

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования**

**«Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»**

филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.  
Горбачева» в г. Белово

Кафедра Специальных дисциплин

**СТАЦИОНАРНЫЕ МАШИНЫ**

Методические указания к выполнению практических работ для студентов  
Специальности «21.05.04 Горное дело»

Специализации «09 Горные машины и оборудование» очно-  
заочной формы обучения

Составитель В. Ф. Белов

Рассмотрены на заседании кафедры

Протокол № 3 от 11.11. 2021 г.

Рекомендованы к печати

учебно-методической комиссией по  
специальности 21.05.04 Горное дело»  
филиала КузГТУ в г. Белово

Протокол № 2 от 16.11. 2021 г

Белово

2021

## **Введение**

Практикум, состоящий из 9 практических работ, затрагивает основные разделы дисциплины, позволяет студентам получить достаточно полное представление о методике проведения испытаний стационарных (водоотливных, вентиляторных) установок, обзора, анализа и синтеза необходимой в профессиональной сфере информации, графического определения рабочих режимов вентиляторных и водоотливных установок,

проектирования современных стационарных (водоотливных, вентиляторных, подъемных, компрессорных) установок, оценки эффективности применения стационарного (насосного, вентиляторного, подъемного) оборудования, навыками применения способов и средств технического мониторинга стационарных(водоотливных, вентиляторных) установок.

Практические занятия предполагают самостоятельную работу студентов по освоению лекций и дополнительной литературы при подготовке к ним. Текущий контроль знаний осуществляется путем опроса студентов по вопросам, перечень которых приведен после каждой практической работы

### **Тематика практических работ**

#### **9 семестр**

1. Насосная станция и центробежные насосы типа ЦНС
2. Центробежные насосы типа Д, К, КМ, ЗПН
3. Требования ПБ к водоотливным установкам
4. Проектировочный расчет водоотливной установки.

#### **10 семестр**

5. Шахтные центробежные и осевые вентиляторы типа ВЦ, ВЦД, ВОД, ВДК.
6. Проектировочный расчет вентиляторной установки.
7. Вентиляторы местного проветривания
8. Поршневые, центробежные и винтовые компрессоры
9. Шахтные подъемные машины

### **Критерии оценки практической работы**

Знания:

- устройства и принцип действия приборов для проведения испытаний стационарных машин;
- истории развития стационарных машин;
- современных отечественных и зарубежных достижений в области стационарных (водоотливных, вентиляторных, подъемных) установок;
- основных терминов и понятий, применяемые в горном производстве;

- устройства и принципа действия стационарных (водоотливных, вентиляторных, подъемных) установок;
- критерий оценки рационального использования стационарных (водоотливных, вентиляторных, подъемных) установок;
- способов и средств технического мониторинга стационарных (водоотливных, вентиляторных) установок;
- руководящих документов и норм безопасной эксплуатации стационарных машин, а также организационные и технические мероприятия, приводящие к снижению техногенной нагрузки на окружающую среду.
- выдержки из ПБ для стационарных (водоотливных, вентиляторных, подъемных, компрессорных) установок.

#### Умения:

- проводить испытания водоотливных установок с последующим обоснованием пригодности стационарного оборудования (насоса, вентилятора) к дальнейшей эксплуатации;
- производить анализ полученной информации с выявлением сильных и слабых сторон шахтной горной техники для последующего ее совершенствования,
- применять современное стационарное оборудование для конкретных условий эксплуатации;
- рассчитывать основные параметры стационарных машин и производить их выбор для конкретных условий проектировать стационарные (водоотливные, вентиляторные, подъемные, компрессорные) установки для конкретных условий с учетом нормативных документов по промышленной безопасности;
- адаптировать современное стационарное (насосное, вентиляторное, подъемное) оборудование к конкретным горнотехническим условиям;
- применять способы и средства технического мониторинга стационарных (водоотливных, вентиляторных) установок;
- применять нормативные документы для эффективной и безопасной эксплуатации стационарных машин (насосов, вентиляторов, компрессоров, подъемных машин).

#### Владение:

- методикой проведения испытаний стационарных (водоотливных, вентиляторных) установок;
- методикой обзора, анализа и синтеза необходимой в профессиональной сфере информации;
- методикой графического определения рабочих режимов вентиляторных и водоотливных установок
- методикой проектирования современных стационарных (водоотливных, вентиляторных, подъемных, компрессорных) установок;

- методиками оценки эффективности применения стационарного (насосного, вентиляторного, подъемного) оборудования;
- навыками применения способов и средств технического мониторинга стационарных(водоотливных, вентиляторных) установок;
- готовностью осуществлять комплекс организационных и технических мероприятий по обеспечению безопасной эксплуатации стационарных машин и снижению их техногенной нагрузки на окружающую среды.

Критерии оценивания при подготовке, представлении и защите отчетов по практическим работам:

- в отчете содержатся все требуемые элементы, и произведены ответы на два вопроса – 65...100 баллов;
- в отчете содержатся все требуемые элементы, однако не произведены ответы на два вопроса, или представлены не все требуемые элементы, или отчет не представлен – 0...64 баллов.

Количество баллов	0...64	65...100
Шкала оценивания	Не зачтено	Зачтено

## **Практическая работа №1 Насосная станция и центробежные насосы типа ЦНС**

**Цель:** Изучение принципа действия, конструктивной схемы, разновидностей, особенностей и способов повышения надежности и эффективности центробежных насосов типа ЦНС.

### **Содержание работы:**

#### **Конструктивные элементы и узлы центробежных насосов**

В конструкциях центробежных насосов следует выделять отдельные элементы и узлы, имеющие одинаковое назначение, которые конструктивно незначительно отличаются в других типах насосов.

Основные элементы и узлы центробежных насосов: рабочие колеса, подводы и отводы, направляющие аппараты, разгрузочные устройства, валы, роторы, подшипники и корпуса.

Основные элементы и узлы трехколесного центробежного насоса показаны на рис. 1.

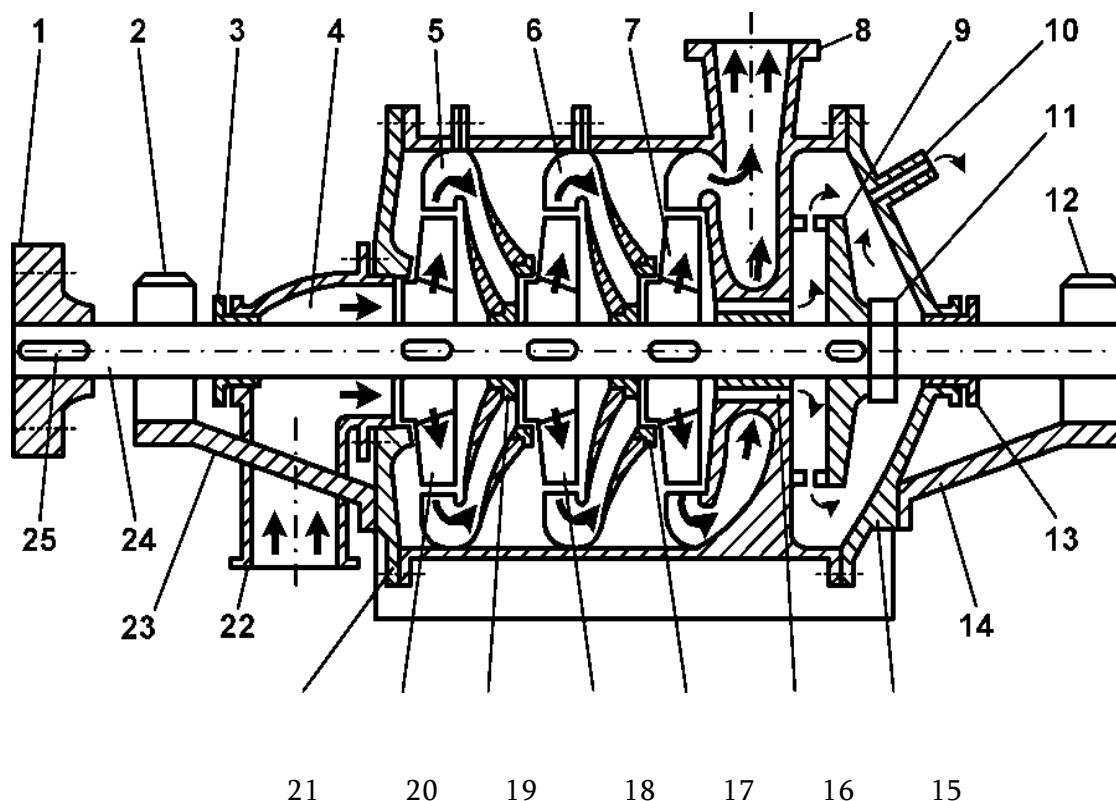


Рис. 1. Схема трехколесного центробежного насоса:

1 - соединительная муфта; 2 и 12 - передняя и задняя подшипниковые опоры; 3 и 13 - переднее и заднее сальниковые уплотнения; 4 - подводящая камера; 5, 6 - направляющие аппараты;

7, 18, 20 - рабочие колеса; 8 и 22 - нагнетательный и всасывающий патрубки; 9 - разгрузочный диск; 10 - отвод воды из разгрузочной камеры; 11 - стопорная гайка; 14 и 23 - задний и передний фонарь; 15 и 21 - передний и задний щиты; 16 - соединительный канал; 17 и 19 - уплотнения; 24 - вал; 25 - шпонка

Рабочие колеса для увеличения напора соединены гидравлически последовательно и установлены на валу неподвижно за счет дистанционных втулок, шпонок и стопорной гайки.

#### Рабочие колеса центробежных насосов

В современных центробежных насосах устанавливаются рабочие колеса трех типов: 1 - закрытой конструкции, 2 - полуоткрытой конструкции, 3 - открытой конструкции (рис. 2). Большинство насосов имеют рабочие колеса закрытой конструкции, которые сложнее в изготовлении, но имеют высокую надежность и КПД. Рабочие колеса полуоткрытой и открытой конструкции применяются в технологических насосах специального назначения для перекачивания жидких гидросмесей (шламовые, фекальные, углесосы и т.д.).

Основные элементы рабочего колеса (рис. 2): передний диск с подводящим отверстием, задний (коренной) диск; ступица; лопатки рабочего колеса.

Рабочие колеса насосов производятся: закрытой конструкции, имеющие все перечисленные элементы; полуоткрытой; т. е. без переднего диска; открытой конструкции - без переднего и заднего дисков.

Рабочие колеса изготавливают с односторонним и двухсторонним всасыванием. Рабочие колеса двухстороннего всасывания (рис.2, д) представляют собой соединенные в одном изделии два обычных колеса. Из условия прочности диски колес утолщаются по направлению к втулке. Скорость по внешней окружности для литых чугунных колес не более 35 м/с. Профиль лопаток должен быть такой, чтобы по всей ее длине приращение абсолютной скорости было равномерным.

Лопатки профилируются по дуге окружности или по логарифмической спирали и имеют толщину: 4-8 мм чугунные, 3-8 мм стальные и более 3-6 мм бронзовые.

КПД насоса зависит от числа и длины лопаток, от плавности изменения сечения каналов проточной части, от чистоты обработки поверхностей межлопаточных каналов колеса.

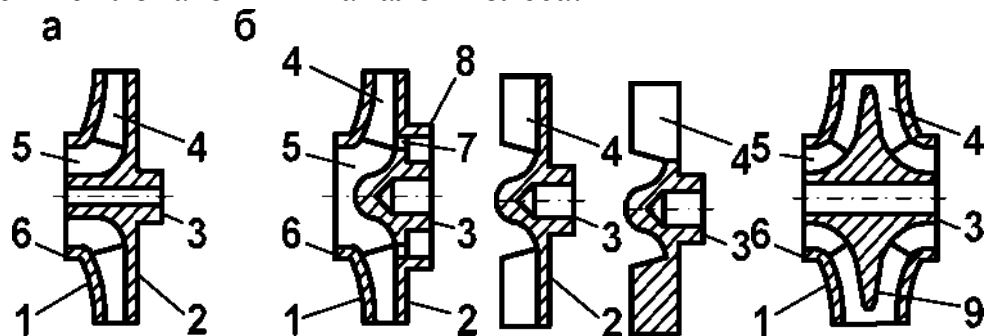


Рис. 2. Рабочие колеса центробежных насосов:  
а, б - закрытой конструкции с односторонним подводом воды; в - полуоткрытой конструкции; г - открытой конструкции; д - закрытой конструкции с двухсторонним подводом воды

Элементы рабочих колес: 1 - передний диск; 2 - задний диск; 3 - ступица; 4 - лопатки; 5 - всасывающее отверстие; 6 и 8 - уплотнительные втулки; 7 - разгрузочные отверстия; 9 - коренной диск

### Конструкции насосов ЦНС

Конструкции насосов ЦНС рассматриваются на примере насоса главного водоотлива ЦНС300-300 (рис. 3). Это горизонтальные, многоступенчатые агрегаты с вертикальными разъемами секций корпуса. Насосы этих типов устанавливаются в шахтах глубиной до 600 м для откачки нейтральных вод. В секционном насосе жидкость движется последовательно из одного колеса в другое через направляющие аппараты, установленные в каждой секции. Осевое усилие от рабочих колес воспринимается гидравлической пятой.

