**КРАСНОТУРЬИНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ**

# КОНСПЕКТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**«Гидравлика и гидравлические машины»**

для специальности № 1006

Теплоснабжение и теплотехническое оборудование

### Краснотурьинск

2005г.

Одобрена: Составлен в соответствии

цикловой комиссией с Государственными требованиями

теплотехнических дисциплин к минимуму содержания и уровню

подготовки выпускника по

специальности 1006

Заместитель директора по

Председатель учебной работе:

цикловой комиссии

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Иванченко В.А. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Ажимов В.И.

<< ------ >> ---------- 2005г <<\_\_\_\_\_>>\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2005г

Протокол №

Автор: Иванченко В.А. Преподаватель

Краснотурьинского

индустриального колледжа

Рецензенты: Уразов Р. М. Заместитель начальника ПТО БТЭЦ

Петрова О.Г.

Преподаватель Краснотурьинского индустриального колледжа

**Содержание**

**Раздел 1. Основы гидравлики**

### 1 Физические свойства жидкостей………………………………………………… 4

2 Гидростатика. Гидростатическое давление и его свойства…………………… 6

3 Основное уравнение гидростатики……………………………………………… 6

4 Определение давления жидкости в открытом и закрытом сосуде…………… 6

5 Давление жидкости на плоские стенки. Гидравлический парадокс…………… 7

6 Гидравлический пресс…………………………………………………………… 7

7 Приборы для измерения давления…………………………………………………8

8 Гидродинамика. Основные понятия……………………………………………….9

9 Расход и средняя скорость……………………………………………………… 10

10 Уравнение неразрывности…………………………………………………………11

11 Уравнение Бернулли……………………………………………………………….11

12 Графики уравнения Бернулли…………………………………………………… 12

13 Приборы для измерения и скорости жидкости………………………………… 12

14 Число Рейнольдса………………………………………………………………….14

15 Шероховатость стенок трубопроводов………………………………………… 14

16 Определение потерь напора по длине…………………………………………….15

17 Местные сопротивления………………………………………………………… 15

### 18 Определение суммарных потерь напора………………………………………….16

#### 19 Назначение и классификация трубопроводов……………………………………16

20 Трубопроводы, работающие под вакуумом…………………………………… 17

21 Гидравлический удар………………………………………………………………18

22 Истечение жидкости из отверстия и насадок…………………………………….19

**Раздел 2. Гидравлические машины**

1 Общие понятия о гидравлических машинах………………………………………22

Поршневые гидравлические машины

2 Принципиальная схема поршневых насосов……………………………………………………………………………… 22

3 Классификация поршневых насосов…………………………………………… 23

4 Производительность поршневых насосов………………………………………………………………..……………… 23

5 Графики подачи поршневых насосов…………………………………………… 24

6 Воздушные колпаки……………………………………………………………… 25

7 Индикаторная диаграмма………………………………………………………… 25

8 Мощность насосов………………………………………………………………… 26

9 Эксплуатация поршневых насосов……………………………………………… 26

Лопастные гидравлические машины

10 Центробежные насосы. Принцип действия…………………………………… 28.

11 Классификация центробежных насосов…………………………………………28

12 Насосы ТЭС……………………………………………………………………… 30

13 Основное уравнение центробежного насоса…………………………………… 31

14 Влияние формы лопаток на развиваемый напор……………………………… 32

15 Давление насоса, определяемое по показаниям приборов…………………… 33

16 Закон пропорциональности……………………………………………………….34

17 Закон подобия…………………………………………………………………… 34

18 Осевое усилие и способы его уменьшения………………………………………35

19 Кавитация. Высота установки насоса……………………………………………36

20 Характеристика центробежного насоса………………………………………… 37

21 Параллельная и последовательная работа насосов…………………………….38

22 Напор насоса, определяемый при проектировании…………………………… 39

23 Основные неполадки в работе насоса и их устранение……………………… 39

# 25 Правила техники безопасности при обслуживании центробежных насосов….41

25 Источники информации………………………………………………………… 43

**Гидравлика** – инженерная дисциплина, занимающаяся изучением законов покоя и движение жидкости, ее взаимодействия с твердыми телами.

Гидравлика подразделяется на две части – гидростатику и гидродинамику. Гидростатика изучает законы покоящейся жидкости, гидродинамика – законы движущейся жидкости.

