратах в трубных решетках при помощи развальцовки крепятся охлаждающие трубки. В охлаждающих трубках (рис. 2.8) с целью интенсификации теплообмена со стороны масла установлены турбулизаторы. Наружное оребрение выполнено методом прокатки ребер на алюминиевой трубе, которая предварительно напрессовывается на стальную трубу (рис. 2.8, а), либо навивкой и приваркой нержавеющей ленты к



Р и с. 2.7. Блок маслоохлаждателей.

1 — поддон; 2 — отражение; 3 — чехол; 4 — катушка; 5 — жалюзи; 6 — маг теплозвукоизолирующий; 7 — прижим; 8 — шпиль; 9 — крышка; 10 — маслоохлаждатель; 11 — опора

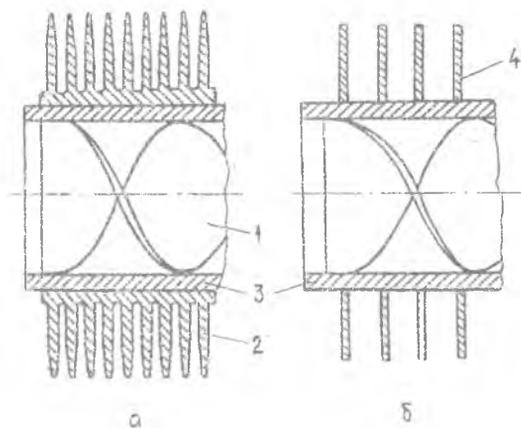


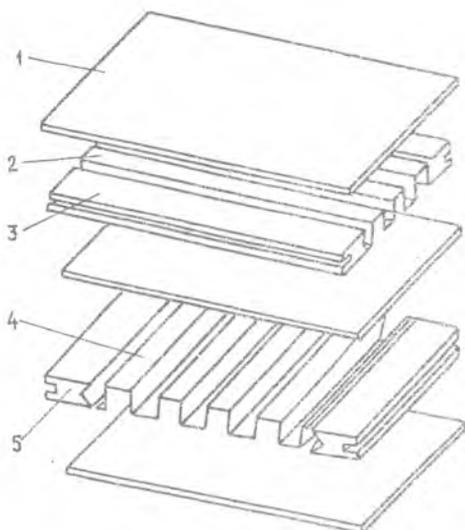
Рис. 2.8. Охлаждающая трубка аппарата АВМ:  
 1 — турбулизатор; 2 — оребренная алюминиевая трубка; 3 — стальная труба; 4 — стальная лента

стальной трубе (рис. 2.8,б). Количество труб в аппарате — 188. Поверхность охлаждения одного аппарата АВМ-440 м<sup>2</sup>.

При работе блока маслоохладителей атмосферный воздух засасывается вентиляторами и продувается через аппараты АВМ, отбирает тепло с поверхности оребрения труб и, попадая вовнутрь контейнера, через жалюзи выбрасывается в атмосферу. Открытие жалюзей происходит за счет наличия избыточного давления в объеме контейнера блока маслоохладителей, создаваемого вентилятором.

Поддержание требуемой температуры масла происходит автоматически при помощи регуляторов температуры за счет включения или выключения соответствующего вентилятора.

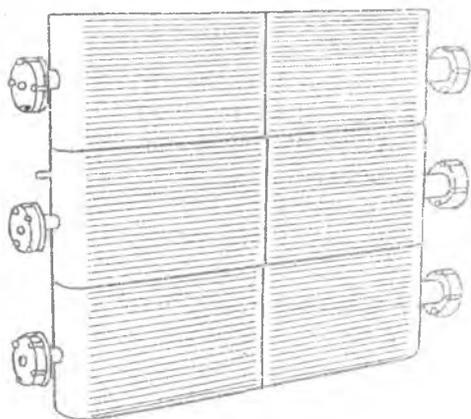
Опыт эксплуатации аппаратов АВМ на газоперекачивающих агрегатах ГПА-Ц-16 и ГПА-Ц-6,3 выявил их недостаточно высокую надежность — на аппаратах АВМ часто происходит течь масла из-за ослабления крепления охлаждающей трубки в решетке по причине вибрации труб от работающих вентиляторов. К тому же аппараты АВМ весьма металлоемки, недостаточно технологичны в изготовлении. В связи с вышеотмеченным Сумским филиалом СКБ ТХМ разработана конструкция и технология изготовления алюминиевых пластинчато-ребристых теплообменников (ПРТ), более простых, чем АВМ по конструкции, компактных и надежных в работе.



Р и с. 2.9. Схема сборки деталей ПРТ: 1 — проставочный лист; 2, 3 — насадка и уплотняющий брусок канала горячего теплоносителя; 4, 5 — насадка и уплотняющий брусок канала холодного теплоносителя

Теплообменный элемент ПРТ (рис. 2.9) состоит из чередующихся плоских проставочных листов толщиной 0,8 мм и уплотнительных брусков, которые образуют щелевые каналы для движения теплоносителей.

В каналах уложена гофрированная насадка — развитая теплопередающая поверхность из алюминиевой фольги толщиной 0,8 мм. Все детали элемента соединены в единый монолитный блок путем пайки в вакууме. Паяные элементы собраны в модули (рис. 2.10), состоящие из двух последовательно состыкованных по ходу масла элементов и коллекторов с патрубками для подвода и отвода масла. Подача охлаждающего воздуха осуществляется осевым вентилятором.



Р и с. 2.10. Пластинчато-ребристые модули маслоохладителя для ГПА-Ц-16

По своим теплотехническим и массогабаритным характеристикам (компактности, надежности, технологичности изготовления) ПРТ значительно превосходит аппараты типа АВМ. Применение ПРТ на агрегате ГПА-Ц-16 позволяет снизить массу блока маслоохладителей в три раза, габаритные размеры — в два раза, при этом улучшаются технико-экономические показатели агрегатов ГПА-Ц-16. Поэтому уже начиная с 1985 года, агрегаты ГПА-Ц-16 и ГПА-Ц-6,3 комплектуются блоками маслоохладителей с ПРТ.

#### 2.4. БЛОК ВЕНТИЛЯЦИИ

Блок вентиляции предназначен для размещения оборудования, обеспечивающего вентиляцию отсека двигателя турбоблока при нормальном режиме работы агрегата, а также обеспечивающего охлаждение масла в блоках маслоохладителей и вентиляцию отсека двигателя при аварийном отключении электропитания агрегата.

Блок вентиляции (рис. 2.11) расположен на промежуточной камере между блоками маслоохладителей и представляет собой силовую раму с каркасом 1 и двускатной крышей 2. Каркас блока выполнен в виде сварной конструкции из профильного проката. С наружной стороны к каркасу приварены переходники 4 для стыковки блока вентиляции с блоками маслоохладителей.

В стенке со стороны ВОУ имеется проем для соединения внутреннего пространства с всасывающим трактом приводного двигателя через гибкий переходник, устанавливаемый при монтаже агрегата. В проемах противоположной стенки установлены пять щитов с жалюзи 3. Проемы каркаса со стороны маслоохладителей свободны.

Крыша каркаса обшита сверху стальным рифленным листом, а с внутренней стороны — перфорированным листом. Пространство между листами заполнено теплозвукоизоляционными матами. В крыше имеется люк для обслуживания оборудования, установленного в блоке.

В блоке вентиляции расположены: два центробежных вентилятора 6 и 8, компенсаторы 5 и 11, короб 12, две поворотные заслонки 13 с гидроприводом, состоящим из гидроцилиндра 10, гидрораспределителя 9, соединительных трубопроводов и системы тяг.

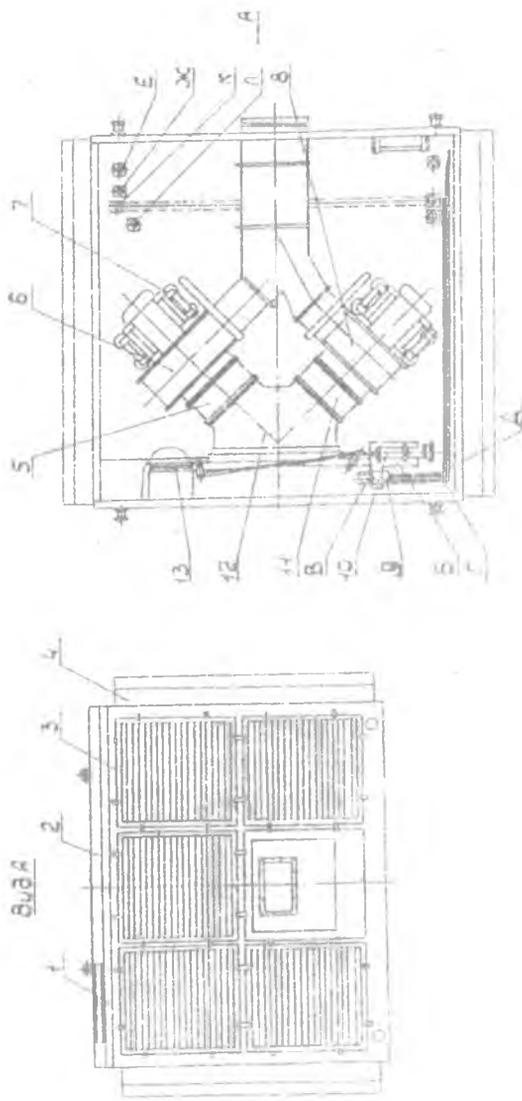


Рис. 2.11. Блок вентиляции:

- 1 — корпус; 2 — крышка; 3 — жалюзи; 4 — перегородка; 5, 11 — компенсатор; 6, 8 — вентилятор центробежный;
- 7 — амортизатор; 9 — гидрораспределитель; 10 — гидроцилиндр; 12 — корпус; 13 — заслонка

Центробежные вентиляторы служат для подачи очищенного воздуха, отбираемого из блока шумоглушения ВОУ, в отсек двигателя. Воздух к вентиляторам подводится через проем в стенке со стороны ВОУ, короб 12 и компенсатор 5. Рамы вентиляторов установлены на амортизаторах 7.

Поворотные заслонки предназначены для открытия или закрытия отверстия люка, соединяющего блок вентиляции с всасывающей камерой и, соответственно, с входным патрубком двигателя. Открытие заслонок производится с целью продувки воздуха для охлаждения масла в блоке маслоагрегатов в случае работы блоков маслоагрегатов вентиляции при аварийном отключении электропитания агрегата. Заслонки имеют вертикальные оси вращения и перемещаются при помощи гидроцилиндра МГП-63/100-1К, системы тяг и рычагов. Управление работой гидроцилиндра производится с помощью гидрораспределителя. Питание гидроцилиндра маслом осуществляется из системы смазки нагнетателя. Соединение гидроцилиндра, гидрораспределителя, нагнетающих и сливных трубопроводов маслосистемы осуществляется с помощью трубопроводов Б, В, Г, Д.