Основные элементы конструкции статора насоса (поз. 10,

12, 14, 16, 27, 39) изготавливаются из чугуна. Секции стянуты стальными шпильками. Стыки между секциями уплотнены резиновыми шнурами диаметром 10 и 6 мм.

Ротор насоса представляет собой вал, на котором неподвижно установлены 5 рабочих колес, дистанционные и упорные втулки, разгрузочный диск, роликовые подшипники качения, стопорные гайки, водоотбойное кольцо, защитные втулки и полумуфта для соединения с двигателем. Правильное положение ротора относительно корпуса насоса проверяется по контрольной риске, которая выполняется резцом на валу у передней крышки подшипника со стороны муфты. Опорами вала служат два радиальных сферических подшипника качения. Внутренние уплотнения насосов щелевые, образованные поясками рабочих колес и уплотняющими чугунными кольцами (поз. 18).

Насос соединяется с электродвигателем через упругую втулочно-пальцевую муфту. Направление вращения насоса правое по часовой стрелке со стороны электродвигателя. Габаритные и присоединительные размеры секционных насосов участкового и главного водоотлива различных типоразмеров приводятся в справочной литературе.

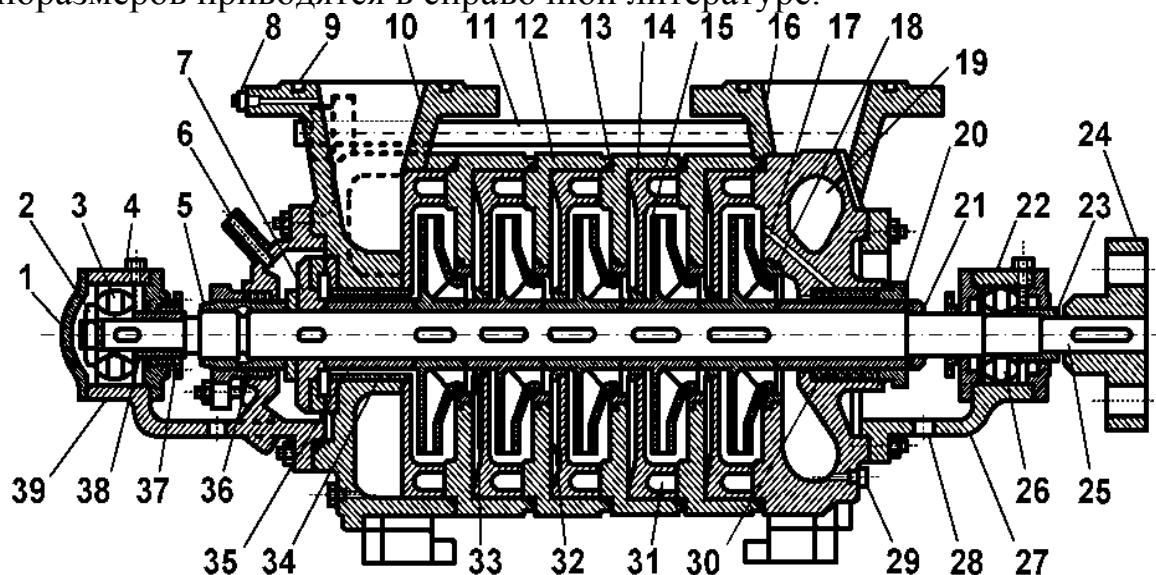


Рис. 3. Конструкция насоса ЦНС300-300: 1 - глухая крышка; 2 и 21 - стопорная гайка; 3 и 26 - роликовые подшипники; 4 и 22 - задняя и передняя подшипниковая опоры; 5 и 20 - защитные втулки сальника; 6 - патрубок для дренажа воды из гидропаты; 7 - разгрузочный диск; 8 - гнездо для установки манометра; 9 - расточка под прокладку; 10 и 16 - напорный и всасывающий патрубки; 11 - стяжная шпилька; 12 - корпус промежуточной секции; 13 - резиновое кольцевое уплотнение; 14 - спиральный направляющий аппарат; 15 - рабочее колесо 2-й ступени; 17 - канал подвода воды на гидрозатвор сальника; 18 - уплотняющее кольцо рабочего колеса; 19 - кольцевой водораспределительный канал; 23, 35 и 38 - дистанционные втулки; 24 - полумуфта; 25 - вал; 27 и 39 - передний и задний фонари; 28 -

дренажное отверстие; 29 - заглушка; 30 и 36 - передний и задний сальники; 31 и 32 - спиральные каналы направляющего аппарата; 33 - уплотняющее кольцо направляющего аппарата; 34 - калибрующая втулка; 37 - водоотбойное кольцо

### **Контрольные вопросы:**

1. Расшифруйте маркировку насоса ЦНС?
2. Назовите основные узлы насоса ЦНС?
3. В чем заключается принцип работы насоса ЦНС?
4. Какие рабочие колеса применяют в насосах ЦНС?
5. Как выполняется шпоночный паз в рабочих колесах ЦНС?
6. Из каких материалов делаются рабочие колеса в насосах?
7. Чем хороши рабочие колеса с удлиненной ступицей?
8. Как можно улучшить чистоту поверхности рабочих колес?
9. Какие функции несет направляющий аппарат в насосе ЦНС?
10. Какие типы направляющих аппаратов применяются в ЦНС?
11. Как устанавливается направляющий аппарат в секции?
12. Из какого материала изготавливают направляющие аппараты?
13. Что представляет собой лопаточный направляющий аппарат?
14. Из каких деталей состоит секция насоса ЦНС?
15. Как соединяются между собой соседние секции насоса ЦНС?
16. Чем стягиваются секции в насосе ЦНС?
17. Из чего состоит корпус насоса ЦНС?
18. Какие функции выполняют крышки корпуса насоса ЦНС?
19. Чем уплотняются стыки в корпусе насоса ЦНС?
20. Из какого материала делаются стяжные шпильки насоса?
21. Что включает в себя ротор насоса ЦНС?
22. Что является опорой ротора?
23. Как располагаются шпонки на валу насоса ЦНС?
24. Для чего на вал устанавливают защитные втулки (рубашки)?
25. Как садятся на вал рабочие колеса в насосах ЦНС?
26. Чем перекрывается перетекание жидкости под втулкой?
27. Из какого материала выполняется разгрузочный диск?
28. Какие типы муфт используются в насосных агрегатах ЦНС?
29. Какие уплотнения рабочих колес применяют в насосах ЦНС?
30. Какие применяются в насосах ЦНС торцовые уплотнения?
31. Почему в насосах ЦНС не требуются упорные подшипники?
32. Что собой представляет подшипник скольжения для насоса ЦНС?



## Практическая работа №2 Центробежные насосы типа Д, К, ШН, ЗПН

**Цель работы:** Практическое изучение конструкций насосов Д, К, ШН, ЗПН

**Содержание работы:**

Консольные одноколесные насосы типа К

Консольные одноколесные насосы типа К предназначены для подачи чистой неагрессивной воды с температурой не более 85 °С и применяются в участковом и вспомогательном водоотливе шахт. Они также находят широкое применение для других вспомогательных целей.

Изготавливается около двадцати типоразмеров насосов типа К с производительностью от 6 до 250 м<sup>3</sup>/ч и напором до 90 м. Конструкция консольного насоса показана на рис. 4.

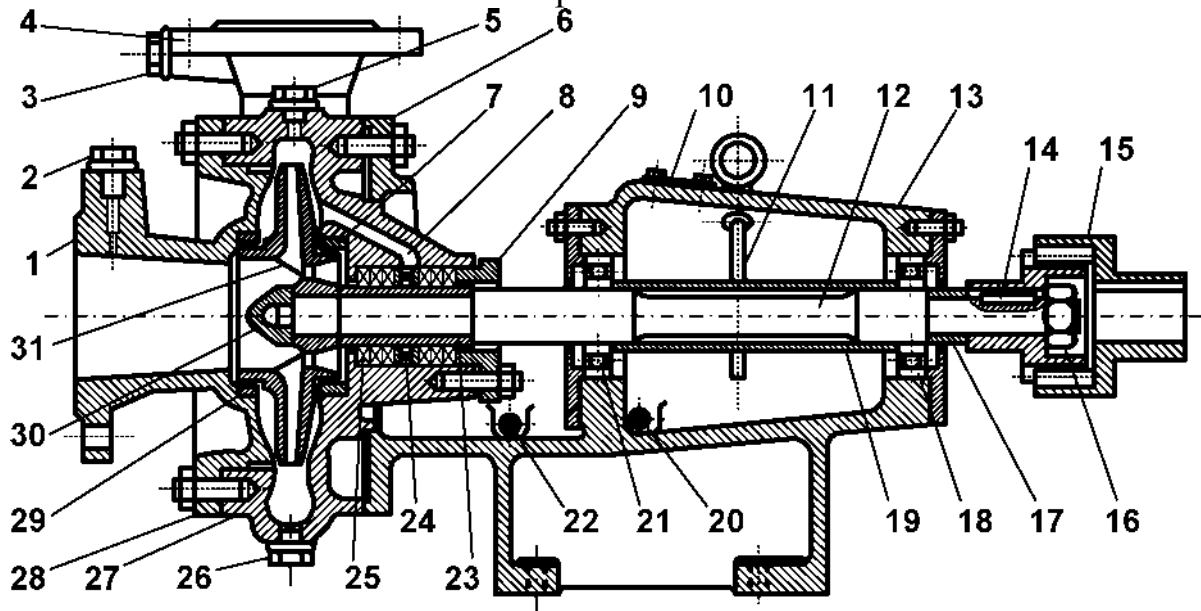


Рис. 4. Консольный насос типа К: 1 и 4 - всасывающий и нагнетательный патрубки; 2 и 3 - гнезда для установки вакуумметра и манометра; 5 и 26 - верхняя и нижняя пробки корпуса; 6 - опорный фланец для корпуса насоса; 7 и 29 - кольцевые уплотняющие втулки; 8 - канал гидрозатвора сальника; 9 - фланец сальника; 10 - крышка камеры подшипников; 11 - щуп; 12 - вал; 13 - камера подшипников; 14 - шпонка; 15 - соединительная муфта; 16 - стопорная гайка полумуфты; 17 и 19 - дистанционные втулки; 18 - задний радиально-упорный подшипник; 20 - сливное отверстие для масла; 21 - передний радиальный подшипник; 22 - дренажное отверстие; 23 - защитная втулка; 24 - водораспределительная втулка; 25 - сальниковая набивка; 27 - корпус насоса; 28 - передний щит; 30 - стопорная гайка рабочего колеса; 31 - рабочее колесо

Основные элементы консольного насоса типа К: спиральный корпус, подводный (всасывающий) патрубок, напорный патрубок, рабочее колесо, вал, опорный кронштейн, сальниковое уплотнение, подшипниковая опора и упругая муфта.

Внутренняя полость чугунного корпуса, отлитого заодно с напорным патрубком, выполнена в виде спирали, переходящей в диффузор отвода. В верхней и нижней частях корпуса имеются отверстия, закрытые пробками. Пробки служат для выпуска воздуха при заливке насоса перед пуском и слива воды перед ремонтом. Подводящий патрубок отлит заодно с крышкой корпуса, что обеспечивает осевой подвод жидкости в рабочее колесо.

Опорный кронштейн представляет собой чугунную отливку сложной конфигурации, образующую элементы опоры и камеру подшипников с масляной ванной. Технические характеристики, габаритные и присоединительные размеры консольных насосов также приводятся в справочной литературе [4; 5; 6; 7].

### Консольные насосы для перекачивания гидросмесей

В угольной промышленности при откачивании неосветленных шахтных вод, очистке водосборников от заиливания, в зумпфовом и участковом водоотливе широко применяются шламовые насосы.

По конструкции, назначению и характеристике перекачиваемой среды шламовые насосы делятся на собственно шламовые и магнетитошламовые, или суспензионные. К группе суспензионных относятся насосы 5МШ-1, 8МШ-8, 8С-8 и 10С-8. Эти насосы предназначены для перекачивания воды с большим содержанием взвешенных частиц, обладающих существенными абразивными свойствами. Насосы могут перекачивать суспензии с плотностью до 2200 кг/м<sup>3</sup>, с температурой до 60 °С, с максимальным размером твердых частиц до 20 мм.

Шламовые насосы ШН2-200, ШН-150-1, ВШН-150 имеют открытое, а насосы 6Ш-8 и 8Ш-8 - закрытое рабочее колесо, повышенную до 1450 об/мин частоту вращения и предназначены для перекачивания менее тяжелых и абразивосодержащих шламовых вод.