**Физические свойства жидкостей**

Жидкостями называют физические тела, легко изменяющие свою форму под действием сил самой незначительной величины. В отличие от твердых тел они характеризуются весьма большой подвижностью частиц. Жидкости обладают способностью принимать форму сосуда, в который они налиты. Различают капельные жидкости и газы. Первые представляют собой жидкости, встречающиеся в природе и применяемые в технике: вода, бензин, нефть и пр. Все капельные жидкости трудно поддаются сжатию. При изменении давления температуры их объем под влиянием указанных факторов в значительной степени. В гидравлике обычно изучают капельные жидкости.

##### Плотность жидкости

. Плотностью однородной жидкости называется количество массы, содержащийся в единице ее объема.

,

Плотность жидкости зависит от рода жидкости и температуры.

Вода р =1000

Ртуть р = 13560

Нефть р =680-900

t p

Плотность можно определить при помощи прибора ареомеметра

.

##### Удельный объём жидкости

. . Удельный объём – объем жидкости, занимаемый единицей ее массы. Удельный объем есть величина, обратная плотности.

V=

##### Коэффициент температурного расширения

Коэффициент температурного расширения



Зависит от рода жидкости и интервала температур

Вода t от 100 до 200C Р= 0.1 мПа

= 0.00015 

T от 100 до 200C Р=10 мПа

 = 0.000165

##### Коэффициент объёмного сжатия

. Коэффициент объёмного сжатия сжимаемого жидкости характеризуется коэффициентом объемного сжатия, представляющая собой отношение изменения объема жидкости к первоначальному объему при изменении давления на 1 Па



вода = [Па-1]

нефть= [Па-1]

ртуть= [Па-1]

Ввиду малой величины, жидкость практически не сжимаемая, исключение в тех случаях, когда требуется точное значение, например при научных разработках, а также при гидравлических испытаниях.

*. Вязкость жидкости.*

**Вязкость** – свойство жидкости оказывать сопротивление относительному сдвигу частиц жидкости.

Вязкость характеризуется следующими коэффициентами:

1.- Кинематический коэффициент вязкости

 (стокс)

2. Динамический коэффициент вязкости



3. - Градус вязкости условной

- время истечения 200 мл. Рассматриваемой жидкости и калиброванного отверстия вискозиметра в секунду.

Зная градус вязкости условной, можно определить по формуле:

****

Вязкость зависит от рода жидкости, температуры и давления.

****

Вязкость жидкости применяется по справочнику.

**ГИДРОСТАТИКА**

**Гидростатическое давление и его свойства.**

Гидростатическим давлением называется давление жидкости на единицу площади.

***Свойства гидростатического давления:***

1. Гидростатическое давление действует нормально к площадке, воспринимающей его и направлена внутрь жидкости.

Рх=0

Px

P Py

2.Гидростатическое давление жидкости не зависит от ориентации площадки, на которую оно действует, т.е. гидростатическое давление действует одинаково по всем направлениям.

3. Гидростатическое давление жидкости зависит от глубины погружения.

**Основное уравнение гидростатики.**

Давление жидкости на глубину h равно сумме давления на свободную поверхность жидкости и веса столба жидкости с площадью равной единице.

P=F= PоF+ F (: F)

**** - основное уравнение гидростатики.

Где:

Pо - давление на свободную поверхность выделенному объему;

P - давление на глубине h;

F - площадь сечения, выделенного объема;

H - высота выделенного объема.

G=PV

***Определение давления жидкости в открытом и закрытом сосуде.***

В

1. Сосуд открытый

 h 



2. Сосуд закрытый.

 P0

Р h

***Давление жидкости на плоские стенки.***

***Гидравлический парадокс.***

R**=PCF**

Сила давления определяется, как произведение давления в центре тяжести на всю площадь.

Рассмотрим сосуды различной конфигурации, но при одинаковых следующих условиях.

 = const

F

#### F ρ

H ρ

=

***Вывод****:* Сила давления на дно сосуда не зависит от его конфигурации.

**Гидравлический пресс**

Гидравлический пресс применяют для больших сжимающих усилий, например, для деформации металлов и обработки давлений (прессование, ковка, штамповка), при испытании различных материалов на прочность.