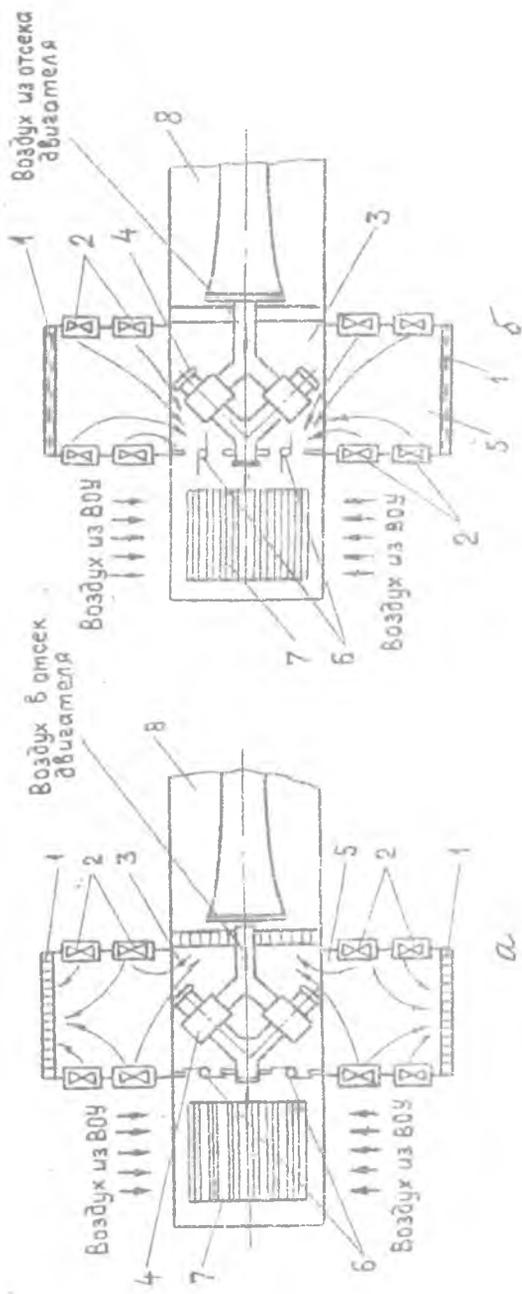
Схема работы блока вентиляции в нормальном и аварийном (при отсутствии электроэнергии) режимах изображена на рис. 2.12.

В нормальном режиме работы блока вентиляции (рис. 2.12, а) при наличии питающего напряжения электромагнит гидрораспределителя включен — масло подается в верхнюю полость гидроцилиндра, а нижняя полость сообщается с линией слива. Заслонки б в этом случае закрыты и отсекают блок вентиляции от всасывающей камеры, т. е. от всасывающего патрубка двигателя.

Блоки маслоохладителей работают в этом случае обычным порядком. Воздух из атмосферы нагнетается осевым вентилятором 2, проходит через маслоохладители 5 и через жалюзи в блоках вентиляции и маслоохладителей выбрасываются наружу.

Центробежные вентиляторы 4 забирают очищенный после ВОУ воздух из шумоглушителя 7 и подают его в отсек двигателя турбоблока 8.

В аварийном режиме работы (рис. 2.12, б) при исчезновении питающего напряжения отключаются вентиляторы, электромагнит гидрораспределителя обесточивается, масло подается в нижнюю полость гидроцилиндра, а верхняя полость сообщается с линией слива. При этом заслонки б открываются, и блок вентиляции сообщается с камерой всасывания.



Р и с. 2.12. Схема работы блока вентиляции:  
 а — при нормальном режиме работы агрегата; б — при аварийном режиме работы;  
 1 — жалюз; 2 — вентилятор осевые; 3 — блок вентиляции; 4 — вентилятор центробежные; 5 — блок маслоохладите-  
 лей; 6 — заслонки; 7 — шумоглушитель; 8 — турбодвигатель

Блоки маслоохладителей работают в этом случае следующим образом. Воздух из атмосферы за счет разрежения, создаваемого двигателем в блоках вентиляции и маслоохладителей, проходит через вентиляторные отверстия, через аппараты воздушного охлаждения масла, а затем через открытые заслонки в блоке вентиляции поступает в камеру всасывания 4 на вход в двигатель. Жалюзи 1 в блоках маслоохладителей и вентиляции при этом закрыты.

Вентиляция отсека двигателя в турбоблоке в этом случае осуществляется за счет отсоса воздуха из турбоблока по линии центробежных вентиляторов в камеру всасывания и далее на вход в двигатель. В данном случае в турбоблоке создается разрежение и атмосферный воздух засасывается в те вентиляционные окна, через которые в нормальном режиме работы агрегата происходит выброс воздуха. Вентиляция отсека двигателя осуществляется неочищенным воздухом.

## 2.5. БЛОК МАСЛОАГРЕГАТОВ

Блок маслоагрегатов (рис. 2.13) состоит из каркаса сварной конструкции, к которому при помощи специальных прижимов прикреплены щиты (панели). В блоке имеются входные двери.

Блок маслоагрегатов состоит из двух отсеков, разделенных герметичной перегородкой: отсека маслоагрегатов и отсека пожаротушения.

Отсек маслоагрегатов предназначен для размещения маслоагрегатов и арматуры масляной системы, что позволяет производить их безопасное обслуживание при работе газоперекачивающего агрегата. Назначение, буквенные обозначения и данные штуцеров блока маслоагрегатов приведены в таблице.

Назначение и данные штуцеров блока маслоагрегатов

Обозначение	Наименование	Количество	Условный диаметр, $D_y$ , мм	Давление условное $P_y$ , МПа
Ж	Подпитка маслоагрегата двигателя	1	32	2,5
З	Подача на маслоохладитель двигателя	2	32	0,6
И	Суфлирование центрифуги двигателя	1	25	2,5
К	Подача масла в коллектор смазки нагнетателя	1	65	0,6
Л	Подача масла на фильтры уплотнения	1	40	40,0

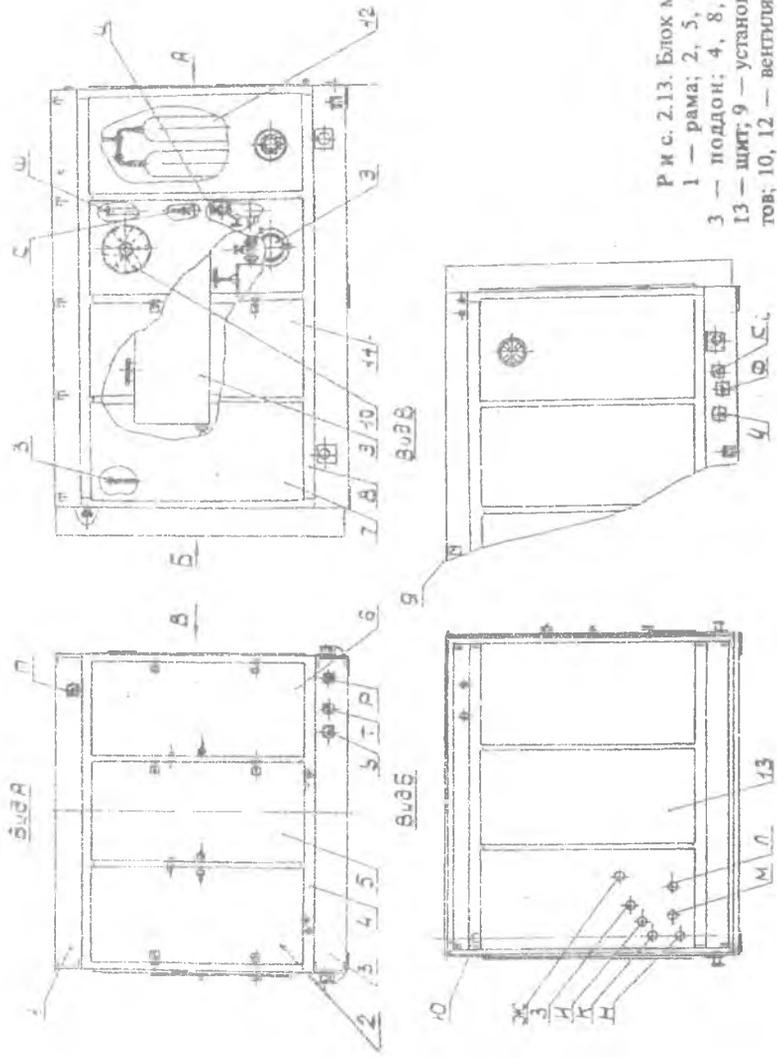
Обозначение	Наименование	Количество	Условный диаметр, $D_y$ , мм	Давление условное $P_y$ , МПа
М	Выход с фильтров	1	40	40, 0
Н	Подача масла на смазку двигателя	1	32	2,5
П	Суфлирование маслобака двигателя	1	40	0,6
Р	Слив масла с бака подпитки	1	50	0,6
С	Выход масла с маслоохладителя двигателя	1	32	0,6
Г	Подача масла в бак подпитки	1	32	0,6
У	Перелив масла с бака двигателя	1	32	0,6
Ф	Слив масла с поддона блока маслоагрегатов	1	50	0,6
Ц	Подача масла в систему смазки нагнетателя	1	65	0,6
Ч	Подача горячего воздуха	1	65	1,0
Ш	Аварийный слив масла с маслоохладителя двигателя	1	50	0,6
Э	Подвод воздуха от МПП	1	250	0,6
Ю	Суфлирование опор двигателя	1	50	0,6
Я	Суфлирование системы смазки двигателя	1	65	0,5
$K_1$	Слив масла с поддонов маслоохладителей	1	32	0,6

Отсек пожаротушения предназначен для размещения восьмибаллонной установки автоматического газового пожаротушения (подробнее см. разд. 3.3).

## 2.6. БЛОК АВТОМАТИКИ

Блок автоматики служит для размещения приборных щитов, арматуры источников резервного электропитания аккумуляторов и другого оборудования системы автоматики (см. разд. 3.6).

Блок состоит из каркаса и крышки. Каркас представляет собой сварную конструкцию из профильного проката. К каркасу при помощи специальных прижимов прикреплены щиты (панели). Крыша служит опорной поверхностью блока маслоохладителей. В блоке автоматики имеются входные двери, а также двери для выкатки аккумуляторов.