В соответствии с техническими условиями насосы ШН2-200-1 и ШН-150-1 предназначены для перекачивания шламовых вод с температурой не более 40 °С и содержанием твердых частиц в шламе до 50 % при максимальном диаметре этих частиц 20 мм.

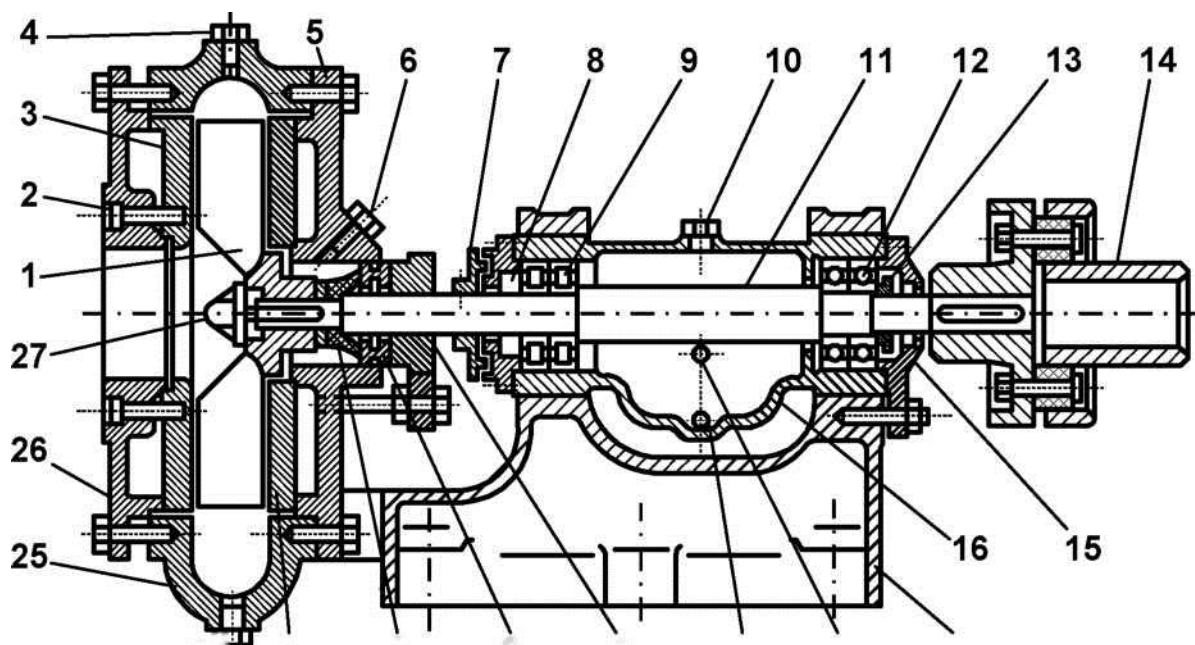


Рис. 5. Консольный шламовый насос ШН2-200: 1 - 2-лопаточное открытое рабочее колесо; 2 - крепеж переднего бронедиска; 3 и 23 - передний и задний бронедиски; 4 и 24 - верхняя и нижняя пробки корпуса; 5 и 26 - задняя и передняя крышки корпуса; 6 - подвод для воды; 7 - передний фланец подшипниковой опоры; 8 - манжетное уплотнение подшипников; 9 - передние радиальные подшипники; 10 и 19 - верхняя и нижняя пробки подшипниковой опоры; 11 - вал; 12 - задние радиально-упорные подшипники; 13 - стопорная гайка подшипника; 14 - упругая соединительная муфта; 15 - задний фланец подшипниковой опоры; 16 - корпус подшипниковой опоры; 17 - рама; 18 - отверстие контроля уровня масла; 20 - крышка поджимная; 21 - уплотнительные кольца; 22 - манжетное уплотнение рабочего колеса; 25 - спиральный корпус насоса; 27 - стопорная гайка рабочего колеса

Насосы для перекачивания шламовых вод и гидросмесей изготавливаются с производительностью от 200 до 600 м<sup>3</sup>/ч и с напором от 30 до 70 м.

К этому классу относятся также и другие технологические насосы типа ГР, ГрТ, ГрУ, ЗГМ-2М и др. Грунтовые насосы типа ГР применяются в земснарядах при гидромеханизации и гидротранспорте больших объемов по перемещению грунта, а насосы ЗГМ-2М находят широкое применение на участках гидромеханизации при ведении вскрышных работ на угольных разрезах. Более подробные технические характеристики этих насосов можно получить в книгах [4; 5], а также в учебном пособии [7], где кроме типажа этих насосов имеются габаритные и присоединительные размеры.

Конструкция насоса ШН2-200 приведена на рис. 5.

К этому классу насосов относятся углесосы типа У, предназначенные для перекачивания угольной пульпы (гидросмеси) при отношении твердых материалов крупностью до 100 мм к жидкости по массе не более 1:5.

Углесосы типа У имеют большую производительность в пределах 350-1400 м /ч и напор 80-180 м. Это одноколесные насосы, имеющие средний по величине напор, что определяет их область применения (рис. 6). Этот тип насосов широко применяется на горных предприятиях в технологических схемах, таких как гидротранспорт и водоотливные установки шахт и угольных разрезов.

Углесос 14У7 представляет собой центробежный одноступенчатый насос консольного типа с горизонтальным разъемом корпуса и станины. Технические характеристики углесосов типа У, их габаритные и присоединительные размеры также приводятся в учебном пособии [6].

Вместо обычных сальниковых уплотнений в углесосе применено эластичное торцевое уплотнение. Смазка подшипников насоса осуществляется маслом индустриальным И-45А или И-30А.

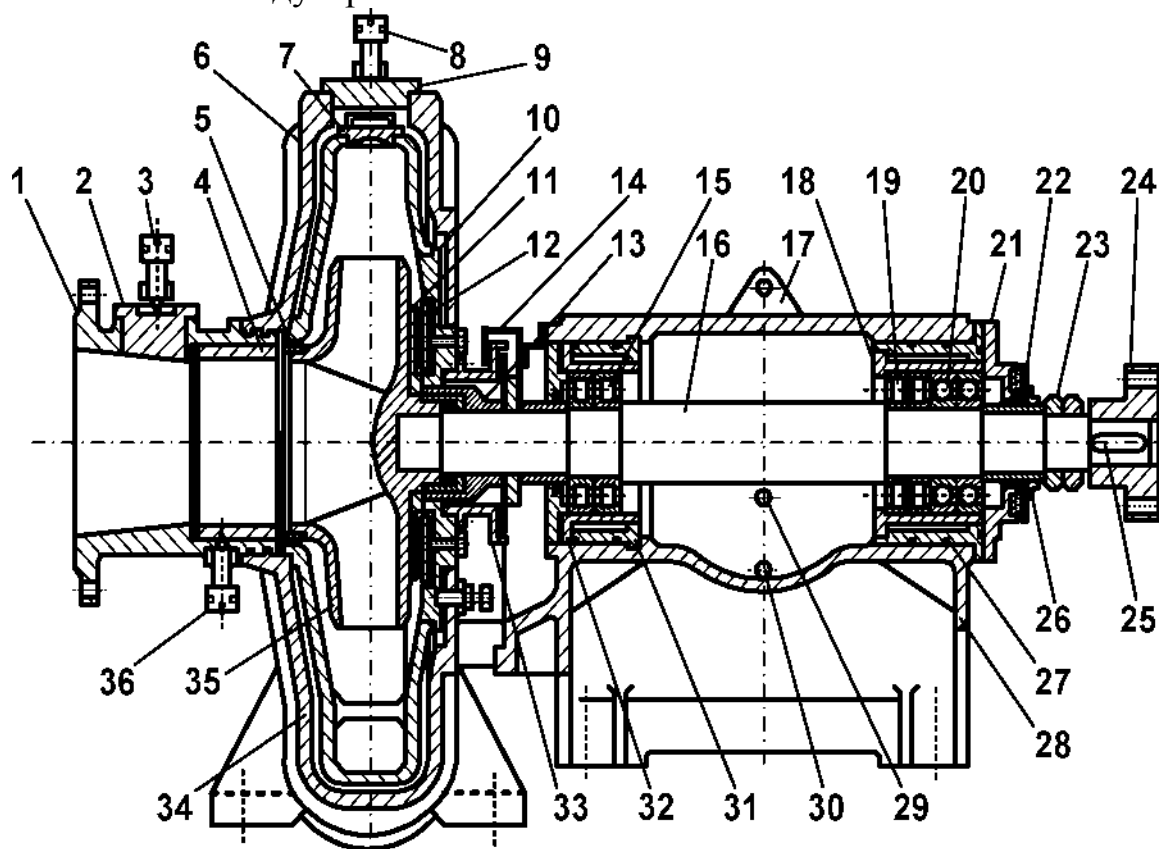


Рис. 6. Конструкция углесоса 14У-7: 1 - всасывающий патрубок; 2, 7 и 9 - заглушки патрубка, протектора и корпуса; 3, 8 и 36 - клапаны продувки; 4 - защитная втулка; 5 - уплотнительная втулка; 6 - корпус; 10 - фланец внутренний; 11 и 12 - бронедиски; 13 - дистанционная втулка; 14 - торцевое уплотнение; 15 и 19 - радиальные подшипники; 16 - вал; 17 - рымбол; 18 и 31 - стакан; 20 - радиально-упорные подшипники; 21 - фланец подшипниковой опоры; 22 - лабиринтное уплотнение; 23 - стопорная гайка; 24 - полумуфта; 25 - шпонка; 26 - упорная втулка; 27 - кольцевое уплотнение; 28 - станина; 29 - смотровое стекло; 30 - сливная пробка; 32 -

гильза; 33 - фланец ограждения; 34 - протектор; 35 - колесо

### Спиральные одноступенчатые насосы

Насосы типа Д с горизонтальным расположением вала, с горизонтальным разъемом корпуса, одноступенчатые, с двусторонним подводом жидкости к рабочему колесу (рис. 7) применяются в горной промышленности на вспомогательных перекачных насосных установках, а также для других технических целей.

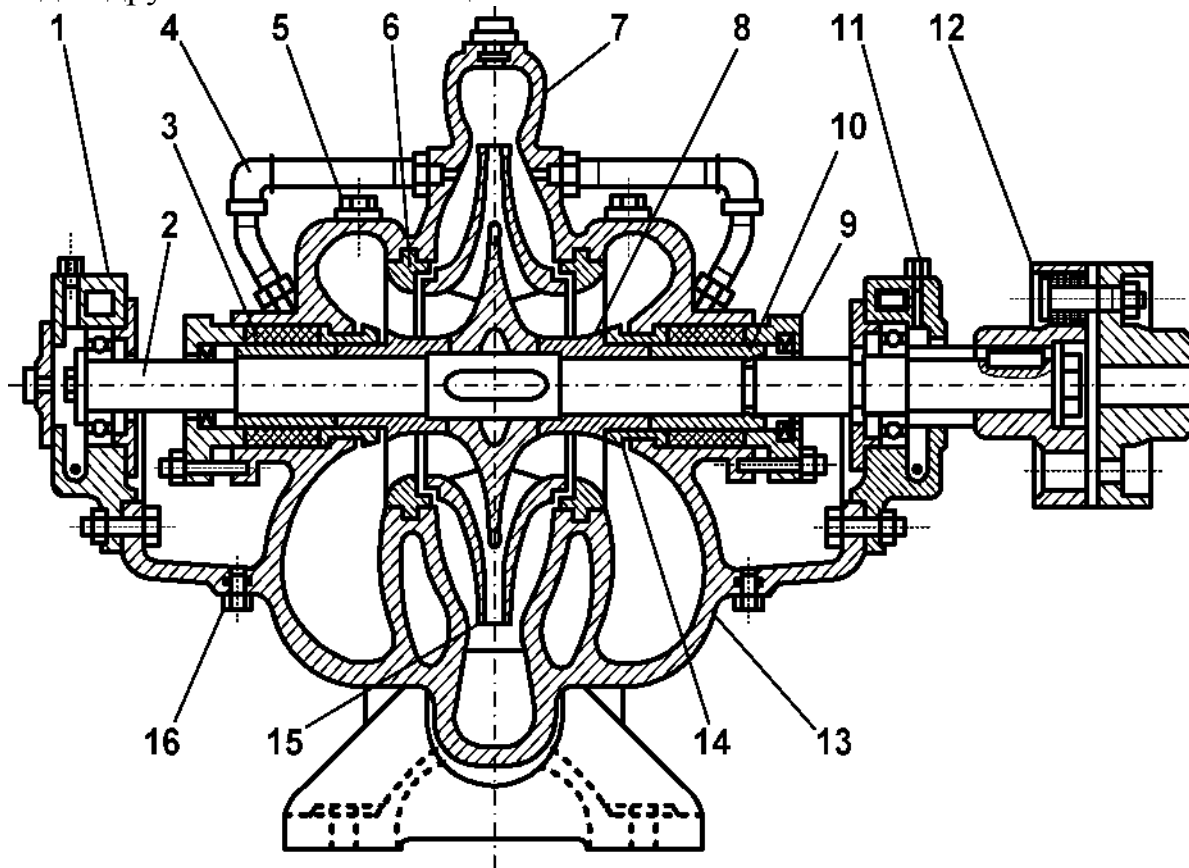


Рис. 7. Насос Д200-95: 1 и 11 - радиальные подшипники; 2 - вал; 3 - сальниковое уплотнение; 4 - переводная трубка; 5 - пробка; 6 - уплотняющие кольца; 8 и 14 - направляющие и защитные втулки; 7 - крышка корпуса; 9 - фланец сальника; 10 - защитная втулка; 12 - упругая муфта; 13 - корпус; 15 - рабочее колесо двустороннего входа; 16 - отвод дренажа

#### Контрольные вопросы:

1. . Указать особенности конструкции насоса типа Д.
2. Как охлаждаются сальниковые уплотнения в насосах типа Д?
3. Объяснить расположение рабочих колес в насосе МД.
4. Перечислить основные отличия в конструкциях насосов МД и ЦН.
5. Указать особенности конструкции углесоса типа 14У7.