**Приборы для измерения давления**

**1.*Пьезометр*** - простейший прибор жидкостного типа.

Измеряет давление в жидкости высотой столба той жидкости.

Пьезометр представляет собой стеклянную трубку, открытую с одного конца, а вторым концом присоединенную к сосуду, в котором измеряется давление.

h

A

**2. *Жидкостной манометр****,* в котором давление уравновешивается жидкостью.

Представляет собой U-образную стеклянную трубку, частично заполненную жидкостью.

P h1

h

**3.*Дефферециальный манометр,*** присоединенный к двум сосудам. А и В. Для давления на уровне поверхности измеряющийся жидкости плотностью  в левом колене (точка С) имеем 

**B Pb**

**A Pa**

**ha h1**

**4.*Пружинный манометр*** состоит из полой тонкостенной изогнутой латунной трубки, один конец заполнен и соединен с помощью тяги с зубчатым механизмом, второй открытый конец сообщается с сосудом, в котором замеряется давление. Через этот конец в трубку поступает жидкость.

**5.*Мембранный манометр*,** в котором жидкость воздействует на тонкую металлическую пластинку-мембрану. Возникающая при этом деформация мембраны передается через систему рычагов стрелкой, указывающей величину давления.

###### ГИДРОДИНАМИКА

**Основные понятия**

**1*. Установившимся***называется движение, при котором скорость и давление в каждой данной точке пространства, заполненного движущей жидкостью, остаются все время постоянными.

**2. *Неустановившемся***– движение жидкости поля скоростей и поле давлений будут непрерывно изменяться.

1. 2.

Н1

Н=const

Н2

Выделим в жидкости элементарную площадку и через все точки на ее контуре проведем линии тока, совокупность которых образует некоторую объём, который называется ***трубкой тока***

***3. Потоком жидкости*** называется совокупность элементарных струек.

**4. *Элементарная струйка*** - часть жидкости, находящаяся в трубке тока.

Трубка тока остается неизменной при установившимся движении , а при неустановившемся установившемся трубка тока изменяется.

***5. Смоченный периметр***

Часть периметра, по которому жидкость соприкасается с твердыми стенками, называется *смоченным периметром.*

**P=2(h+b)**

A=2h+b

h

**b**

6. ***Напорные и безнапорные трубопроводы***

*Напорным*называется движением, при котором жидкость со всех сторон ограничена твердыми стенками.

*Безнапорным* называется движением, при котором часть жидкости ограничена твердыми стенками, а часть воздухом или газом.

***7. Траектория движения частиц и жидкости и линий тока***

След движения отдельной частицы жидкости в пространстве называется *траекторией*

*Линия тока* – кривая, проведенная через ряд точек в движущейся жидкости так, что векторы скоростей частиц жидкости, находящихся в данный момент в этих точках явились к ней касательными.

***8. Площадь живого сечения***

*Живым* называют перпендикулярное сечение потока.

***9. Гидравлический радиус***

*Гидравлическим радиусом* называют отношение площади живого сечения к смоченному периметру.



Для круглой трубы 

** ,** где r – радиус трубопровода

**Расход и средняя скорость.**

***Расходом*** называется количество жидкости, протекающей через поперечное сечение потока за единицу времени.

Различают *объемный и весовой (массовый)* расход.



**Уравнение неразрывности**

Так как жидкость практически не сжимается, то можно записать: q a=q b

Q1=Q2

W1F1=W2F2

**Wср F=const**

Произведение скорости на площадь сечения для данного потока есть величина постоянная.

**Уравнение Бернулли.**

Уравнение Бернулли устанавливает зависимость между скоростью, давлением и высотой расположением жидкости, если рассмотреть жидкость двух сечений, то



Данное уравнение справедливо для идеальной жидкости.

***Идеальной жидкостью*** называется жидкость, лишенная свойств вязкости.



где: Z - геодезический напор, [M];

–пьезометрический напор, [M];

-скоростной (динамический) напор, [M];

 -полный напор, [M].

- характеризует потенциальную энергию жидкости;

- характеризует кинетическую энергию жидкости;

 - характеризует полную энергию жидкости.

Для реальной жидкости уравнение Бернулли имеет следующий вид:



где: - это потеря напора между сечением 1-2.

Потеря напора зависит от геометрических размеров - длины и диаметра трубопроводов; шероховатости внутренней поверхности, материала и срока службы; вязкости и скорости жидкости.