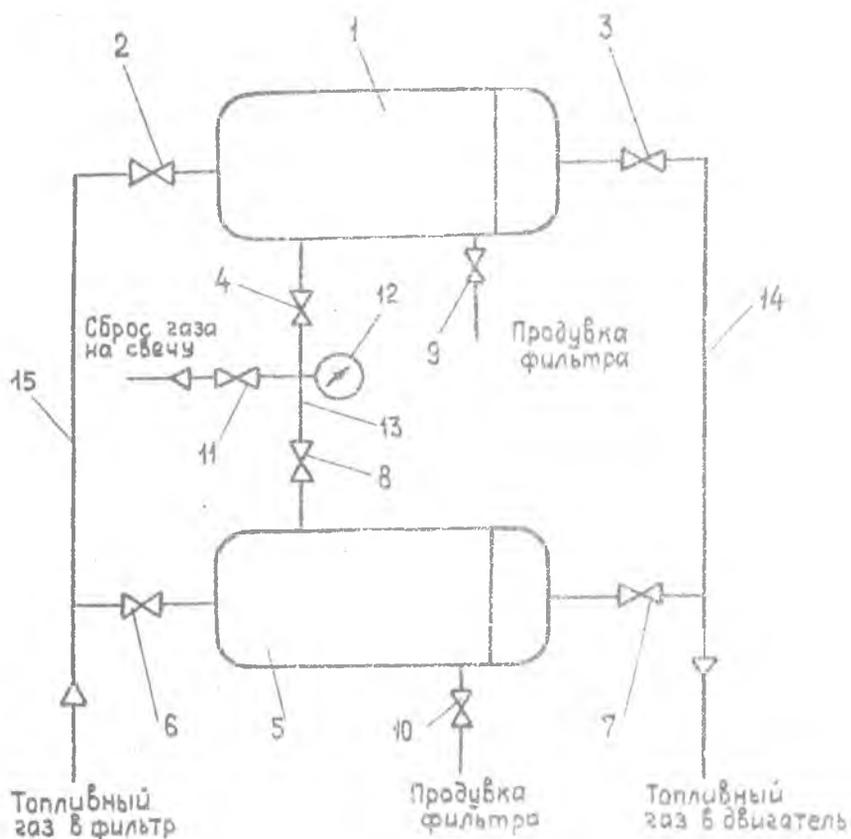


Р и с. 2.13. Блок маслоагрегатов:  
 1 — рама; 2, 3, 6, 11 — дверь;  
 3 — поддон; 4, 8, — стенка; 7,  
 13 — щит; 9 — установка маслоагрега-  
 тов; 10, 12 — вентилятор; 13 — отсек  
 пожаротушения

## 2.7. БЛОК ФИЛЬТРОВ ТОПЛИВНОГО ГАЗА

Блок фильтров топливного газа предназначен для очистки природного газа от возможных загрязнений в трубопроводах между стационарным блоком подготовки топливного газа и входом в приводной двигатель, а также при нарушении работы системы подготовки топливного газа.

Схема блока фильтров топливного газа приведена на рис. 2.14.



Р и с. 2.14. Схема блока фильтров топливного газа:

1, 5 — фильтр топливного газа двигателя; 2, 3, 6, 7, — задвижка клиновая;  
9, 10 — вентиль; 12 — манометр, 13, 14, 15 — коллектор; 4, 11, 8 — вентиль

### Основные характеристики блока фильтров

1. Давление топливного газа, МПа . . . . .	2,45
2. Поверхность фильтрации, м <sup>2</sup> . . . . .	0,34
3. Максимальный перепад давления, МПа . . . . .	0,059
4. Степень фильтрации, мкм . . . . .	10
5. Содержание примесей твердых частиц в газе, мг/кг . . . . .	не более 4

Конструктивно блок фильтров топливного газа (рис. 2.15) выполнен в виде двух фильтров 2, установленных на раме 5.

На входе и выходе каждого фильтра установлены задвижки клиновые 1. Входы и выходы фильтров объединены коллекторами 6. Кроме того, оба фильтра соединены коллектором 3 с вентилями для сброса газа на свечу при перекрытых входных и выходных задвижках. Для замера перепада давления на входе и выходе каждого фильтра установлены манометры 4.

Конструкция блока фильтров позволяет включать фильтры в работу как поочередно, так и одновременно оба.

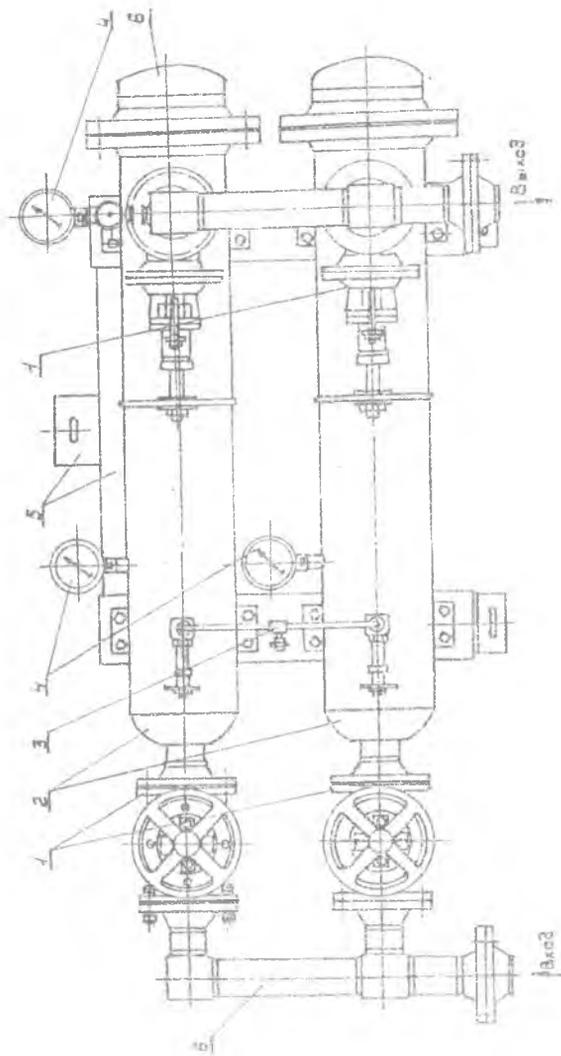
Фильтр топливного газа (рис. 2.16) состоит из корпуса 4, фильтрующего элемента 5 и крышки 10.

Фильтрующий элемент состоит из катушки 11, выполненной из перфорированного стального листа, на которую одеты фильтрующие элементы 5.

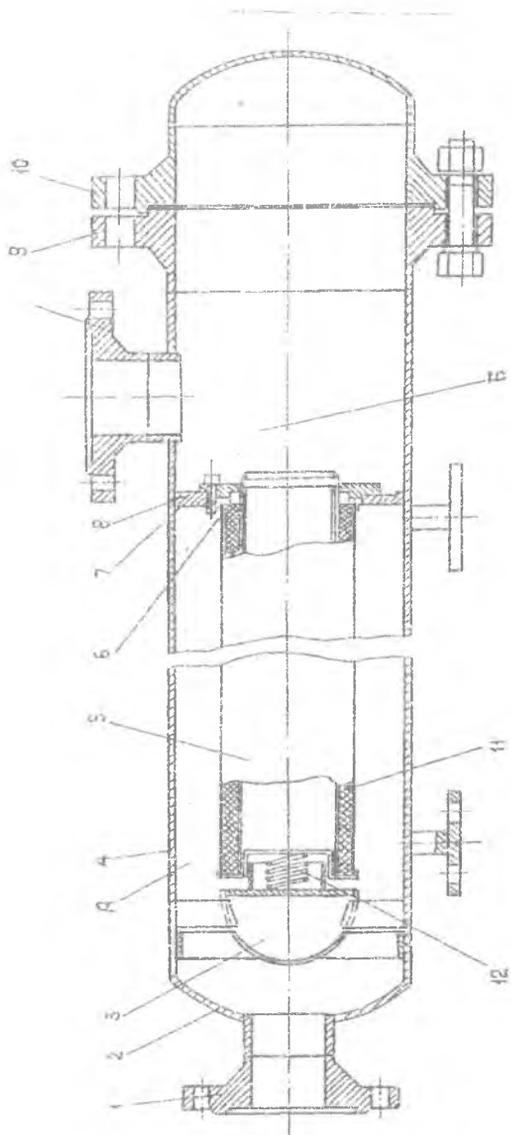
Корпус фильтра представляет собой трубу, к которой приварены с одной стороны днище 2, а с другой — фланец 9. Для подсоединения трубопроводов входа и выхода топливного газа в корпус приварены патрубки 1. На входе газа в корпусе установлен сферический обтекатель 3.

Фильтрующий элемент закрепляется в корпусе на перемычке 8 с помощью крышки 7 и отжимной пружины 12.

Перемычка 8 и крышка 7 разделяют корпус фильтра на две полости: полость входа газа "А" и полость очищенного газа "Б". Для уплотнения места стыковки фильтрующего элемента с крышкой установлено кольцо уплотнительное 6.



Р и с. 2.15. Блок фильтров топливного газа:  
 1 — задвижка клиновья; 2 — фильтр; 3 — коллектор; 4 — манометр; 5 — рама



Р и с. 2.16. Фильтр топочного газа.  
 1 — патрубок; 2 — днище; 3 — обтекатель; 4 — корпус фильтра; 5 — элемент фильтрующий;  
 6 — кольцо уплотнительное; 7, 10 — крышка; 8 — перемычка; 9 — фланец; 11 — катушка; 12 — пружина

## 2.8. ВЫХЛОПНЫЕ УСТРОЙСТВА

Выхлопные устройства служат для отвода из турбоблока выхлопных газов двигателя НК-16СТ с минимальными гидравлическими потерями, преобразования кинетической энергии газов в энергию давления, глушения шума выхлопа двигателя. Кроме этого, конструкцией выхлопных устройств предусматривается возможность установки утилизаторов тепла выхлопных газов для нужд компрессорной станции.

Выхлопные устройства приводного двигателя включают в себя выхлопной патрубок с осерадиальным кольцевым диффузором — улитку 5, переходник 6 (см. рис. 2.1), выхлопную шахту, состоящую из прямоугольного диффузора 10, шумоглушителя 7 и опоры 9 (см. рис. 1.1).

### 2.8.1. Улитка

Улитка (рис. 2.17) предназначена для отвода продуктов сгорания от турбины двигателя НК-16СТ с минимальными гидравлическими потерями в выхлопное устройство агрегата ГПА-Ц-16.

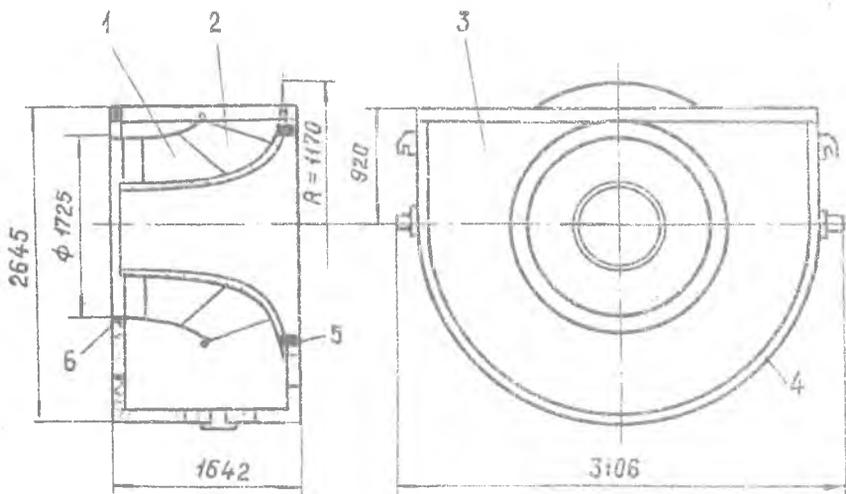


Рис. 2.17. Улитка:

1 — диффузор; 2 — ребро; 3 — корпус газосборника; 4 — обечайка;  
5, 6 — фланец

Улитка состоит из выхлопного патрубка и осерадиального кольцевого диффузора. В осерадиальном диффузоре происходит плавное торможение потока, т. е. преобразование кинетической энергии газов в энергию давления и поворот потока на  $90^\circ$ . Для этих целей диффузор состоит из осевого и криволинейного участков.