6. Указать особенности конструкции углесоса типа 12УВ-6.
7. Указать назначение и области применения углесосов?
8. Указать назначение и особенности конструкции насоса типа ВП-340.

### **Практическая работа №3**

**Цель работы:** Знать и уметь применять при расчетах требования ПБ к водоотливным установкам

#### **Содержание работы:**

В технологических решениях на основе инженерно-геологических изысканий должен быть разработан раздел водоотлива, определяющий способы водоотлива и параметры главных водоотливных установок.

Расположение камеры главной водоотливной установки должно определяться проектом организации строительства. Пол насосных камер должен быть выше уровня откаточных путей не менее чем на 0,5 м.

Главные водоотливные установки должны оборудоваться аварийной сигнализацией уровня воды с выводом сигнала на пульт управления диспетчера. При эксплуатации неавтоматизированных главных водоотливных установок должно быть обеспечено круглосуточное дежурство обслуживающего персонала. В камере главного водоотлива должны быть вывешены инструкция по эксплуатации насосных установок, схема трубопроводов с обозначением вентилей и задвижек, схема электроснабжения.

Помещение должно оборудоваться рабочим и аварийным освещением, средствами противопожарной защиты.

Все водоотливные установки должны ежедневно осматриваться механиком участка или специально назначенным лицом. Результаты осмотра должны заноситься в книгу осмотра водоотливных установок Поперечные сечения водоотводящих устройств должны быть рассчитаны на максимальный ожидаемый приток. Затопление настилов и откаточных путей запрещается. Не реже одного раза в шесть месяцев должны производиться замеры притока шахтной воды и ее химический анализ. На каждом объекте подземного строительства должны быть предусмотрены проектом и должны осуществляться меры по предупреждению затопления горных выработок поверхностными и подземными водами. При строительстве подводных тоннелей, проходке выработок в зонах возможных прорывов воды должны осуществляться особые меры противоаварийной защиты.

Правилами безопасности при строительстве подземных гидротехнических сооружений предусмотрено обязательное выполнение проекта по способу и средствам водоотлива. При проведении выработок должны предусматриваться главные и участковые водоотливные установки. При этом главный водоотлив

оборудуется насосами, общая производительность которых должна быть в три раза больше максимального суточного притока воды и иметь три группы насосных установок: в работе, в резерве и в ремонте.

При проходке выработок на участках возможных прорывов воды и затопления должны приниматься меры безопасности, включающие в себя устройство водонепроницаемых перемычек, аварийных мостков в верхней части выработок больших сечений, подвеску каната и других приспособлений, обеспечивающих эвакуацию людей.

Разработка водоносных и обводненных месторождений полезных ископаемых подземным способом должна проводиться по специальному проекту, выполненному предприятием, имеющим лицензию на право ведения проектных работ, и утвержденному в установленном порядке. Для откачки воды сооружаются главные и, в случае необходимости, участковые водоотливные установки с обязательным устройством водосборников, состоящих из двух или более выработок. Для участковых водоотливных установок по усмотрению главного инженера шахты допускается иметь водосборники, состоящие из одной выработки. Емкость водосборника главного водоотлива рассчитывают не менее чем на 4-часовой нормальный приток, а участковых на 2-часовой нормальный приток. Водосборники водоотливных установок дренажных шахт должны рассчитываться на 2-часовой приток. Воду из забоев и выработок требуется отводить по специальным каналам, желобам или трубам в водосборники главного водоотлива или в водосборники вспомогательных насосных установок.

При эксплуатации производительность рабочих насосов водоотливных установок должна обеспечивать откачку нормального суточного притока не более чем за 20 часов.

Насосная камера главного водоотлива должна быть расположена около шахтного ствола и соединяться с ним ходком, который выводится в ствол на высоте не ниже 7 м от уровня пола насосной камеры и с околоствольным двором-ходком, который должен герметически закрываться.

При проходке стволов промежуточные насосные камеры должны иметь выход в ствол шириной не менее 2,5 м и высотой 2,2 м. Вход в камеру должен закрываться прочным решетчатым ограждением.

Водосборники должны систематически очищаться. Загрязнение водосборника более чем на 30 % его объема не допускается.

Главные водоотливные установки с притоком воды в шахту более 50 м<sup>3</sup>/ч должны быть оборудованы не менее чем тремя насосными агрегатами. Для шахт с притоком воды, превышающим подачу одного агрегата, число резервных агрегатов принимают в соответствии с таблицей 1

Таблица 1

Общее число насосных агрегатов	в том числе		
	в работе	в резерве	в ремонте
4	2	1	1
5	3	1	1
7	4	2	1
8	5	2	1
9	6	2	1
11	7	3	1

При проходке стволов, независимо от притока воды, допускается применение одного подвешного насоса при обязательном наличии резервного насоса на поверхности вблизи ствола.

Главная водоотливная установка должна быть оборудована не менее, чем двумя напорными трубопроводами, из которых один является резервным. Для участковых водоотливных установок допускается один трубопровод. Рабочие трубопроводы должны быть рассчитаны на полную производительность насосной установки.

Нагнетательные трубопроводы в насосной камере должны быть закольцованы и снабжены задвижками, позволяющими переключать насосные агрегаты на любой из трубопроводов.

Главная водоотливная установка находится в ведении главного механика шахты и должна осматриваться им не реже одного раза в неделю. Результаты осмотра фиксируются в "Журнале осмотра водоотливных установок". Остальные водоотливные установки должны осматриваться не реже одного раза в сутки лицами, назначенными главным механиком шахты.

На каждой шахте должны производиться регулярно, но не реже, чем через 6 месяцев, замеры притока шахтной воды и полный ее химический анализ. Один из указанных замеров производится в период усиленного притока, а другой в период нормального притока воды. Запрещается ведение горных работ ниже депрессионной воронки. В отдельных случаях работы могут производиться по специальным проектам с предусмотрением в них мер безопасности по согласованию с Госгортехнадзором России.

Напорные трубопроводы главных водоотливных установок после монтажа и каждые 10 лет эксплуатации должны подвергаться гидравлическому испытанию на давление, которое составляет 1,25 рабочего.

Один раз в год должна производиться ревизия и наладка главной водоотливной установки организацией, имеющей лицензию на право проведения этих работ.



Акт ревизии и наладки утверждается главным механиком производственного или акционерного объединения.

Каждый карьер, не имеющий естественного стока поверхностных и почвенных вод, должен быть обеспечен водоотливом. Мероприятия по осушению месторождений ископаемых при открытой разработке должны производиться по специальному проекту, выполненному организацией, имеющей лицензию, и утвержденному в установленном порядке.

К карьерной главной водоотливной установке предъявляются требования, соответствующие ведению открытых горных работ [4].

Если для откачки воды используется открытый водоотлив (с поверхности), то емкость водосборника должна рассчитываться не менее чем на трехчасовой нормальный приток. Суммарная подача рабочих насосов главной водоотливной установки должна обеспечивать в течение не более 20 часов откачку максимально ожидаемого суточного притока воды. Установка должна иметь резервные насосы с суммарной подачей, равной 20 -25 % подачи рабочих насосов. Насосы главной водоотливной установки должны иметь одинаковый напор. Водоотливные установки на поверхности, а также трубопроводы в районах с отрицательной температурой воздуха должны быть утеплены перед зимним периодом и закрыты от возможных повреждений при производстве взрывных работ. Трубопроводы, проложенные по поверхности, должны иметь приспособления, обеспечивающие полное освобождение от воды.

Меры безопасности при техническом обслуживании и ремонте механического оборудования водоотливных установок:

1. все вращающиеся части водоотливной установки должны быть закрыты кожухами или ограждены;
2. во время работы насоса запрещается снимать защитный кожух полумуфт, смазывать подшипники, производить замену сальниковой набивки;
3. перед работой в колодцах и водосборниках необходимо их проветривать;
4. при работе на разных высотных отметках необходимо сооружать настилы, которые должны быть плотными, исключая падение через них инструмента и других предметов;
5. перемещение грузов массой более 50 кг должно производиться исправными подъемными механизмами. Перед началом работы необходимо проверить исправность подъемного механизма и надежность действия органов его управления. Обнаруженные неисправности устранить;
6. перемещаемый груз должен быть надежно закреплен стропами, цепями и другими приспособлениями. Крепить стропы к грузу следует только в местах, специально предназначенных для этой цели (приливы, проушины и др.) При отсутствии таковых стропы необходимо заводить за массивные части

оборудования таким образом, чтобы они не соскользнули при перемещении груза, выше центра тяжести, во избежание опрокидывания поднимаемого груза. Масса поднимаемого груза не должна превышать грузоподъемности механизма;

7. запрещается устранять неисправности во время работы гидроэлеватора, насоса или эрлифта;

8. запрещается находиться под поднятым грузом или выполнять какие-либо работы в месте движения тали с грузом, а также производить ремонт механизмов и приспособлений во время подъема или опускания груза;

9. при появлении внезапных больших притоков воды необходимо запустить в работу все насосные агрегаты, закрыть герметические двери в камеру, сообщить о случившемся главному механику шахты [9].

Меры безопасности при техническом обслуживании и ремонте электрического оборудования водоотливных установок:

1. к обслуживанию и ремонту электрического оборудования допускаются лица, имеющие удостоверение на право производства работ на электроустановках напряжением свыше 1000 В. Удостоверения на право, производства работ выдаются и продлеваются после периодической проверки знаний электротехнического персонала;

2. работы на электроустановках производятся по письменному наряду или устному распоряжению. Перечень работ, выполняемых по письменному наряду или устному распоряжению, устанавливается главным энергетиком шахты с учетом конкретных условий;

3. для обслуживания электрооборудования должны быть следующие защитные средства: диэлектрические боты и перчатки, резиновые коврики или изолирующие подставки, набор предупредительных плакатов по технике безопасности, указатели напряжения. Около высоковольтного оборудования необходимо наличие резиновых ковриков-дорожек шириной не менее 750 мм. Включение и выключение высоковольтного распределительного устройства производится в диэлектрических ботах и перчатках;

4. все токоведущие части электродвигателей должны быть защищены от случайного прикосновения. Работы на электрических цепях и аппаратуре, находящихся под напряжением, запрещены. Вращающиеся части электродвигателя (муфты, вентиляторы) должны быть ограждены защитными кожухами;

5. для обеспечения безопасности работ на электроустановках напряжением свыше 1000 В необходимо: выключить масляный выключатель и вводные разъединители; на их проводах вывесить плакат "Не включать - работают люди!"; проверить отсутствие напряжения с помощью указателя высокого напряжения, предварительно проверив его исправность приближением к токоведущим частям,

находящимся под напряжением; проверить отсутствие напряжения на всех зажимах отключенного оборудования, а для выключателей - на всех выводах;

6. все металлические части электрических устройств и оборудования водоотливной установки, которые могут оказаться под напряжением вследствие нарушения изоляции, должны быть заземлены. Присоединение заземляющих проводов к корпусам электрических устройств оборудования и заземлителям осуществляется болтовыми соединениями или сваркой с обеспечением надежного контакта. От каждого заземляющего устройства должен отходить отдельный провод непосредственно к заземлителю или общей заземляющей сети, соединенной с заземлителем. Производить какие-либо работы по заземлению, за исключением очистки, окраски и измерений величины сопротивления, во время работы машин запрещается. После каждого ремонта оборудования необходимо проверить надежность присоединения заземляющих проводов;

7. перед вскрытием взрывобезопасных оболочек электрооборудования электрослесарь должен снять с него напряжение и измерить концентрацию метана. В дальнейшем, при ремонте и обслуживании этого электрооборудования электрослесарь обязан осуществлять контроль концентрации метана в месте установки оборудования. После ремонта взрывобезопасного оборудования проверить наличие всех болтов, а также степень затяжки;

8. исключить попадание воды на электрооборудование.