**Графики уравнения Бернулли.**

*Для идеальной жидкости.*

** **

  H2

Z1 Z2

*Для реальной жидкости.*

** **

  H2

Z1 Z2

**Приборы для измерения**

**расхода и скорости жидкости**

1) ***Расходометр Вентури****:* состоит из цилиндрических труб А и В диаметром d1 соединенных с трубопроводом, сужающегося и расширяющегося участка C и D, между которыми находится цилиндрическая труба диаметром d2 (d1>d2). В сечениях 1-1 и 2-2 цилиндрических участков установлены Пьезометр a и b, разность уровней жидкости.

***2) Расходомер с диафрагмой*:** в расширенной части манометра в измеряющей жидкости плавает поплавок, с помощью рычажного устройства передающей информацию о своем положение стрелки, которая фиксируется на шкале и, градуированной в единицах расхода. Здесь увеличение скорости потока происходит при его подходе через отверстия в пластине, называемой диафрагмой. При резком изменении возникают зоны вихрей, потери напора возрастают, и коэффициент расхода уменьшается.



**3) *Трубка Пито*:** применяется для измерения скоростей для безнапорных потоков.



h

**Режимы движения жидкости.**

Различают два режима: *ламинарный и турбулентный.*

При ламинарном движении не происходит перемешивание слоев жидкости, это наблюдается при малой скорости движения или при движении вязких жидкостей.

Турбулентное движение происходит при значительных скоростях движения жидкостей и находит наибольшее применение, так как при малых скоростях требуются большие диаметры трубопроводов.

**Число Рейнольдса**

*Число Рейнольдса (Re)* – это критерий, по которому определяют режим движения жидкости.

 - величина безразмерная

**Re кр. =2300**

Re<2300 – ламинарное движение

Re>2300 – турбулентное движение

**Шероховатость стенок трубопроводов**

При движение жидкости около стенок образуется тонкий *пограничный слой*, скорость движения жидкости в котором равна 0.

Поверхность трубопровода в зависимости от материала, способа отработки и времени эксплуатации и имеет неровную поверхность, т.е. шероховатость К , которая характеризуется следующими величинами:

#### К

 К

Т.к. при одинаковой величине абсолютной шероховатости её влияние при различных диаметрах различна, то вводят понятие относительной шероховатости:



где: К – абсолютная шероховатость, гидравлически шероховатая поверхность, гидравлически гладкая поверхность;

r – радиус.

При проектировании трубопроводов стремительные нормы и правила (СНиП) предусматривает определенную *эквивалентную* шероховатость:

1 - для водяных тепловых сетей К экв = 0,5мм;

2 - для паропроводов К экв = 0,2мм;

3 – для трубопроводов горячего водоснабжения и конденсатопроводов Кэкв.=0,01мм.

**Определение потерь напора по длине**



где: - коэффициент гидравлического трения, определяется по формулам, в зависимости от режима движения жидкости;

l –длина трубопровода в метрах,м;

d – внутренний диаметр трубопровода,м;

w- скорость,.

***Формулы для определения ***

1. Режим ламинарный: - формула Пуазейля

2. Турбулентное движение:

2.1 поверхности гидравлически гладкие:  – формула Блазиуса

2.2 поверхности гидравлически шероховатые

- формула Альтшуля

- формула Шифринсона

Reкр =568d

Re < Reпр. - формула Альтшуля

Re > Reпр. – формула Шифринсона

**Местные сопротивления.**

На трубопроводах устанавливаются различные устройства (вентиля, задвижки) в котором происходит дополнительная потеря напора.

Сопротивление может характеризоваться различными способами:

1. *Коэффициентом местного сопротивления.* Величина безразмерная,

принимается по справочникам зависимости рода сопротивления (иногда диаметром).

, м

2. Местное сопротивление характеризуется *эквивалентной длиной*

, м

*Эквивалентной длиной* называются участок прямого трубопровода того же, диаметра, что и местное сопротивление, потери напора на котором равны потерям напора в местном сопротивлении.

Например.

- для задвижки d=57мм, l= 0.65м , т.е потеря напора на прямом трубопроводе 0,65м = потери напора задвижки.