Газы, выходящие из кольцевого канала диффузора, поступают в полость улитки. Канал улитки спрофилирован таким образом, чтобы обеспечить постоянство скоростей потока газов во всех его сечениях, начиная от их выхода из кольцевого диффузора до входа в переходник.

Корпус улитки охлаждается воздухом, подаваемым вентилятором, который в то же время охлаждает отсек двигателя. Этот воздух через кольцевой канал, выполненный в передней вертикальной стенке улитки, поступает в ее полость, перемещиваясь и охлаждая газы, выбрасываемые в выхлопное устройство вместе с газами.

Конец осерадиального диффузора состоит из осевого и криволинейного участков.

Осевой участок канала начинается с такими же углами, что и в затурбинном диффузоре двигателя, а именно, для внешней образующей этот угол составляет  $9^\circ 15'$ , а для внутренней образующей —  $2^\circ$ .

Осерадиальный диффузор находится внутри выходного патрубка в центральной его части и состоит из двух коаксиальных обечаек, поверхности которых образуют кольцевой диффузорный канал. Обечайки центрируются и крепятся между собой ребрами жесткости, которые устанавливаются в двух поясах диффузора по 12 штук: в передней конической части диффузора и на выходе из него. Стенки обечаек имеют просечки, в них установлены ребра, которые с наружной стороны обечаек приварены.

Для придания достаточной прочности и жесткости диффузору каждая из его обечаек имеет свой корпус, в котором они установлены, а концы обечаек приварены к фланцам корпуса кольцевым швом. Между корпусом и внутренней оболочкой диффузора по всей его длине имеется свободное кольцевое пространство, которое заполнено теплоизолирующим супертонким базальтовым волокном. Это позволяет теплоизолировать узел валопровода, находящегося в приосевой зоне диффузора и передающего вращательное движение к нагнетателю.

Корпус наружной обечайки диффузора через кольцо уголкового профиля приварен кольцевым швом к передней стенке газосборника, а корпус внутренней обечайки приварен к задней стенке газосборника. Собранные таким образом в один узел осерадиальный диффузор и выхлопной патрубок своими поверхностями образуют улитку, которая собирает выхлопные газы в единую струю и направляет их в выхлопную шахту.

Корпус газосборника сварной конструкции состоит из двух вертикальных и боковой стенок. Две вертикальные стенки имеют концентрические окна, в которые вмонтирован осерадиальный диффузор. Эти стенки выше горизонтальной оси диффузора по контуру имеют прямоугольную форму, а ниже оси выполнены в виде полукруга. К вертикальным стенкам приварена боковая стенка, поверхность которой копирует форму контура вертикальных стенок. Верхняя часть газосборника заканчивается прямоугольным фланцем, к которому монтируется переходник выхлопного устройства.

На боковой стенке газосборника в горизонтальной плоскости, проходящей через ось диффузора, имеются опорные пальцы для закрепления улитки на опоры фундаментной рамы.

В нижней части газосборник имеет сливные резьбовые отверстия с заглушками, предназначенные для слива конденсата и атмосферных осадков. В верхней части газосборника имеются транспортировочные узлы.

Для закрепления теплоизоляции на наружной поверхности газосборника приварены ребра таврового сечения, образующие отдельные секции. Эти ребра придают корпусу улитки дополнительную жесткость и служат для закрепления обшивки теплоизоляции.

Стыковка внешней части осерадиального диффузора с затурбинной частью двигателя осуществляется с зазором. Для уменьшения подсоса воздуха из отсека двигателя в выхлопную систему на стык устанавливается стягивающая лента.

Стыковка внутренней части осерадиального диффузора с затурбинной частью осуществляется с зазором. Для предотвращения прорыва газов в приосевой зоне диффузоров между внутренней стенкой диффузора и кожухом турбины предусмотрены шайбовые лабиринтные уплотнения.

## 2.8.2. Переходник

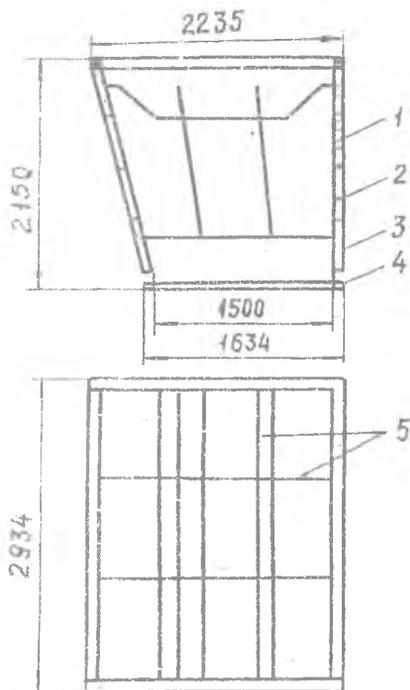
Улитка соединяется с выхлопной шахтой переходником (рис. 2.18), имеющим форму прямоугольного диффузора.

Переходник представляет собой жесткую сварную конструкцию, включающую нижнюю раму, четыре панели — стенки и верхний фланец.

Нижняя рама изготовлена из П-образного профиля, имеет прямоугольную форму и такие же размеры, как фланец улитки. Боковые и задняя стенки переходника вертикальны, а передняя стенка наклонена вперед и образует с задней стенкой диффузорный канал с углом раскрытия  $12^\circ$ . Для уменьшения угла диффузорности канала и более равномерного распределения потока по всему сечению переходника его проточная часть рассечена на восемь более мелких диффузоров четырьмя вертикальными взаимно перпендикулярными пластинами.

Переходник в верхней части имеет правильный прямоугольный фланец, к которому монтируется выхлопная шахта.

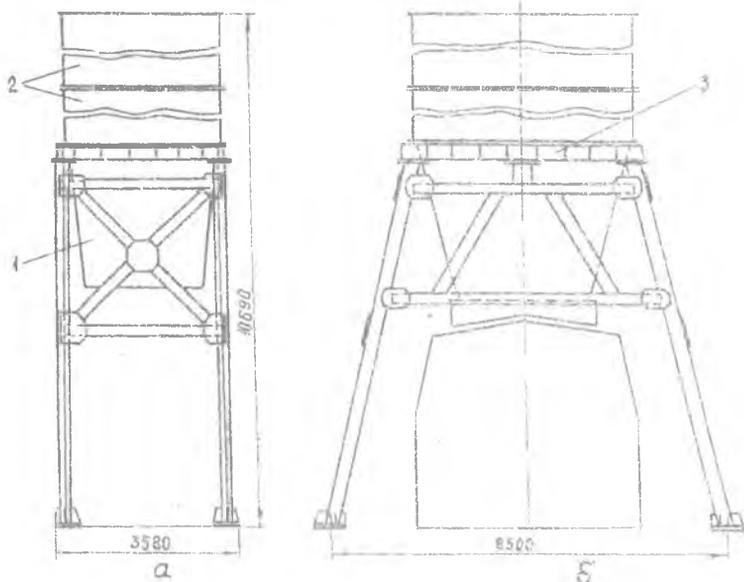
К стенкам переходника на внутренней поверхности приварены ребра жесткости, а к последним прикреплены перфорированные стальные листы. Пространство между обшивками заполнено звукопоглощающими матами. Верхняя часть переходника стыкуется с выхлопной шахтой с зазором, компенсирующим тепловые деформации переходника и диффузора, которые стыкуются между собой жестким соединением. Зазор уплотняется по горизонтальной плоскости эластичной прокладкой.



Р и с. 2.18. Переходник:  
1 — каркас; 2 — звукоизоляция;  
3 — металлическая сетка; 4 — фланец;  
5 — перегородка

### 2.8.3. Выхлопная шахта

Выхлопная шахта (рис. 2.19) состоит из диффузора 1 и шумоглушителя 2 и устанавливается на опоре 3.



Р и с. 2.19. Выхлопная шахта:

а — главный вид; б — вид слева;

1 — диффузор; 2 — шумоглушитель; 3 — опора выхлопной шахты

Выхлопная шахта стыкуется с переходником с зазором, уплотняемым эластичной прокладкой.

Диффузор (рис. 2.20) прямоугольного сечения служит для дальнейшего снижения скорости газов и гашения шума.

Степень расширения диффузора выхлопной шахты составляет 1,969, а всей выхлопной системы двигателя около 6,0. Потери полного давления в выхлопной системе ГИА-Ц-16 не превышают 4 кПа.

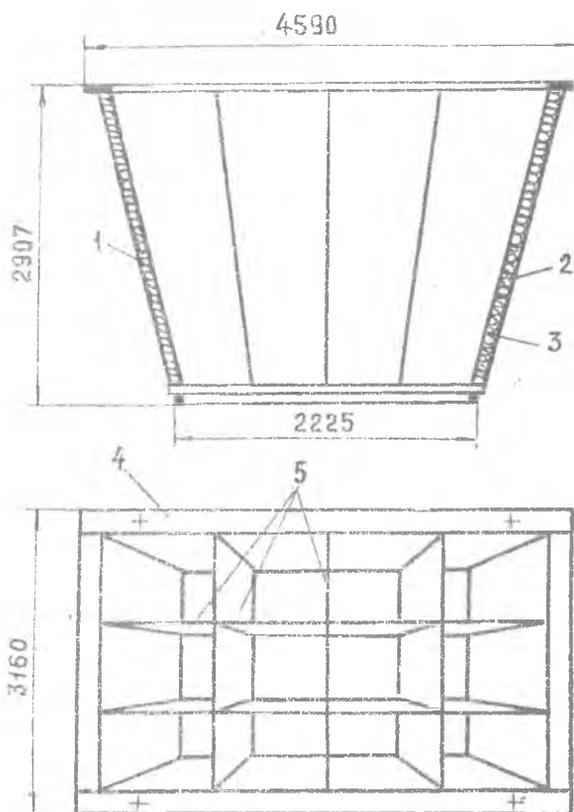


Рис. 2.20. Диффузор:  
 1 — каркас; 2 — звукоизоляция; 3 — металло-  
 керамическая сетка; 4 — фланец; 5 — перегородка

Диффузор представляет собой цельносварную конструкцию, состоящую из каркаса 1, который выполнен из швеллеров. Внутри каркаса продольные и поперечные швеллеры образуют проемы, которые заполняются звукопоглощающими материалами.

Стенки диффузора с внутренней стороны облицованы звукопоглощающими панелями 2. Панели заполнены супертонким базальтовым волокном. Внутренние панели облицованы металлической сеткой 3. Соединение панелей со средней стенкой осуществляется с помощью температурных компенсаторов.

Внутри диффузора по всей его длине помещены пластины 5, которые разбивают основной диффузор на несколько диффузоров с меньшими углами раскрытия. Эти пластины облицованы шумоглушащими панелями. Для лучшего обтекания пластин-перегородок снизу к ним приварены ребра. В верхней части по периметру диффузора приварены планки 4, образуя фланец, которым он опирается на раму опоры выхлопной шахты.

В стенках диффузора имеются два окна для забора выхлопных газов, идущих на обогрев всасывающего тракта.