Противопожарные мероприятия при обслуживании водоотливной установки:

1. в насосной камере главного водоотлива должен находиться комплекс противопожарного инвентаря (сухи огнетушители, лопаты, ящик с песком или инертно пылью);

2. запрещается хранить в помещении насосной камеры смазочные материалы в количестве, превышающей суточный запас;

3. использованные обтирочные материалы необходимо хранить в металлических ящиках с плотно закрывающимися крышками;

4. в случае возникновения пожара в насосной камере необходимо отключить электроэнергию, сообщить о случившемся диспетчеру и главному механику и приступить к тушению с помощью сухих огнетушителей, песка или инертной пыли. Если пожар принимает большие размеры и потушить его не удастся, следует, покинув камеру, закрыть герметичную дверь;

5. огневые работы должны производиться в соответствии с Инструкцией по ведению огневых работ в подземных выработках и надшахтных зданиях и Правилами пожарной безопасности при проведении сварочных и других огневых работ с предварительным оформлением документов на- производство этих работ в установленном порядке.

После окончания ремонтных работ всех видов обслуживающий персонал обязан осмотреть оборудование, убрать посторонние предметы и инструменты, обеспечив чистоту мест, где производились работы.

### **Контрольные вопросы:**

1. Назовите основные требования ПБ к устройству насосных камер главного водоотлива?
2. Назовите основные требования ПБ к трубопроводам
3. Назовите основные требования ПБ водосборникам
4. Назовите основные требования ПБ к количеству насосов
5. Назовите противопожарные мероприятия на водоотливе
6. Назовите меры безопасности при техническом обслуживании и ремонте электрического оборудования водоотливных установок

### **Практическая работа №4 Проектровочный расчет водоотливной установки.**

**Цель работы:** закрепление полученных знаний, а также приобретению навыков принятия самостоятельных обоснованных решений, проведения необходимых для этого инженерных расчетов водоотливных установок.

### **Содержание работы:**

Нормальный приток воды в шахту составляет  $150 \text{ м}^3/\text{ч}$ , высота подачи воды на поверхность 90 м. Для откачки воды принят насос ЦНС 300-120. Насосная установка снабжена трубопроводом с гидродинамической постоянной  $0,002 \text{ ч}^2\text{м}^{-8}$ .

Обеспечивает ли насосная установка откачку воды в соответствии с правилами безопасности для угольных шахт. При несоответствии подобрать новый насос.

## **10 Семестр**

### **Практическая работа №5 Шахтные центробежные и осевые вентиляторы типа ВЦ, ВЦД, ВОД, ВДК, ВО-АР, ВО-АН.**

**Цель работы:** Изучение принципа действия, параметров и конструкции шахтных вентиляторов.

## Содержание работы:

### Принципиальные схемы и устройство вентиляторов

Как центробежные, так и осевые вентиляторы относятся к одному классу - лопастных машин (турбомашин), имеют единый принцип действия и ряд общих элементов. Характерными элементами любой лопастной машины, а том числе и вентиляторов, являются подвод, рабочее колесо (одно или несколько), отвод, вал, подшипники, уплотнения.

Принципиальные схемы центробежных и осевых вентиляторов, применяемых в угольной и горнорудной промышленности показаны на рис. 8 и 10. Путь движения воздуха через эти вентиляторы показан на схемах стрелками.

Центробежные (радиальные) вентиляторы по своей аэродинамической и конструктивной схеме подразделяются на вентиляторы одностороннего и двухстороннего всасывания. В первом случае воздух подводится к рабочему колесу вентилятора с одной стороны, а во втором - с двух. При равных диаметрах и частоте вращения рабочих колес, вентиляторы двухстороннего всасывания имеют подачу больше, чем одностороннего примерно в 2 раза (из-за пропорционального увеличения ширины лопатки).

Подвод воздуха в центробежных вентиляторах производят через конический коллектор или трапециевидный короб. Живое сечение короба со стороны колеса равно площади всасывающего отверстия рабочего колеса, что повышает скорость потока на входе и обеспечивает равномерное его распределение относительно оси. Непосредственно перед колесом установлен лопаточный направляющий аппарат - НА.

Как правило, на вентиляторах с диаметром колеса более 1 м лопатки НА поворотные, поэтому снабжены ручным или моторным приводом, с возможностью разворота лопаток на ходу (без остановки вентилятора). На вентиляторах местного проветривания НА выполняют в виде съемных решеток жесткой конструкции.

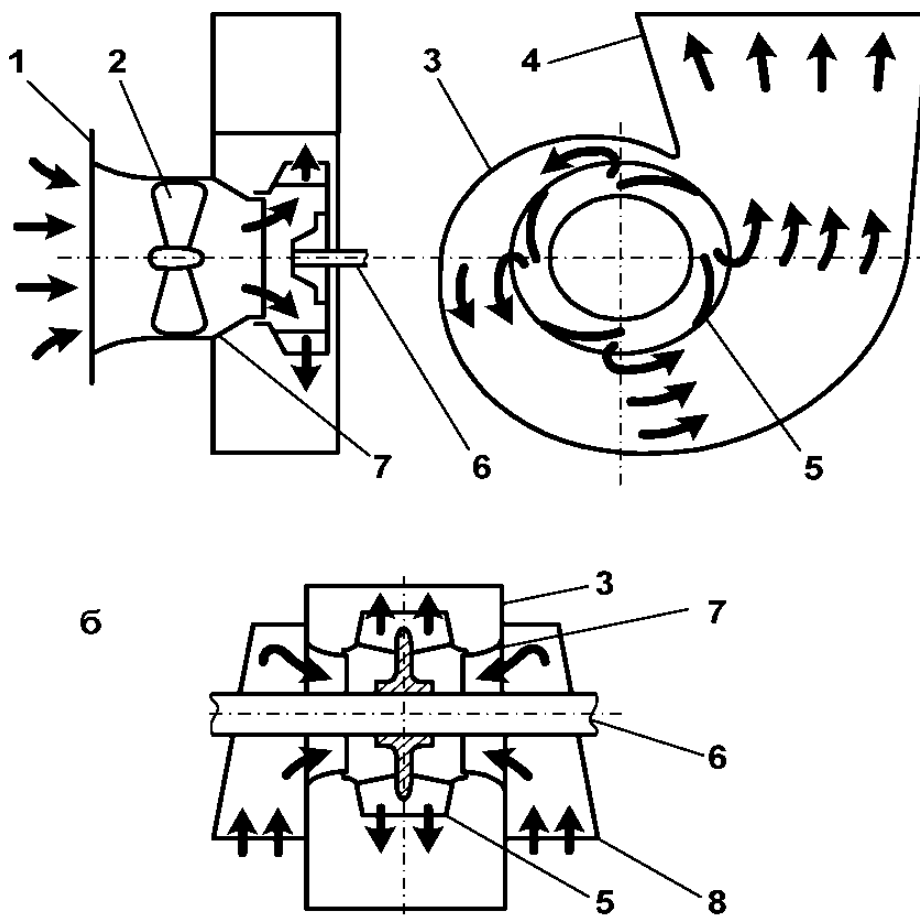


Рис. 8. Принципиальные схемы центробежных вентиляторов: а - одностороннего всасывания; б - двухстороннего всасывания. 1 - коллектор; 2 - направляющий аппарат; 3 - кожух; 4 - диффузор; 5 - рабочее колесо; 6 - вал; 7 - уплотнительная втулка; 8 - подводящая коробка

Рабочее колесо центробежного вентилятора одностороннего всасывания (рис. 9, а) состоит из переднего и заднего дисков, между которыми закреплены загнутые назад лопатки крыловидного профиля (объемной конструкции) и ступицы, которая жестко связана с задним диском. В некоторых конструкциях колес ступица со стороны подвода воздуха имеет обтекатель, который уменьшает гидравлические потери энергии на подходе потока к лопаткам колеса.

У вентиляторов двухстороннего всасывания рабочее колесо (рис. 9, б) состоит из двух дисков с подводящими отверстиями и уплотнительными втулками, двух рядов лопаток, расположенных симметрично относительно среднего диска и одной ступицы.

Передняя кромка лопатки имеет округлую форму, а задняя кромка притупленная. Угол наклона лопаток на задней кромке -  $\epsilon_2$ , являющийся характерным параметром аэродинамической схемы рабочего колеса, у современных шахтных центробежных вентиляторов типа ВЦ и ВЦД угол  $\epsilon_2$  составляет 25-30°.

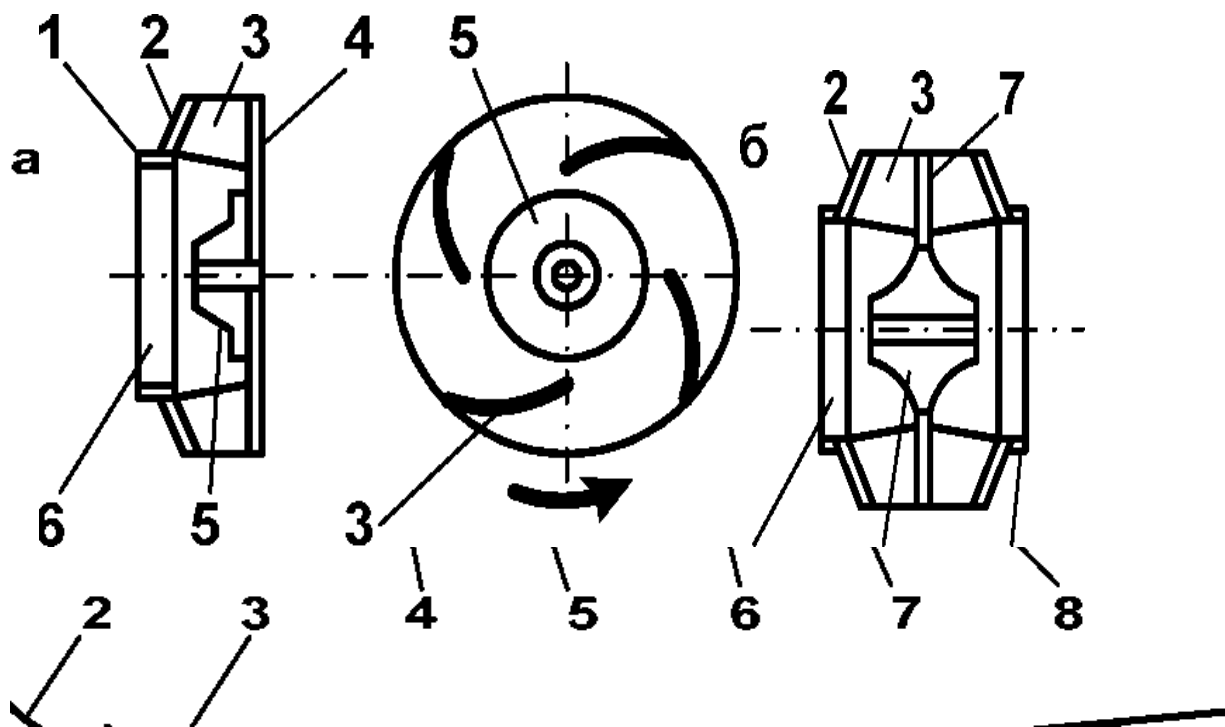


Рис. 9. Колеса центробежных вентиляторов: а - одностороннего всасывания; б - двухстороннего всасывания. 1 - уплотнительная втулка; 2 и 4 - передний и задний диск; 3 - лопатки; 5 - ступица; 6 - всасывающее отверстие; 7 - коренной диск

Отвод воздуха от рабочего колеса в центробежных вентиляторах (см. рис. 8) происходит по спиральному корпусу и следующему за ним диффузору, который имеет форму усеченной пирамиды. Здесь по мере увеличения сечения потока происходит уменьшение его абсолютной скорости и повышение статического давления воздуха.

Осевые вентиляторы (рис. 10) по своей аэродинамической и конструктивной схеме подразделяются на одно- и двухступенчатые.

Для вентиляторных установок главного и вспомогательного проветривания применяются обычно двухступенчатые вентиляторы, а для местного проветривания - одноступенчатые (рис. 10, а). Двухступенчатые вентиляторы создают большее давление, чем одноступенчатые.