Опора шахты состоит из четырех стальных столбов, вынесенных за пределы агрегата. Для придания поперечной устойчивости столбы связаны между собой сварными фермами с помощью болтовых соединений. Верхняя часть опоры заканчивается массивным фланцем, на котором монтируется верхний фланец диффузора.

Над диффузором установлен шумоглушитель.

## 2.9. ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ И ШУМОГЛУШЕНИЕ АГРЕГАТА

Современные энергетические установки обладают большими мощностями в основном за счет интенсификации процессов, приводящей к возрастанию рабочих параметров, увеличению динамических нагрузок. Все это вызывает значительное звукоизлучение в широком диапазоне частот, т. е. шум.

Необходимость борьбы с шумом вызвана его вредным воздействием на здоровье человека, на его нервную систему и слух, что приводит к быстрому утомлению, а следовательно, к снижению производительности и безопасности его труда.

В газотурбинных установках (ГТУ) интенсивный шум возникает в системах всасывания воздуха и выхлопных газов.

Шум, создаваемый в процессе всасывания воздуха в компрессор, обусловлен взаимодействием турбулизированного лопатками рабочего колеса компрессора воздуха с лопатками направляющего аппарата, т. е. переменными аэродинамическими силами, а также неустойчивостью турбулентного потока.

Шум в выхлопной системе двигателя вызван процессом горения топлива, высокой скоростью прохождения газов через проточную часть турбины и турбулентностью газового потока на выхлопе, что является главной составляющей шума.

В ГТУ чаще всего применяются диссипативные глушители, у которых основную роль в снижении шума играет звукопоглощающий материал (ЗПМ). При распространении в ЗПМ звуковых волн возникают потери, обусловленные вязким трением при движении среды в порах и внутренним трением деформации волокон материала. Глушители во всасывающей и выхлопной системах ГТУ выполняют в виде ряда параллельных пластин в канале. Затухание звука в глушителе зависит от типа ЗПМ, длины и толщины пластин, а также от зазора между пластинами.

К ЗПМ предъявляют следующие требования: материал должен иметь высокое звукопоглощение в требуемом диапазоне частот; он не должен выделять пыль, ломаться и выдуваться, иметь малую гигроскопичность и быть биостойким.

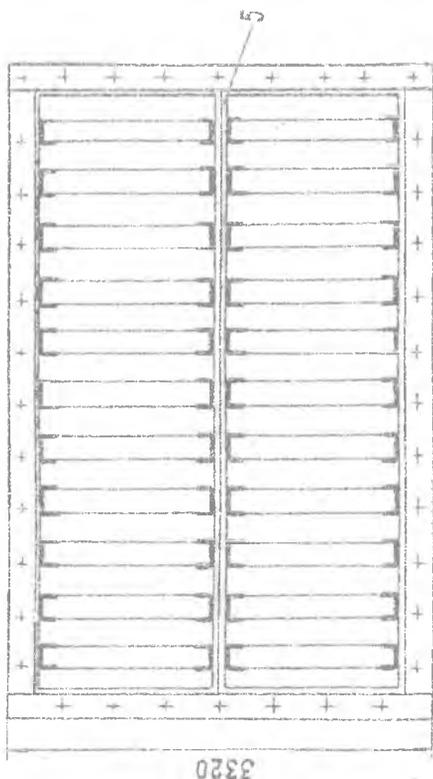
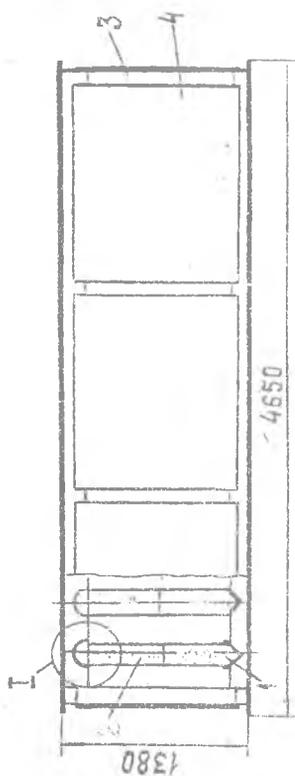
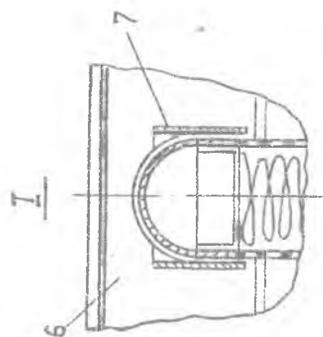
Для уменьшения шума ГПА блочной конструкции с приводом от авиационных ГТД, шум от которых значительно превосходит допустимые санитарные нормы, используют глушители шума во всасывающем и выхлопном трактах, а также звукоизолирующие панели для двигателя, нагнетателя и вспомогательного оборудования.

Глушители шума на входе и выходе состоят их параллельных звукопоглощающих панелей. Звукопоглощающая панель, в свою очередь, представляет собой звукопоглощающий материал (стекловолокно или минеральная шерсть), обернутый в ткань и защищенный перфорированными листами металла.

Так, выхлопная шахта агрегата ГПА-Ц-16 оборудована линейным пластинчато-щелевым шумоглушителем активного типа (рис. 2.21).

Шумоглушитель представляет собой сварную конструкцию из каркаса 3, щитов (панелей) 4 и пластин 2. Внутри шумоглушителя параллельно потоку располагаются шумоглушающие пластины.

Каркас шумоглушителя сварной, выполнен из швеллеров. Внутри каркаса размещена стенка 5, изготовленная из гнутых профилей, которая делит проходное сечение каркаса на две равные части. К стенке и к внутренним сторонам каркаса приварены планки 6, скобы 7 и уголки 1, которые служат для установки пластин 2. Каждая из пластин имеет обтекаемую форму и представляет собой сварной каркас, выполненный из гнутых профилей с облицовкой перфорированными стальными листами. Пространство между листами обшивки заполнено звукопоглощающими матами из супертонкого базальтового волокна.



Р и с. 2.21. Шумоглушитель  
высотной шахты.

1 — уголок; 2 — пластина; 3 — каркас;  
4 — шпиг, 5 — стенка; 6 — планка; 7 —  
скоба

В проемы каркаса шумоглушителя вставлены и приварены щиты 4. Щит имеет сварной прямоугольный каркас из гнутых профилей. Каркас обшит с наружной стороны стальным листом, а с внутренней стороны — перфорированным листом. Между листами обшивки устанавливаются звукоизоляционные маты. В выхлопной шахте устанавливаются последовательно два шумоглушителя.

В глушителе шума, установленном во входных устройствах приводного двигателя агрегата, в качестве поглощающего материала используют относительно тонкие панели из стекловолокна, эффективно снижающие шум высоких частот и хорошо работающие в области низких температур. Камера всасывания выполнена в виде контейнера, каркас которого обшит стальным листом толщиной 4 мм. Стенки камеры с внутренней стороны облицованы звукопоглощающими и теплоизоляционными матами из суперволокна горных пород. Маты обернуты слоем стеклоткани и закрыты перфорированными стальными листами. Это предотвращает срыв и унос матов турбулизированным потоком всасываемого воздуха.

На передней стенке камеры всасывания установлены ворота, которые наглухо закрываются специальными замками-прижимами, поэтому эту стенку можно рассматривать как сплошную.

На противоположной стенке, примыкающей к контейнеру двигателя, расположено всасывающее отверстие, выполненное по легионке. Боковые стенки камеры — сплошные. Потолок в камере отсутствует, т. к. здесь установлен пластинчатый глушитель, а выше него — воздухоочистительное устройство (ВОУ). Таким образом, излучающими в пространство шум являются боковые и передняя стенки камеры всасывания.

### **3. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ОСНОВНЫХ СИСТЕМ АГРЕГАТА**

#### **3.1. СИСТЕМА ОБОГРЕВА**

Система предназначена для разогрева агрегата перед пуском и обеспечения его нормальной работы в холодное время года при температуре окружающего воздуха 278 К (+5°C) и ниже, поддержания заданной плюсовой температуры в отсеках и блоках

приборов и оборудования, обеспечения нормальных температурных условий работы обслуживающего персонала в период выполнения регламентных и ремонтных работ.

Система обогрева газоперекачивающего агрегата (рис. 3.1), объединенная в единую сеть системы обогрева всех агрегатов КС, включает в себя устройства отбора воздуха от двигателя НК-16СТ, противообледенительную систему, систему подачи воздуха на нужды ГПА, систему обогрева корпуса передней опоры двигателя.

Устройства отбора воздуха от двигателя подразделяются на устройства отбора воздуха за компрессором высокого давления (в количестве до 2 кг/с с параметрами  $t = 280^\circ\text{C}$  и  $P = 10 \text{ кгс/см}^2$ ), и отбора воздуха за компрессором низкого давления (также в количестве не более 2 кг/с).

Отбор воздуха за компрессором высокого давления разрешается при температуре воздуха на входе в двигатель не выше  $-5^\circ\text{C}$ .

Отбираемый от двигателя горячий воздух поступает в систему обогрева станции через обратный клапан, предотвращающий обратное течение воздуха из стационарной сети в неработающий двигатель и вентиль.

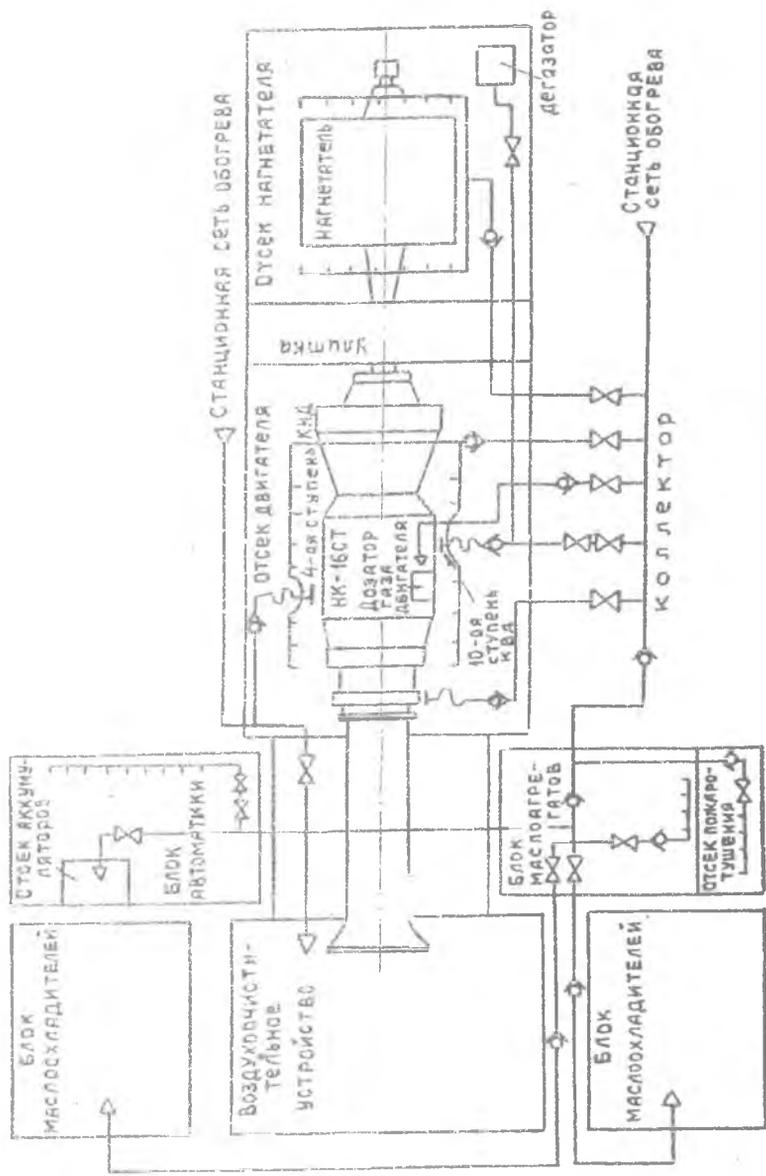
### 3.1.1. Противообледенительная система

При температуре окружающего воздуха ниже  $+5^\circ\text{C}$ , относительной влажности воздуха более 80%, при наличии осадков в виде морозящего дождя, мокрого снега и тумана возможно обледенение ВОУ ГПА, входного коллектора двигателя, лопаток ВНА и кока.

Наибольшая опасность обледенения наблюдается в диапазоне температуры от  $+5$  до  $-10^\circ\text{C}$ . Статическая температура воздуха на входе в двигатель зависит от скорости потока:  $T_{\text{вх}} = T_{\text{н}} - 5 \cdot 10^{-4} C_{\text{вх}}^2$ . При скорости потока  $C_{\text{вх}} = 100 \text{ м/с}$ ,  $T_{\text{вх}} = T_{\text{н}} - 5^\circ\text{C}$ , т. е. при  $T_{\text{н}} = +5^\circ\text{C}$  на вход в двигатель будет поступать воздух с нулевой температурой.

Очень сильное обледенение наблюдается при наличии переохлажденного дождя (дождя при отрицательных значениях температуры атмосферного воздуха) — капельное обледенение.

Оседание на металлической поверхности водяного пара (с непосредственным переходом его из газообразного в твердое состояние) называется сублимационным обледенением. Наиболее ред-



Р и с. 3.1. Принципиальная схема обогрева

кий вид обледенения — сухое — сопровождается оседанием на металлических поверхностях кристаллов сухого льда из атмосферы.

При обледенении входного направляющего аппарата и лопаток компрессора уменьшается площадь проходных каналов, что сопровождается уменьшением расхода воздуха и снижением мощности двигателя. Одновременно увеличивается удельный расход топлива. Поток воздуха на входе становится неравномерным, что приводит к неустойчивой работе компрессора, уменьшению КПД.

Обледенение лопаток нарушает балансировку ротора. Разрушаясь от вибрации ледяная корка попадает в проточную часть, вызывая повреждение лопаток.

На ВНА компрессора низкого давления установлен датчик-сигнализатор системы автоматической сигнализации начала обледенения этих лопаток. Система противообледенения, автономно подключаемая к объединенной сети обогрева КС, включается вручную при загорании лампы на приборной доске.

Горячий воздух из-за 10-й ступени компрессора подается в ресивер ВНА, где распределяется по внутренним каналам лопаток, обогревая их входные кромки. Выходя из щелей между дефлектором и лопаткой, горячий воздух попадает на профиль лопатки со стороны корытца и смешивается с общим потоком.

Одновременно горячий воздух по каналам в лопатках ВНА подводится на обогрев входного кока. Пройдя полость, образованную двойными стенками кока, воздух смешивается с общим потоком.

Подача воздуха на обогрев ВНА и кока осуществляется через заслонку, поворачиваемую электромеханизмом ЭПВ-150МТ. Контроль работоспособности обеспечивается электрической сигнализацией крайних положений заслонки. Количество и параметры воздуха ограничиваются расходной шайбой, установленной между трубопроводом и фланцем на ВНА.

### 3.1.2. Обогрев корпуса передней опоры

Перед запуском двигателя при низких температурах окружающего воздуха горячий воздух, прошедший через лопатки ВНА, подходит к корпусу передней опоры. Омывая наружную поверхность корпуса, воздух нагревает находящееся внутри корпуса масло.

Для улучшения условий монтажа часть этого воздухопровода выполнена в виде гибкого металлического рукава с приваренной стальной трубой. Труба соединяется с патрубком, установленным на ВНА, с помощью сферического соединения с накладной гайкой.

Температура воздуха на обогрев корпуса передней опоры должна быть не выше  $+100^{\circ}\text{C}$ . При достижении температуры масла не ниже  $+5^{\circ}\text{C}$  подогрев прекращается. В этом случае температура масла в маслобаке должна быть больше  $+15^{\circ}\text{C}$ . Такой же должна быть температура в отсеке двигателя.

После окончания обогрева агрегатов, узлов и систем двигателя кран системы обогрева передней опоры двигателя должен быть закрыт и опломбирован.

К объединенной сети обогрева КС автономно подключаются системы обогрева блока маслоагрегатов, отсека двигателя, отсека нагнетателя и дозатора газа. Каждая система представляет собой трубопроводы с раздаточными коллекторами, в которых выполнены отверстия для направленного выхода воздуха, и запорными вентилями. Горячий воздух подается в них из-за 10-й ступени компрессора высокого давления двигателя.

### 3.1.3. Обогрев воздухоочистительного устройства

Воздух на обогрев ВОУ отбирается от компрессора низкого давления. Воздухопровод расположен в правой части двигателя и конструктивно состоит из двух стальных патрубков, соединенных термостойким соединительным патрубком. Горячий воздух подается через раздаточный коллектор с отверстиями для направленного выхода. В системе установлен запорный вентиль.

### 3.1.4. Система подвода горячего воздуха на нужды ГПА

Воздухопровод системы крепится к боковому фланцу крестовины противообледенительной системы.

Горячий воздух от 10-й ступени компрессора подается в объединенную систему обогрева КС, откуда по воздухопроводам подводится на обогрев двух блоков маслоохладителей, в отсеки аккумуляторов и автоматики, в отсек пожаротушения и отсек дозатора.

На каждом трубопроводе установлен вентиль для регулирования расхода воздуха. На концах трубопроводов имеются раздаточные коллекторы с отверстиями. В трубе вставлены сильфонные компенсаторы температуры. Наружная поверхность патрубков покрыта теплоизолирующей обмоткой, состоящей из ваты каолинового состава и стеклоленты, пропитанной клеем К-10С.

В блоках автоматики и пожаротушения для обеспечения необходимых температурных условий работы приборов (не ниже  $+13^{\circ}\text{C}$ ) на трубопроводах обогрева установлены регуляторы температуры РТ-П25-1.

При неработающем двигателе и при отсутствии горячего воздуха в стационарной системе обогрева обеспечение подготовки агрегата к запуску производится с помощью унифицированного моторного подогревателя УМП-350, подсоединяемого к агрегату через люки, предусмотренные в стенках блоков агрегатов.

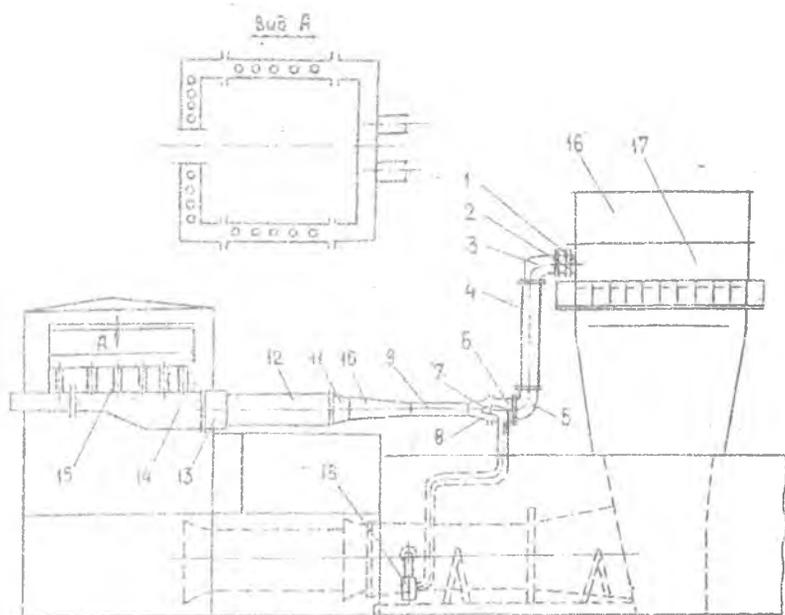
Блоки маслоохладителей, отсеки двигателя и нагнетателя, дозатора газа, противообледенительная система с обогревом передней опоры обогреваются в период подготовки к запуску или в период нахождения агрегата в состоянии готовности в резерве. Обогрев дегазатора производится на всем протяжении работы агрегата.

### 3.2. СИСТЕМА ПОДОГРЕВА ЦИКЛОВОГО ВОЗДУХА

Система подогрева циклового воздуха предназначена для предотвращения обледенения всасывающего тракта двигателя НК-16СТ в диапазоне температур от  $+4^{\circ}\text{C}$  до  $-10^{\circ}\text{C}$ . Система применяется на газоперекачивающих агрегатах ГПА-Ц-16, оборудованных входными очистительными устройствами инерционного типа. Подогрев осуществляется подачей на вход ВОУ горячих газов из выхлопной шахты агрегата.

Горячие выхлопные газы эжектируются воздухом компрессора низкого давления двигателя.

В системе подогрева циклового воздуха (рис. 3.2) используются два эжектора 7, установленных в теплоизолированных воздуховодах 4, соединяющих выхлопную шахту 16 через проставку 17 для отбора выхлопных газов, установленную между диффузором и шумоглушителем, с раздаточными решетками 15.



Р и с. 3.2. Принципиальная схема подогрева циклового воздуха

Для регулирования расхода отбираемого от двигателя воздуха и выхлопных газов в системе установлены два клапана 18 с электроприводом, расположенные в контейнере двигателя, и две дроссельные заслонки 2, установленные в воздуховодах перед эжекторами 7.

Клапаны 18 монтируются на подставке и закрепляются хомутами. Воздушный трубопровод, проходящий в отсеке двигателя, крепится к рамам контейнера. Заслонки 2 устанавливаются на подставках, которые крепятся к монтажной площадке выхлопной шахты.

Воздуховоды газовой смеси проходят над блоками аварийного охлаждения масла и врезаются в коллектор 13, закрепленный на ВОУ. Воздуховоды крепятся к площадке обслуживания выхлопной шахты на подставке на крыше контейнера двигателя и на крыше блока аварийного охлаждения масла с помощью хомутов.

Система подогрева циклового воздуха включает в себя тракт выхлопных газов, эжектор, тракт газовой смеси и систему управления подогревом циклового воздуха и вентиляторами ВОУ.

Тракт выхлопных газов для каждого из двух трубопроводов состоит из трех прямых участков 1, 4, 6, дроссельной заслонки 2 и двух поворотов на 90° 3 и 5.