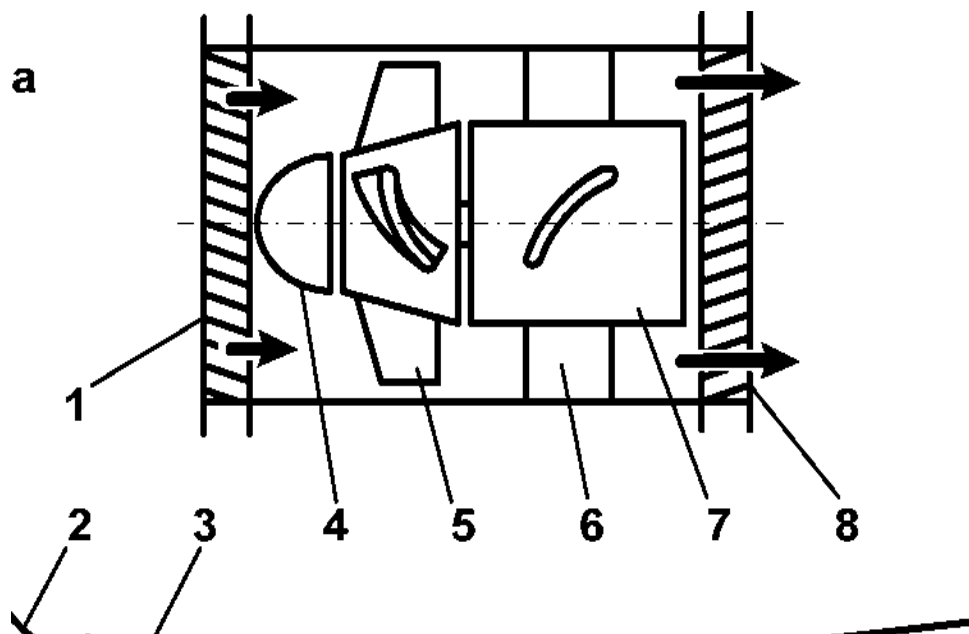


Рис. 10. Осевые вентиляторы: а - местного проветривания, б - главного проветривания; 1 - направляющая решетка; 2 - коллектор; 3 - кожух; 4 и 15 - передние обтекатели (кок); 5 - рабочее колесо; 6 - стойка; 7 - двигатель; 8 - спрямляющая решетка;

Для равномерного подвода воздуха к рабочему колесу 1й ступени с минимальными потерями давления применяют коллектор и передний обтекатель. У осевых вентиляторов местного проветривания часто коллектор заменяют направляющей решеткой (лопаточный направляющий аппарат). Направляющая решетка устанавливается между коллектором и кожухом вентилятора, что позволяет одновременно и повысить безопасность его эксплуатации.

Рабочие колеса осевых вентиляторов представляют втулку, на внешней поверхности которой равномерно по окружности укреплены крученые лопасти объемной конструкции, расположенные под углом к оси колеса  $\theta_K$ . Лопатки устанавливаются на втулке таким образом, чтобы они вращались вперед утолщенной рабочей кромкой и ометали поток воздуха своей вогнутой стороной лопатки. У вентиляторов главного проветривания серии ВОД лопатки поворотные, а конструкция втулки позволяет производить установку лопаток относительно своей оси поворота на разные углы  $\theta_K$  от 15 до 45°. У вентиляторов местного проветривания рабочие колеса жесткой конструкции, поэтому лопатки развернуты относительно оси колеса на постоянный угол, а рабочие колеса сменные. При работе вентилятора воздух движется в осевом направлении через ометаемое лопатками пространство между цилиндрическим кожухом и втулкой колеса.



Элементами отвода у осевых вентиляторов являются лопатки спрямляющего аппарата - СА и диффузор имеющий форму усеченного конуса. СА необходим для раскручивания в обратном направлении окружной составляющей скорости потока и уменьшения потерь напора.

У некоторых моделей осевых вентиляторов местного проветривания втулка рабочего колеса имеет коническую форму, что создает меридиональное ускорение потока с увеличением окружной скорости. При равном диаметре и частоте вращения рабочего колеса с цилиндрической и конической втулками, колесо с конической втулкой создает большее статическое давление.

У двухступенчатых осевых вентиляторов между рабочими колесами устанавливается промежуточный спрямляющий аппарат. Аналогичный по своему устройству и назначению спрямляющий аппарат устанавливается также после второго рабочего колеса.

### **Конструктивные элементы шахтных центробежных вентиляторов главного проветривания**

В качестве примера рассматривается конструкция самого крупного шахтного центробежного вентилятора одностороннего всасывания ВЦ-31,5М. Другие вентиляторы этого типажного ряда имеют аналогичное устройство. Технические характеристики приведены в табл. 2.

Таблица 2

Технические характеристики вентилятора ВЦ 31,5М

Наименование параметра	ВЦ-31,5М
1. Тип,	центробежный
2. Число рабочих колес, шт.	1
3. Диаметр рабочего колеса, мм	3200
4. Число лопаток рабочего колеса, шт.	8
5. Аэродинамическая схема колеса	Ц35-15
6. Частота вращения вала, об/мин	600
7. Статический КПД, ед.	
максимальный	0,84
средневзвешенный	0,74
8. Параметры номинального режима:	
производительность, м <sup>3</sup> /с	108
давление статическое, кПа	4,3
Параметры в зоне промышленного использования:	
9. Производительность, м <sup>3</sup> /с	45-166
10. Давление статическое, кПа	1,8-5,1
11. Мощность, кВт	350-640

12. Масса, кг	16330
13. Тип соединительной муфты	зубчатая
Электродвигатель:	
тип	СДВ-15-3-9-10
мощность, кВт	800

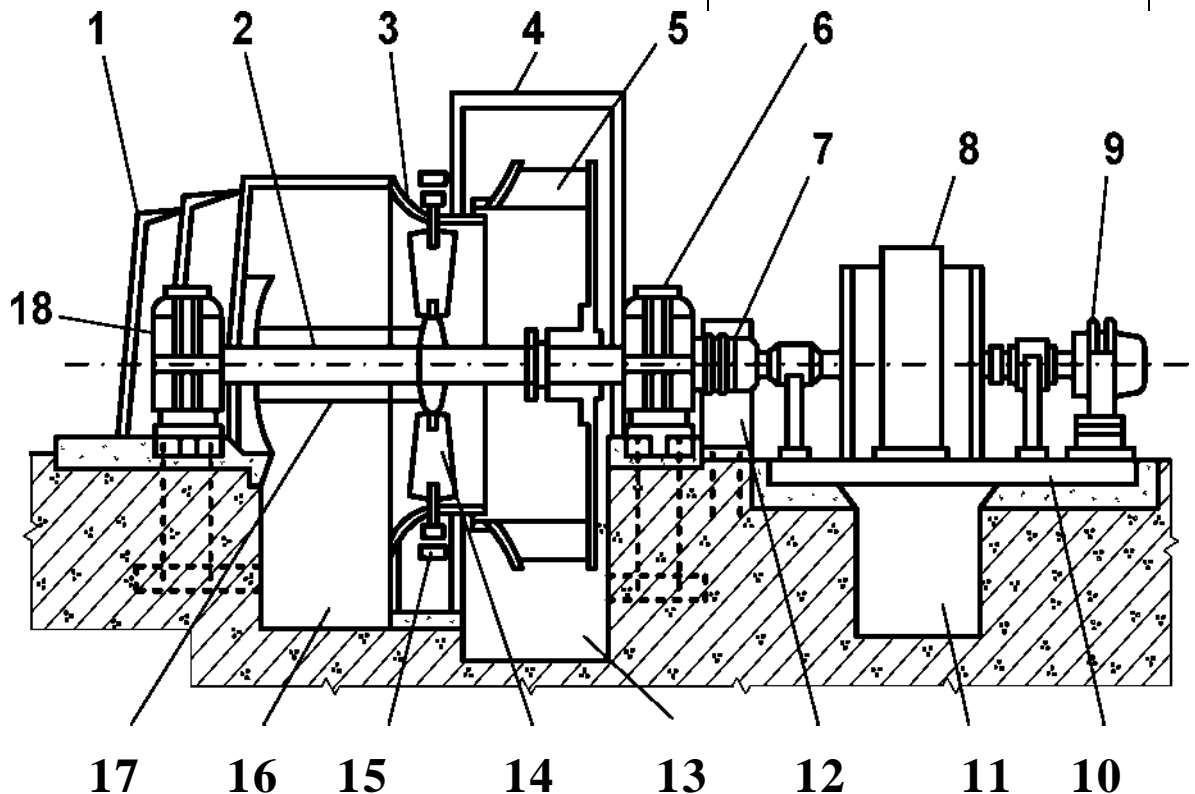


Рис. 11. Продольное сечение вентиляторного агрегата ВЦ-31,5М: 1 - подводящий короб; 2 - вал; 3 - входной патрубок; 4 - кожух; 5 - рабочее колесо; 6 и 18 - задняя и передняя подшипниковая опора; 7 - муфта; 8 - электродвигатель; 9 - тахогенератор; 10 - рама двигателя; 11 - вентиляционный канал двигателя; 12 - ограждение муфты; 13 и 16 - отводящий и подводящий вентиляционные каналы; 14 - лопатки направляющего аппарата; 15 - механизм поворота лопаток направляющего аппарата; 17 - связь (спица)

### Конструктивные элементы осевых вентиляторов

В качестве примера рассматривается устройство шахтного осевого вентилятора модели В0Д-40М и конструкции основных его элементов. Другие осевые вентиляторы этого типа (В0Д-11, В0Д-16, В0Д-21, В0Д-30М, В0Д-50) имеют аналогичное устройство и конструкцию элементов. Техническая характеристика вентилятора В0Д-40М приведена в табл. 3.

Таблица 3

## Техническая характеристика вентилятора ВОД-40М

Наименование параметра		Величина
1. Тип		осевой
2. Число рабочих колес, шт.		2
3. Диаметр рабочего колеса, мм		4000
4. Число лопаток рабочего колеса, шт.		12
5. Аэродинамическая схема колеса		К-84
6. Частота вращения вала, об/мин		375
7. Статический КПД, ед.		
максимальный		0,80
средневзвешенный		0,76
8. Параметры номинального режима:		
Производительность, м <sup>3</sup> /с		216
давление статическое, кПа		2,45
9. Параметры в зоне промышленного использования:		
производительность, м <sup>3</sup> /с		86-400
давление статическое, кПа		0,61-2,86
мощность, кВт		300-1200
10. Маховый момент ротора, кНм <sup>2</sup>		421,83
11. Габаритные размеры (с диффузором и электродвигателем):		
длина, мм		28160
ширина, мм		5700
высота, мм		5700
12. Масса, т		46
13. Тип соединительной муфты		зубчатая
14. Электродвигатель привода вентилятора:		
тип (синхронный)	СДС3-17-41-16РУ4	
мощность, кВт	1600	
частота вращения, об/мин	375	
напряжение, В	6000	
тип (асинхронный)	АКН-2- 19-33-16У4	
мощность, кВт	1600	
частота вращения, об/мин	370	
напряжение, В	6000	

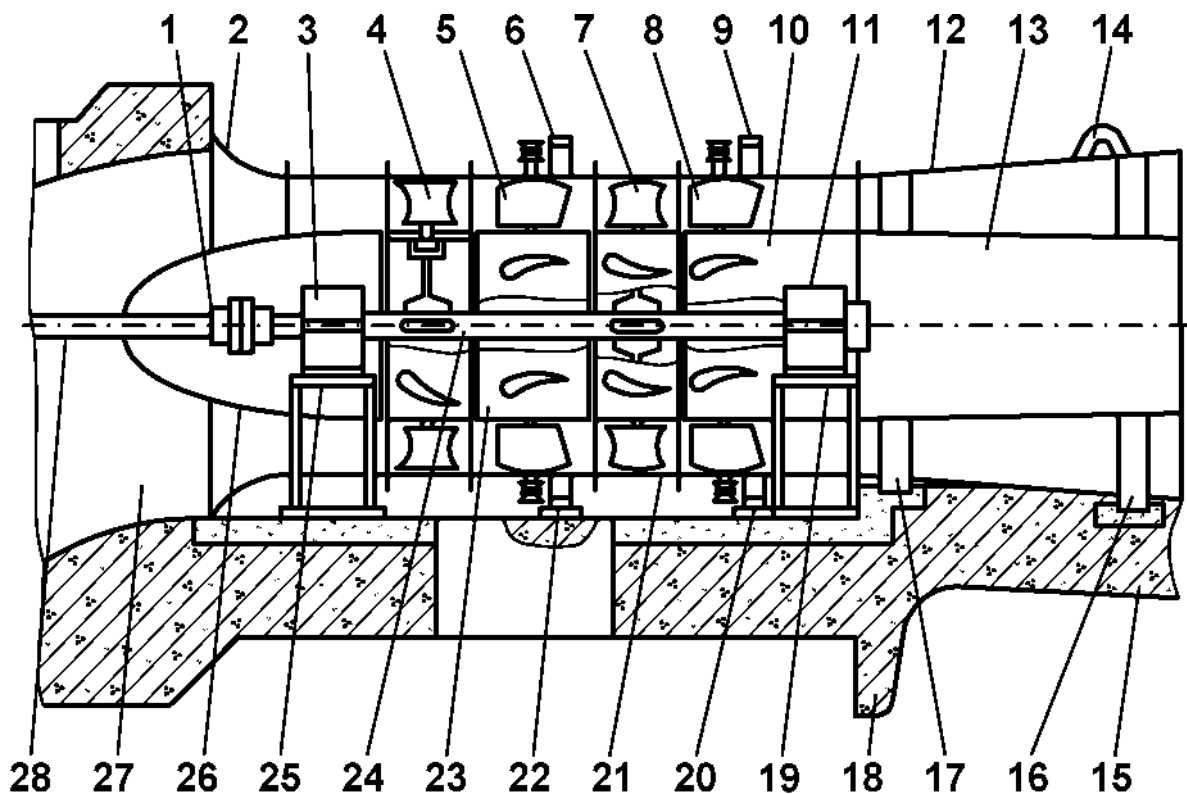


Рис. 12. Продольное сечение вентилятора ВОД-40М:

1 - муфта; 2 - коллектор; 3 и 11 - передняя и задняя подшипниковые опоры; 4 и 7 - рабочие колеса 1-й и 2-й ступени; 5 и 8 - передний и задний спрямляющие аппараты; 6 и 9 - механизм привода переднего и заднего спрямляющих аппаратов; 10 и 23 - внутренние обечайки заднего и переднего спрямляющих аппаратов; 12 - диффузор; 13 - задний обтекатель; 14 - проушина диффузора; 15 - фундамент; 16 и 17 - задняя и передняя опоры диффузора; 18 - зуб фундамента; 19 и 25 - подставки задней и передней подшипниковых опор; 20 и 22 - опоры механизма привода заднего и переднего спрямляющих аппаратов; 24 и 28 - коренной и трансмиссионный валы; 26 - передний обтекатель (кок); 27 - подводящий вентиляционный канал

Компоновка вентиляторных установок главного проветривания с осевыми вентиляторами приводится в литературе [3, 5, 6].