#### *Параметры выхлопных газов*

1. Температура, К . . . . .	679
2. Давление, кг/см <sup>2</sup> . . . . .	1,041
3. Расход, кг/с . . . . .	2,0

Эжектор состоит из сопла эжектирующего воздуха 7, сопла эжектируемого газа 8, камеры смешения 9, диффузора 10 и выхлопного раструба 11.

#### *Параметры эжектора*

1. Расход эжектирующего воздуха, кг/с . . . . .	1,0
2. Температура, К . . . . .	376
3. Давление, кг/см <sup>2</sup> . . . . .	2,48
4. Расход эжектируемых газов, кг/с . . . . .	2,0
5. Температура, К . . . . .	679
6. Статическое давление на входе в камеру смешения, кг/см <sup>2</sup> . . . . .	1,0104

Тракт газозоудшной смеси состоит из прямого участка 12, распределительного коллектора 13, раздаточной части распределительного коллектора 14 и раздаточных решеток 15, установленных на входе в ВОР.

#### *Параметры тракта газозоудшной смеси*

1. Расход, кг/с . . . . .	3,0
2. Температура, К . . . . .	578
3. Давление, кг/см <sup>2</sup> . . . . .	1,1075

При проектировании системы расчетный суммарный расход газозоудшной смеси принят равным 6 кг/с, что обеспечивает подогрев циклового воздуха до температуры +4° С при температуре наружного воздуха -15° С.

#### *Параметры циклового воздуха*

1. Расход, кг/с . . . . .	1,102
2. Температура до подогрева, К . . . . .	263
3. Температура после подогрева, К . . . . .	277
4. Содержание выхлопных газов на режиме подогрева, % . . . . .	не более 4

При температурах окружающей среды выше -10°С предусмотрена возможность работы системы подогрева с одним эжекто-

ром. В этом случае один клапан 18 и одна дроссельная заслонка 2 закрываются, и подача газозвушной смеси осуществляется по одному воздуховоду.

Основным недостатком системы подогрева циклового воздуха является высокая температура отходящих газов, которая выводит из строя элементы заслонки, лишает заслонку герметичности, что в свою очередь ведет к постоянному подосу горячего воздуха на вход двигателя и к искусственному провоцированию обледенения. Кроме того, обледенение вызывают и некоторые компоненты выхлопных газов.

При эксплуатации агрегата в весенне-летний период дроссельные заслонки и клапаны фиксируются в закрытом положении.

Система управления подогревом циклового воздуха и вентиляторами ВОУ является составной частью САУ ГПА-Ц-16 и состоит из пусковой, логической и сигнализирующей аппаратуры; датчиков-реле и исполнительных механизмов.

К основным функциям системы управления относятся:

автоматическое включение системы обогрева при наличии обледенения или разрежения в ВОУ  $\Delta P = 0,6$  кПа в интервале значений температуры окружающего воздуха от  $+5^{\circ}$  до  $-3^{\circ}\text{C}$  одной линии обогрева или от  $-3^{\circ}$  до  $-10^{\circ}\text{C}$  двух линий;

автоматическое отключение подогрева при температуре окружающего воздуха выше  $+5^{\circ}\text{C}$  и ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ ;

дистанционное управление подогревом;

дистанционное управление вентиляторами;

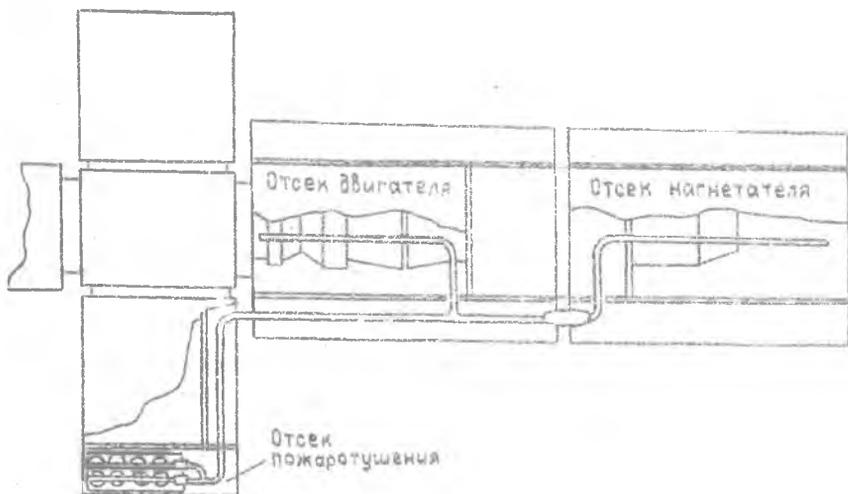
автоматическое отключение исполнительных механизмов и вентиляторов по максимальному току;

включение и выключение световой рабочей, технологической и предупредительной сигнализации.

### 3.3. СИСТЕМА ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Автоматическая система пожаротушения газоперекачивающего агрегата ГПА-Ц-16 предназначена для обнаружения, сигнализации и ликвидации пожара на ГПА.

Система объединяет (рис. 3.3) отсек пожаротушения, технические средства пожаротушения (ТСП), расположенные в отсеках пожаротушения, двигателя, нагнетателя и блока маслоагрегатов и комплекс технических средств автоматизированной системы пожаротушения (КТС АП).



Р и с. 3.3. Схема размещения оборудования АСП

Отсек пожаротушения обеспечивает хранение основного и резервного запасов огнетушащего вещества (ОВ).

Технические средства пожаротушения обеспечивают прием электрических сигналов от сигнально-пускового прибора ПСПП 014-3-10, хранение и выпуск основного и резервного запасов ОВ в защищаемые помещения. К ним относятся баллоны с ОВ, имеющие головки-затворы с пиропатронами, и линейные устройства — трубопроводы, коллекторы и сросители.

КТС АП состоит из пожарных извещателей, устанавливаемых в отсеке двигателя и в блоке маслоагрегатов типа ИП 101-10, а также в отсеке магнетателя типа ДПС-038; промежуточного исполнительного органа ПИО-017, обеспечивающего возможность использования искробезопасных извещателей ДПС-038; прибора сигнально-пускового пожарного ПСПП 014-3-10, обеспечивающего прием сигналов от пожарных извещателей, контроль состояния шлейфов пожарной сигнализации, контроль состояния дверей в защищаемых помещениях, контроль состояния ТСП, управление ТСП, взаимодействие с автоматизированной системой управления ГПА АСУ ГПА.

## Основные технические данные системы

1. Количество направлений подачи ОВ:
  - 1) отсек двигателя . . . . . 1
  - 2) отсек нагнетателя и блок маслоагрегатов . . . . . 1
2. Температура срабатывания извещателя ИП 101-10, °С:  
при скорости нарастания температуры не более 1°С/мин . . . . . 110±5  
при скорости нарастания температуры 10°С/мин . . . . . 80±4
3. Условия срабатывания извещателя ДПС-038  
в комплекте с ПИО-017 — скачкообразное изменение температуры на +100°С

### Пуск основного запаса ОВ:

1. Автоматический при срабатывании извещателей — отдельно по двум направлениям.
2. Дистанционный с прибора ПСПП 014-3-10 — отдельно по двум направлениям.
3. Дистанционный при поступлении сигнала из АСУ ГПА — одновременно по двум направлениям.
4. Ручной — отдельно по двум направлениям.

### Пуск резервного запаса ОВ:

1. Дистанционный с прибора ПСПП 014-3-10 - отдельно по двум направлениям.
2. Дистанционный при поступлении сигнала из АСУ ГПА. — одновременно по двум направлениям.
3. Ручной — отдельно по двум направлениям.

Огнетушащее вещество — хладон 114В2 — бесцветная жидкость с плотностью 1,18 кг/л, температурой кипения 47°С и температурой замерзания -112°С.

Максимальное давление в баллоне с зарядом составляет не более 12,5 МПа (125 кгс/см<sup>2</sup>).

### Электрическое питание:

- а) от основного источника — сеть переменного тока напряжением  $220 \pm \frac{22}{33}$  В с частотой  $50 \pm 1$  Гц;
- б) от резервного источника - источник постоянного тока напряжением  $27 \pm 1,4$  В, мощностью не менее 400 Вт.

## Работа системы пожаротушения

### КТС АП обеспечивает:

регистрацию возрастания температуры или превышения максимально допустимых значений температуры в соответствии с техническими данными;

световую и звуковую сигнализацию "Пожар" при срабатывании извещателей;

подачу ОВ в защищаемые отсеки в режимах "Автоматический пуск", "Дистанционный пуск", "Ручной пуск";

задержку на 20 с автоматического пуска ОВ в отсек двигателя при наличии сигнала из АСУ ГПА "Работа агрегата на режиме";

блокировку подачи ОВ отдельно по двум направлениям при открытых дверях в защищаемых отсеках с выдачей световой и звуковой сигнализации "Открыты двери";

контроль шлейфов пожарной сигнализации с выдачей на приборе световой индикации "Неисправность шлейфа" (по каждому шлейфу) с расшифровкой вида повреждения: "КЗ", "Обрыв" и выдачей звуковой сигнализации;

контроль обрыва цепей пиропатронов и контроль давления в баллонах с ОВ с выдачей световой ("Неисправность") и звуковой сигнализации, расшифровкой вида и места неисправности;

контроль выхода ОВ по каждому направлению с выдачей световой сигнализации "Газ пошел" и сигнала на включение выносных устройств звуковой сигнализации;

световую индикацию "Норма" при отсутствии сигналов о пожаре и неисправностях;

автоматический переход на питание от резервного источника при обесточивании основной сети и обратно -- при ее восстановлении;

выдачу в АСУ ГПА сигналов "Пожар" (по каждому отсеку), "Неисправность", "Газ пошел", "Автоматический пуск отключен".

Работа КТС АП осуществляется в трех режимах:

"Автоматический пуск" — при этом ПСПП принимает сигналы о пожаре от извещателей и обеспечивает срабатывание ТСП;

"Дистанционный пуск" — ПСПП принимает сигналы о пожаре, но пуск ТСП осуществляется оператором с пульта управления АСУ ГПА или с ПСПП нажатием соответствующих кнопок;

"Ручной пуск" — пуск осуществляется оператором с ТСП ручкой ручного пуска.

При срабатывании извещателей ДПС-038 в блоке с ПИО-017 в отсеке нагнетателя или ИП 101-10 в отсеке двигателя (блоке маслоагрегатов) загорается табло "Пожар" на соответствующем пульте управления блоком обработки сигналов (БОС "Отсек нагнетателя" или "Блок маслоагрегатов").

В режиме "Автоматический пуск" при поступлении сигналов о пожаре от извещателей из отсека двигателя срабатывает ПСПП (БОС "Отсек двигателя"), при этом начинает мигать табло "По-

жар". Происходит срабатывание блока управления ПСПП. На блоке управления гаснет светодиод "Норма", включается непрерывный звуковой сигнал и выносная сигнализация в отсеке. В АСУ ГПА выдается сигнал "Пожар в отсеке двигателя" и автоматически с задержкой 20 с при работающем агрегате ( без задержки при неработающем) включается направление I ТСП. ОВ поступает в защищаемый отсек. При этом на ПСПП поступают сигналы об обрыве цепи пиропатронов, о падении давления в баллонах и выходе ОВ в отсек двигателя. На пульте блока управления загораются светодиоды: "Обрыв цепи п/п", "Направление I основн.", "Давление ниже нормы", а на БОС "Отсек двигателя" загорается светодиод "Газ пошел".

При поступлении сигнала о пожаре из отсека нагнетателя (блока маслоагрегатов или обоих одновременно) срабатывает ПСПП (БОС "Отсек нагнетателя" или "Блок маслоагрегатов"), но по направлению II с соответствующей световой сигнализацией и выдачей соответствующих сигналов: "Пожар", "Обрыв цепи п/п", "Направление II основн.", "Давление меньше нормы", "Газ пошел".

В режиме "Дистанционный пуск" работа КТС АП происходит следующим образом.

При поступлении сигналов о пожаре из любого отсека на ПСПП (соответствующий БОС) начинает мигать световое табло "Пожар", на пульте блока управления гаснет светодиод "Норма", включается непрерывный звуковой сигнал и выносная сигнализация в защищаемых отсеках, в АСУ ГПА выдается сигнал "Пожар" с расшифровкой помещения. Пуск средств пожаротушения осуществляется дежурным персоналом путем нажатия ключа "Дист. пуск основн." на соответствующем БОС или аналогичного ключа на пульте АСУ ГПА. Пуск с панелей БОС производится отдельно по направлениям I и II, а с пульта управления — одновременно по обоим направлениям.

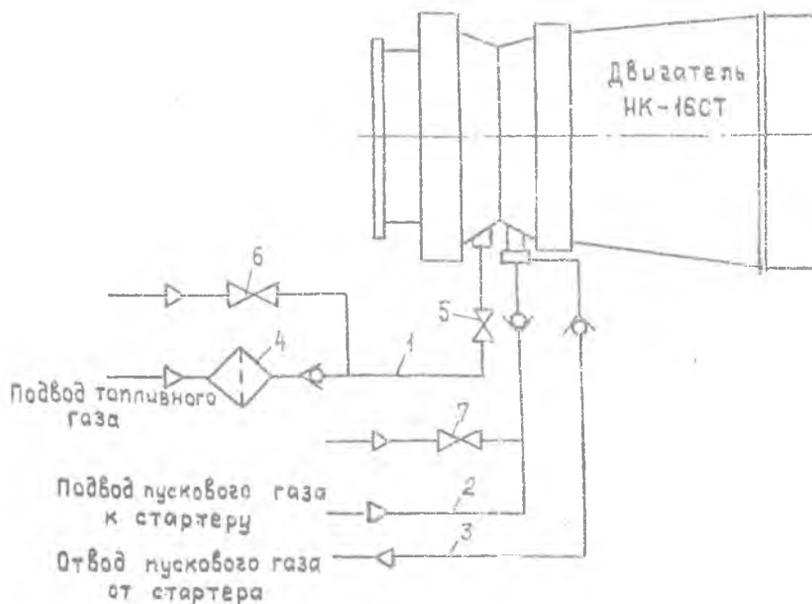
При нажатии ключей срабатывает ПСПП (БОС и БУ) аналогично автоматическому режиму с выдачей соответствующих сигналов.

В случае отсутствия сигнализации "Газ пошел" оператор должен нажать ключ "Дист. пуск резерв." на соответствующем БОС или аналогичный ключ на пульте АСУ ГПА.

### 3.4. ГАЗОПРОВОД

Систему трубопроводов для подвода пускового и топливного газа к двигателю НК-16СТ называют газопроводом.

Газопровод (рис. 3.4) предназначен для обеспечения подачи газа к стартеру двигателя НК-16СТ и отвода его на свечу во время пуска агрегата, а также для подвода топливного газа к дозатору и затем в камеру сгорания.



Р и с. 3.4. Принципиальная схема газопровода

Во время пуска агрегата пусковой газ по трубопроводу 2 подается к стартеру двигателя, а затем после раскрутки турбины стартера по трубопроводу 3 подается на свечу. Топливный газ по трубопроводу 1 через блок фильтров топливного газа (см. разд. 2.7) и отсечной клапан (стопорный) 5, а также через дозатор поступает в камеру сгорания.

Клапан обеспечивает надежное запираение трубопровода в период предпусковой подготовки, открытие трубопровода при пуске двигателя, прекращение подачи топливного газа и запираение канала при нормальном и аварийном остановах, автоматическое

запирание канала при останове двигателя в случае исчезновения электропитания в сети.

На трубопроводах газопровода установлены компенсационные металлические рукава. Контроль давления пускового и топливного газа осуществляется через угловые вентили 6 и 7.

### 3.5. СИСТЕМА МАСЛОСНАБЖЕНИЯ

Система маслоснабжения агрегата служит для обеспечения смазки и охлаждения трущихся деталей двигателя и нагнетателя, а также уплотнения внутренней полости нагнетателя путём создания положительного перепада давления между маслом, подаваемым в полости опор нагнетателя и газом в нагнетателе (система уплотнения "масло-газ").

Система маслоснабжения агрегата включает в себя две независимые системы — маслосистему двигателя и маслосистему нагнетателя. Маслосистемы двигателя и нагнетателя циркуляционные; масло из отдельных баков двигателя и нагнетателя подается насосами к трущимся деталям и после охлаждения в маслоохладителях возвращается в бак. Маслосистема двигателя — короткозамкнутая, основная часть масла циркулирует, минуя маслосборник, который обеспечивает лишь восстановление потерь масла в маслосистеме двигателя. Необходимая температура масла поддерживается регулятором температуры путем регулирования количества масла, подаваемого в маслоохладители. Кроме того, регулировка возможна включением (выключением) вентиляторов охлаждения масла в маслоохладителях. Маслосистема нагнетателя состоит из системы смазки нагнетателя и системы уплотнения нагнетателя, т. е. системы уплотнительного масла.

Система уплотнительного масла не имеет маслоохладителей и запитывается из общего с системой смазки нагнетателя бака. В качестве аварийного источника давления в системе уплотнительного масла устанавливается аккумулятор давления.

Работа и устройство масляных систем нагнетателя и двигателя подробно изложены в соответствующих учебных пособиях.

### 3.6. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГПА (САУ ГПА)

САУ ГПА обеспечивает автоматизированное управление работой агрегатов ГПА — двигателя, нагнетателя, технологических кранов, защиту ГПА при выходе параметров за предельно допустимые значения, автоматическое управление режимом работы ГПА — выполнение программы пуска, останова, стабилизации режима, ручное дистанционное управление работой ГПА с ГЩУ ДП КС.

Защита ГПА осуществляется путем автоматического управления работой функциональных систем ГПА и кранов технологической обвязки, выключением ГПА.

Одними из важнейших функций САУ ГПА являются сбор информации о параметрах режима работы, состоянии агрегатов (включен-выключен) и представление этой информации оператору в легковоспринимаемой форме. С этой целью в САУ ГПА информация представляется на мнемосхеме, обеспечивающей хорошую наглядность, в виде световой и звуковой сигнализации, а также в традиционной форме — с помощью стрелочных приборов. Одновременно с представлением информации часть ее регистрируется, что позволяет анализировать в процессе эксплуатации различные ситуации и вести учет наработки ГПА.

В систему САУ ГПА входят следующие основные элементы: система централизованного контроля и управления СДКУ А.705-5-04;

первичные преобразователи (датчики), устанавливаемые в отсеках ГПА;

исполнительные устройства САУ ГПА (электродвигатели, заслонки, краны, агрегаты и т. д.), в том числе технологические краны цеха или КС.

САУ ГПА является электромеханической системой и может функционировать при наличии электроснабжения.

#### 4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные технические данные агрегата ГПА-Ц-16.
2. Основные блоки, входящие в состав агрегата.
3. Какие системы обеспечивают функционирование агрегата?
4. Назначение и устройство турбоблока. С помощью каких элементов осуществляется центровка привода и нагнетателя?
5. Принцип работы и устройство воздухоочистительного устройства агрегата.
6. Назначение и устройство блока маслоохладителей.
7. Устройство блока фильтров топливного газа.
8. Назначение и состав выхлопного устройства.
9. С помощью каких конструктивных мероприятий осуществляется шумоглушение на выхлопе из ГПА?
10. Назначение и состав системы обогрева ГПА.
11. Назначение и принцип работы системы подогрева циклового воздуха.
12. Состав системы пожаротушения ГПА.
13. Назначение и состав системы маслоснабжения агрегата.
14. Назначение и состав САУ ГПА.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агрегат газоперекачивающий ГПА-Ц-16. Техническое описание. 1.4300.4.0000.000.ТО. Сумы: СФСКБТХМ, 1982. 111 с.
2. Агрегат газоперекачивающий ГПА-Ц-16. Инструкция по эксплуатации. 1.4300.4.0000.000.ИЭ. Сумы: СФСКБТХМ, 1984. 126 с.
3. Справочник по ГПА-Ц-16. Сумы: СФСКБТХМ, 1984. 126 с.
4. Автоматизированный газоперекачивающий агрегат ГПА-Ц-16 в блочном исполнении мощностью 16 тыс. кВт на рабочее давление 75, 100 и 120 атмосфер с приводом от газотурбинного двигателя НК-16СТ авиационного типа. Всасывающая и выхлопная системы двигателя НК-16СТ. Пояснительная записка 1.4300.4.0000.000. ПЗ1. Москва: СКБ ТХМ, 1979. 135 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Общая характеристика газоперекачивающего агрегата ГПА-Ц-16	5
2. Принцип работы, устройство и конструкция составных частей агрегата	9
2.1. Турбоблок	9
2.2. Устройство подвода циклового воздуха	13
2.3. Блок маслоохладителей	21
2.4. Блок вентиляции	25
2.5. Блок маслоагрегатов	29
2.6. Блок автоматики	30
2.7. Блок фильтров топливного газа	32
2.8. Выхлопные устройства	36
2.9. Звукоизоляция и шумоглушение агрегата	42
3. Устройство и работа основных систем агрегата	45
3.1. Система обогрева	45
3.2. Система подогрева циклового воздуха	50
3.3. Система пожаротушения	53
3.4. Газопровод	58
3.5. Система маслоснабжения	59
3.6. Автоматизированная система управления ГПА (САУ ГПА)	60
4. Контрольные вопросы	61
Библиографический список	62

**Учебное издание**

**ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИЙ АГРЕГАТ ГПА-Ц-16**

**К а н у н н и к о в И г о р ь П е т р о в и ч  
С т е п а н о в С е р г е й Д о р о ф е в и ч  
У г л о в Б о р и с А л е к с е в и ч**

**Учебное пособие**

Редактор Т. И. Кузнецова  
Техн. редактор Г. А. Усачева  
Корректор Т. И. Щелокова

Лицензия ЛР 020301 от 30.12.96.

Подписано в печать 31.05.2000. Формат 60 × 84 1/16.  
Бумага газетная. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 3,72. Усл. кр.-отт. 3,84. Ул.-издл. 4,0.  
Тираж 300 экз. Заказ 88.

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

---

ИПО Самарского государственного аэрокосмического  
университета.  
443001 Самара, ул. Молодегвардейская, 151.