Вентилятор монтируется на железобетонной фундаментной плите, которая внизу имеет выступ, воспринимающий осевую нагрузку.

На рис. 12 не показаны двигатель, тормоз, датчик скорости, маслостанция, переключатели потока, которые являются важными элементами вентиляторной установки.

Передний обтекатель (кок) и коллектор, являются элементами подвода и служат для плавного входа воздушного потока на лопатки рабочего колеса 1-й ступени. Они изготовлены сварными из листовой сортовой стали и имеют разъем в горизонтальной плоскости по оси вентилятора.

Корпус (кожух) вентилятора, имеющий в сборе форму цилиндра, выполнен сварным из листовой стали. Он состоит из четырех продольных

секций, соединенных между собой продольными фланцами и болтами с гайками. Нижняя секция имеет опорные стойки под подшипниковые опоры и основание в виде лап для установки и крепления на фундаменте с помощью фундаментных болтов. В каждой секции встроены поворотные лопасти спрямляющих аппаратов, причем в боковых секциях по четыре лопасти, а в нижней и верхней - по три. -

### **Контрольные вопросы:**

1. Чем отличаются шахтные вентиляторы от других вентиляторов, применяемых в промышленности.
2. Представьте конструкцию осевого вентилятора, назовите основные узлы и поясните их назначение.
3. Представьте конструкцию центробежного вентилятора, назовите основные узлы и поясните их назначение.
4. Назовите основные параметры вентилятора, приведите единицы измерения этих параметров и величину в приложении к применяемым шахтным вентиляторам.
5. Какие из параметров вентиляторов называются регулировочными. Почему.
6. Какие достоинства и параметры осевых вентиляторов предопределили их широкое применение в годы развития горно-добывающей отрасли в России.
7. Приведите основные особенности вентиляторов серии ВОКД. Чем отличается вентилятор ВОКР от других вентиляторов этой серии.
8. Какие положительные отличия имеет серия ВОД в сравнении с другими осевыми вентиляторами.
9. Чем отличается вентилятор ВОД-16 от других вентиляторов серии ВОД.
10. Какие свойства центробежных вентиляторов предопределили их широкое распространение на современном этапе развития горнодобывающей отрасли.
11. По какому назначению применяются центробежные вентиляторы группы малых размеров в шахтных сетях.
12. Какие центробежные вентиляторы относятся к группе средних размеров. Назовите примерные величины их рабочих параметров.
13. Чем отличается ВЦЗ-32 от остальных в группе вентиляторов средних размеров.

14. Чем отличаются вентиляторы ВЦД-32, ВЦД-40 и ВЦД- 47 «Север» от других представителей своей группы.

15. Назовите способы регулирования рабочих параметров осевых и центробежных вентиляторов.

16. Какие требования предъявляются к ВМП в шахтах.

17. Дайте краткую характеристику ВМП по сериям ( ВМ, ВМП и ВЦ).

18. Назовите составляющие части главной вентиляторной установки шахты.

19. Какие типы ГВУ приняты для работы в шахтных сетях. По каким признакам они подразделяются.

20. Какие мероприятия в ГВУ обеспечивают нормальную ее работу в условиях пониженных температур.

21. Перечислите вспомогательные устройства ГВУ, сформулируйте их назначение.

### **Практическая работа №6 Проектировочный расчет вентиляторной установки**

**Цель работы:** Закрепление полученных знаний, а также приобретению навыков принятия самостоятельных обоснованных решений, проведения необходимых для этого инженерных расчетов турбомашин и вентиляторных установок.

#### **Содержание работы:**

Выбрать вентилятор отечественного производства для непрерывной подачи в угольную шахту I категории по газу 500 м<sup>3</sup> атмосферного воздуха, если требуется создать давление: в начале срока эксплуатации – 3кПа, в конце срока эксплуатации – 7кПа.

### **Практическая работа №7 Вентиляторы местного проветривания**

**Цель работы:** Изучение принципа действия, параметров и конструкции шахтных вентиляторов местного проветривания.

#### **Содержание работы:**

#### **Вентилятор ВМ-6М**

Вентилятор ВМ-6М состоит из рабочего колеса, направляющего аппарата, лопаток спрямляющего аппарата, противосрывного устройства,

корпуса, электродвигателя, кабельного ввода, переднего обтекателя (кока), салазок и рым-болта.

Рабочее колесо имеет литую коническую втулку и семь профилированных крученых лопаток, выполненных из капроновой смолы, с залитой арматурой и хвостовиком, с помощью которого лопатка крепится на втулке гайкой. Ступица рабочего колеса насаживается непосредственно на вал электродвигателя.

Направляющий аппарат состоит из корпуса и втулки, на которой расположено девять эластичных (резиновых) лопаток, входные и выходные кромки которых армированы стальными пластинами. Внутри втулки имеется механизм для одновременного поворота выходных частей гибких лопаток (закрылков). Поворот их осуществляется с помощью ручки, одеваемой на конец валика механизма, выведенного наружу через отверстие в коке. Поворотам закрылков в пределах от  $+40$  до  $-50^\circ$  осуществляется изменение напорно-расходной характеристики вентилятора, а следовательно, и регулирование режима его работы.

Спрямяющий аппарат имеет двенадцать стальных лопаток, приваренных к внутренней поверхности корпуса вентилятора. Противосрывное устройство предназначено для устранения седлообразности и разрывов характеристик осевых вентиляторов на ее левой ветви от максимума. Противосрывное устройство представляет кольцевое пространство цилиндрического корпуса НА и цилиндрической поверхности корпуса вентилятора. Внутренний диаметр воздушного сепаратора равен диаметру рабочего колеса. По кольцевому пространству часть воздуха от завихрений в межлопаточном пространстве при снижении подачи отводятся к лопаткам НА и затем к лопаткам рабочего колеса, препятствуя этим разрыву сплошности потока и разрыву напорной характеристики вентилятора.

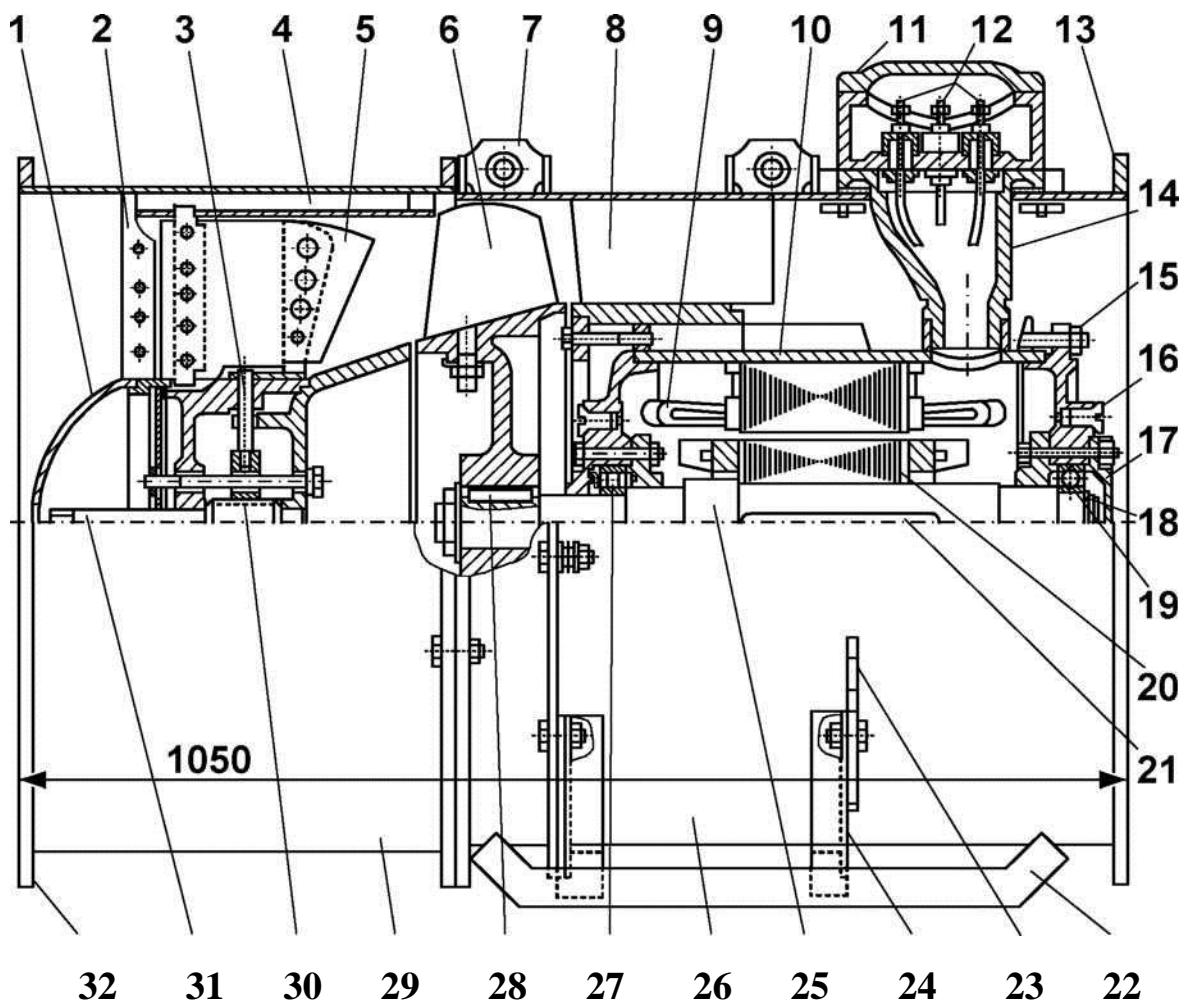


Рис 13. Вентилятор ВМ-6М: 1 - передний обтекатель (кок); 2 - ограждающая решетка; 3, 30 и 31 - привод лопаток направляющего аппарата; 4 - противосрывное устройство; 5 - лопатки направляющего аппарата; 6 - рабочее колесо; 7 - рым для подвески вентилятора; 8 - лопатки спрямляющего аппарата (опоры для крепления двигателя к корпусу вентилятора); 9 - обмотки возбуждения статора; 10 - оболочка электродвигателя; 11 и 14 - крышка и горловина кабельного ввода; 12 - шпильки двигателя; 13 и 32 - отводящий и подводный фланцы; 15 - фиксатор; 16 - заглушка; 17 - глухой фланец; 18 - стопорное кольцо; 19 и 27 - задний и передний подшипники; 20 - ротор; 21 и 28 - шпонки ротора и рабочего колеса; 22 - салазки; 23 и 24 - кронштейн и стойка; 26 и 29 - задняя и передняя части корпуса



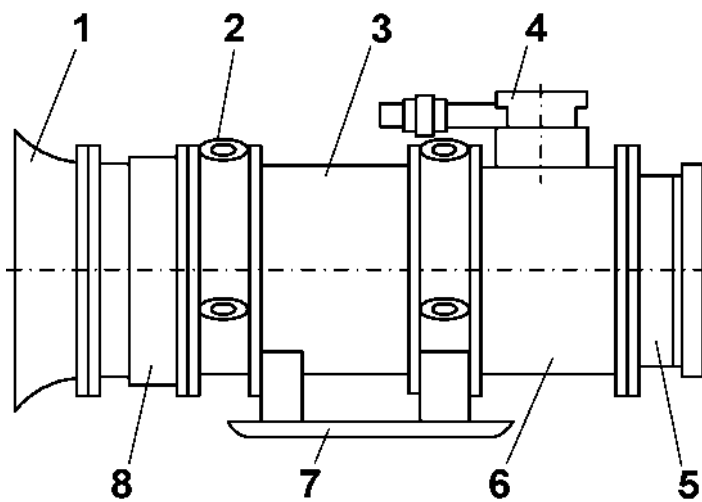


Рис. 14. Общий вид вентилятора ВМ-6 (ВМ-6/1): 1 - подвод с решеткой; 2 - рым (проушина); 3 - корпус; 4 и 6 - ввод силового кабеля и электродвигатель РВ; 5 - выходной патрубок; 7 - салазки; 8 - противосрывное устройство

В табл. 4 приведены технические характеристики вентиляторов ВМЭ-6 и ВМЭ-6/1, которые предназначены для проветривания горизонтальных и наклонных тупиковых горных выработок в угольных и рудных шахтах. Взрывобезопасное исполнение этих вентиляторов (РВ) обеспечивает возможность их эксплуатации в шахтах, опасных по газу и пыли.

Таблица 4

Диаметр рабочего колеса, мм	630
Подача номинальная, м <sup>3</sup> /с	7
Полное давление, Па	2500
КПД	0,68
Мощность электропривода, кВт	25
Напряжение, В	660/380
Частота вращения рабочего колеса, об/мин	3000
Высота, мм, не более	975
Ширина, мм, не более	750
Масса вентилятора, кг	420

### Контрольные вопросы:

1. Вентиляторы местного проветривания. Назначение. Классификация.
2. Сравнение осевых и центробежных вентиляторов местного проветривания.
3. Способы регулирования вентиляторов местного проветривания.
4. Средневзвешенный КПД вентиляторов местного проветривания.
5. Эксплуатация вентиляторов местного проветривания. Требования безопасности.

6. Выбор вентиляторов местного проветривания.
7. Испытание вентиляторов местного проветривания.

## **Практическая работа №8 Поршневые, центробежные и винтовые компрессоры**

**Цель работы:** приобретение студентами знаний и представлений о конструктивных особенностях компрессоров их области применения, классификации, принцип работы.

### **Содержание работы:**

#### **Основы теории поршневых компрессоров**

Назначение пневматических установок [2, с. 365-369]. Преимущества и недостатки пневмоэнергии. Классификация компрессоров [2, с. 360-372]. Основные параметры, характеризующие работу компрессоров [2, с. 372-376].

Конструктивные исполнения поршневых компрессоров [2, с. 391-394]. Теоретические процессы в одноступенчатом поршневом компрессоре [2, с. 394-400]. Влияние вредного пространства, сопротивлений при всасывании и выталкивании воздуха, неплотностей и влажности воздуха на действительный рабочий процесс компрессора [2, с. 401-405].

Причины, вызывающие необходимость многоступенчатого сжатия воздуха в компрессорных установках [2, с. 409-421].

Расчетное определение производительности компрессора по размерам цилиндра и частоте вращения вала [5, с. 157]. Определение мощности на валу компрессора [5, с. 157-160]. Регулирование производительности поршневых компрессоров [2, с. 428-437]. Охлаждение, смазка и регулирование компрессоров [2, с. 450-457].

Вопросы этой темы изложены также в книгах [5, с. 147-159; 6, с. 133-135].

#### **Винтовые и турбокомпрессоры**

Винтовые, центробежные, пластинчатые и жидкостнокольцевые компрессоры, принцип действия [2, с. 457-470, 476-482]. Особенности рабочих процессов турбокомпрессоров и характеристики [2, с. 470-475]

Вопросы этой темы изложены в дополнительной литературе [5, с. 160-190; 195-201; 6, с. 138-154, 162-166].

#### **Оборудование компрессорных станций**

Основное оборудование компрессорных станций [2, с. 483-489]. Выбор типа компрессоров и резерва производительности компрессорных станций. Фильтры для очистки всасываемого воздуха, воздухохорники и

их емкость, устройства для охлаждения воды [2, с. 489-500].

Типы привода компрессоров [4, с. 218]. Контрольноизмерительная аппаратура и устройства защиты [5, с. 182-192].

Устройство, монтаж и методы расчета воздухопроводных сетей [4, с. 221-222].

Вопросы этой темы изложены также в источниках [5, с. 156-159, 190-212; 6, с. 135-137, 154-162].

Методические указания

Теоретический процесс в компрессоре базируется на термодинамических процессах сжатия газа. При этом важно понять причины, препятствующие получению необходимого давления воздуха при одноступенчатом сжатии.

На основе анализа причин снижения действительной производительности по сравнению с теоретической сформулируйте мероприятия по повышению производительности поршневого компрессора.

При изучении компрессоров обратите внимание на особенности их конструктивных решений, преимущества и недостатки различных типов в сравнении друг с другом.

Изучая охлаждение компрессоров, обратите внимание на конструкции промежуточных холодильников, водяных рубашек цилиндров, требования к охлаждающей воде.

При изучении схем смазки необходимо уяснить назначение смазочных масел, способ подачи масел на холодные и горячие пункты смазки, типы смазочных масел.

Надежная работа систем регулирования производительности компрессоров обеспечивает не только их безопасную работу, но и влияет на энергетические показатели, поэтому следует проанализировать влияние различных способов регулирования на удельный расход электроэнергии, выявить наиболее экономичный способ.

Дополнительная литература: [5, с. 147-159, 160-190, 195-201; 8, с. 133-135, 138-154, 162-166].

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите достоинства и недостатки пневмоустановок.
2. Какие допущения принимаются при определении теоретического процесса поршневого компрессора?
3. Дайте определение изотермического, адиабатного и политропного процессов сжатия воздуха.
4. Какое влияние оказывают вредное пространство, сопротивление клапанов, неплотность в цилиндре и влажность воздуха на производительность и КПД компрессора?

5. Дайте определение коэффициента подачи компрессора.

1. Какие причины вызывают необходимость многоступенчатого сжатия?

2. Запишите формулы расчетной производительности компрессора.

3. За счет чего происходит сжатие воздуха в центробежном компрессоре?

4. Какие смазочные масла применяют для смазки горячих и холодных пунктов, чем обеспечивается подача масла к пунктам смазки?

5. Перечислите требования к смазочным маслам.

6. Перечислите способы регулирования компрессоров.

7. Сформулируйте достоинства и недостатки различных способов регулирования производительности компрессоров.

8. Устройство воздушных фильтров для очистки всасываемого воздуха.

9. Сформулируйте назначение воздухоотделителей.

10. Назовите преимущества и недостатки устройств для охлаждения воды.

## **Практическая работа №9 Шахтные подъемные машины**

**Цель работы:** приобретение студентами знаний и представлений о конструктивных особенностях подъёмных установок их области применения, классификации, принцип работы.

### **Содержание работы:**

Назначение и классификация подъемных установок и их эксплуатационные особенности [1, с. 8-16, 21-31]. Основные схемы, элементы и параметры подъемных установок [1, с. 16-21].

Типы подъемных сосудов, области их применения и определение оптимальной грузоподъемности [1, с. 35-73].

Канаты, их классификация [1, с. 75-81]. Напряжения в канатах, методы расчета [1, с. 81-90]. Требования ПБ и ПТЭ к канатам перед навеской и в период эксплуатации [15, с. 57-61]. Прицепные устройства подъемных канатов [1, с. 93-99]. Шахтные парашюты [1, с. 99-105].

Органы навивки с постоянным и переменным радиусом, их область применения [1, с. 107-124, с. 219-225]. Выбор подъемной машины по навивочной поверхности и прочности [1, с. 374-383]. Направляющие шкивы и их выбор [1, с. 141-144].

Определение места расположения подъемной машины относительно ствола [1, с. 383-391].

Кинематика подъемной установки [1, с. 149-153, с. 161-168]. Методы расчета кинематических диаграмм [1, с. 153-160].

Определение мощности и выбор двигателя по тепловому режиму [1, с. 306-315]. Расход энергии и КПД подъемной установки [1, с. 315-323]. Тормозные устройства подъемных машин, их конструкции и требования ПБ и ПТЭ к ним [1, с. 129-141, с. 413-415, 15, с 45, 50-53]. Электропривод и управление подъемным двигателем [1, с. 287-305]. Особенности автоматизации подъемных установок [1, с. 287].

### Методические указания

Все вопросы, касающиеся назначения, классификации и механического оборудования подъемных установок, в достаточной степени изложены в учебниках [4, 5]. Особое внимание следует уделить внимательному изучению ПБ. Современный типаж подъемных установок приведен в каталоге [13]. В настоящее время для скиповых и клетевых подъемов принята семипериодная диаграмма скорости, элементы которой строго определены [17, п. 6.64]. Здесь же даны все необходимые справочные материалы. В учебных пособиях [12, 19] изложены примеры расчётов подъемных установок различных типов.

### Контрольные вопросы

1. Приведите классификацию подъемных установок.
2. Назовите область применения подъемных сосудов.
3. Выбор подъемных сосудов.
4. Назовите величины коэффициенты запасов прочности при расчете канатов.
5. Изложите принципы расчета канатов на прочность.
6. Особенности расчета канатов для глубоких шахт.
7. Нормы браковки канатов в соответствии с требованиями ПБ.
8. Приведите классификацию органов навивки канатов.
9. Конструкции цилиндрических барабанов подъемных машин.
10. Устройство подъемной машины со шкивом трения.
11. Расположение подъемной машины у ствола шахты.
12. Углы девиации, их расчет, требования ПБ.
13. Расчет канатоемкости барабана.
14. Требования ПБ к тормозным устройствам.
15. Множитель скорости и пределы его изменения.
16. Значения ускорений при расчете диаграмм скорости.
17. Парашютные устройства для клетей.
18. Как определяется мощность электродвигателя подъема?

## Список рекомендуемой литературы

### 1. Основная литература

1. Гришко, А. П. Стационарные машины. : 2 т. Т. 1. Рудничные подъемные установки : учебник для вузов / А. П. Гришко. - Москва : Горная книга, 2008. - 461 с. - Режим доступа: [http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view&book\\_id=100048](http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=100048).

2. Гришко, А. П. Стационарные машины : 2 т. Т. 2. Рудничные водоотливные, вентиляторные и пневматические установки : учебник для вузов / А. П. Гришко. - Москва : Горная книга, 2007. - 582 с. - Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=100049>.

3. Шелоганов, В. И. Стационарные машины и установки : учеб. пособие / В. И. Шелоганов, А. П. Гришко. - Москва : Горная книга, 2007. - 320 с. - Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=83668>.

### 2. Вспомогательная литература

4. Картавый, Н. Г. Стационарные машины : учебник для вузов / Н. Г. Картавый. - Москва : Недра, 1987. - 327 с.

5. Хаджиков, Р. Н. Горная механика : учебник для техникумов / Р. Н. Хаджиков, С. А. Бутаков. - 6-е изд., перераб. и доп. - Москва : Недра, 1982. - 407 с.

6. Стационарные установки шахт / под общ. ред. Б. Ф. Братченко. - Москва : Недра, 1977. - 443 с.

7. Гейер, В. Г. Шахтные вентиляторные и водоотливные установки / В. Г. Гейер, Г. М. Тимошенко. - Москва : Недра, 1987. - 269 с.

8. Хаджиков Р. Н. Сборник примеров и задач по горной механике / Р. Н. Хаджиков, С. А. Бутаков. - Москва : Недра, 1989. - 188 с.

9. Абрамов А.П. Стационарные машины. Расчет водоотливных установок горнодобывающих предприятий : учеб. пособие / А. П. Абрамов. - Кемерово, 2012. - 200 с.

10. Бизенков, В. Н. Стационарные машины. Расчет шахтных вентиляторных установок : учеб. пособие / В. Н. Бизенков. - Кемерово, 2005. - 68 с.

11. Вентиляторы главного и местного проветривания. Отраслевой каталог 20-90-05 / Минтяжмаш СССР. - Москва, 1990. - 63 с.

12. Песвианидзе, А. В. Расчет шахтных подъемных установок : учеб. пособие / А. В. Песвианидзе. - Москва : Недра, 1992. - 250 с.

13. Шахтные подъемные машины и лебедки. Отраслевой каталог. - Москва : ЦНИИТЭИТЯЖМАШ, 1989. - 129 с.

14. Каталог насосов. ОАО «Ясногорский завод». - Тула : ООО «ОЛЛИ», 2000. - 68 с.

### **3. Нормативная литература**

15. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах» /

В. Л. Беляк [и др.]. - Москва : Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности, 2014. - 200 с.

16. Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт. - Москва : Недра, 1976. - 303 с.

17. Временные нормы технологического проектирования угольных и сланцевых шахт (ВНТП 1-92). - Москва, 1993. - 111 с.

18. ГОСТ 8732-78. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент. - Москва : Стандартинформ, 2007. - 9 с.

### **4. Методические указания**

19. Щербаков, Ю. С. Расчет и выбор подъемной установки [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю. С. Щербаков, Д. М. Кобылянский. - Кемерово, 2013. -128. с. - Режим доступа : <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91096&type=utchposob:common>.