К экв.=0,5мм принимается по справочникам в зависимости от рода сопротивления наружного диаметра трубопровода и эквивалентной шероховатости.

**Определение суммарных потерь напора**

Трубопроводы представляют собой сочетание прямолинейных участков трубопровода и местных сопротивлений, поэтому возникает необходимость определять суммарные потери напора.



1. +=

2. 

**Назначение и классификация трубопроводов**

В современной технике трубопроводы используются для перемещения разнообразных жидкостей (воды, нефти, нефтепродуктов) и газов. Их изготовляют из разных материалов (метала, бетона, стекла и др.) Наряду с трубопроводами малых длин и диаметров, применяемых в лабораторной технике и контрольно-измерительной аппаратуре, имеются магистральные трубопроводы, протяжностью в тысячи километров и диаметром в несколько метров.

*Простым трубопроводом*называется трубопровод, не имеющий разветвления на пути движения жидкости от точки забора до точки потребления.

*Сложным трубопроводом*представляет собой сеть труб, состоящую из одной магистральной трубы и ряда отходящих от неё ответвлений.

*Сложные трубопроводы* подразделяются на следующие основные виды:

*Параллельные трубопроводы* - к основной магистрали, параллельно подключены одна или несколько труб.

*Разветвленные трубопроводы*- жидкость из магистрали подается в боковые ответвления, но обратно в магистраль не поступают.

*Кольцевые трубопроводы* **-**  замкнутые в сеть (кольцо), питаемую от основной магистрали.

***Длинные трубопроводы* -** для которых потери напора в местных сопротивлениях малы по сравнению с потерями напора на трение (по длине). В этом случае первыми или пренебрегают или учитывают их через эквивалентную длину. Пример длинных трубопроводов линейные участки магистральных нефтепроводов. При расчете, которых местными сопротивлениями обычно пренебрегают, т. к. они составляют 1-2% потерь на трение.

***Короткие трубопроводы*** учитывают оба вида потерь напора, т.к. они соизмеряемы по величине, пример таких трубопроводов - обвязка насосных станций и эксплутационных нефтяных скважин.

В сложных трубопроводах различают:

- *транзитный расход*, т.е. расход, передаваемый по магистрали;

- *путевой (попутный),* отбираемый из магистрали в ряде промежуточных точек по пути движения жидкости.

**Трубопроводы, работающие под вакуумом**

**( Сифонные трубопроводы)**

***Сифонным трубопроводом***  называют такой самотечный трубопровод, часть которого находится выше уровня жидкости в резервуаре, из которого происходит подача жидкости. Для приведения действия сифонного трубопровода необходимо создать разрежение.

Сифонный трубопровод применяют в качестве водосбросов гидротехнических сооружений, для слива нефтепродуктов из цистерн, опорожнение водоемов, применяют при прокладке водоводов через возвышенности.

В водоснабжении иногда применяются особые конструкции сифонных трубопроводов – сифонные водосборы.

X

Zx

a a

A ****

b b

B

ZA ZB

Поскольку сифон является коротким трубопроводом, его расход определяется по уравнению:

 или   


Для определения возможности работы сифонного трубопровода составляют уравнение Бернулли для положения жидкости начального и наиболее опасного сечения, т. е. начального a – a, и конечно х - х.



где: Pa – минимально возможное атмосферное давление;

h a-x - потеря напора в трубопроводе при движении от сосуда до сечения х.

Данное давление в сечениях должно быть больше или равно давлению паров данной жидкости при данной температуре.

**Гидравлический удар**

Под гидравлическим ударом понимают резкое повышение давления в трубопроводах при внезапной остановке движущейся в них жидкости. Он происходит, например, при быстром закрытии различных запорных приспособлений, устанавливаемых на трубопроводах (задвижках, кранах), внезапной остановке насосов, перекачивании жидкости и др. Особенно опасен гидравлический удар в длинных трубопроводах, где с большими скоростями движутся значительные массы жидкости. В таких случаях, если не принять предупредительных мер, гидравлический удар может привести к повреждению мест соединения отдельных труб (стыки, фланцы), разрыву стенок трубопровода и поломке насосов.

Повышение давление при гидравлическом ударе определяется по формулам:

ΔP = p·с·w;



где: p - плотность жидкости;

c - скорость распространения волны;

W-скорость движения жидкости;

k- модуль упругости жидкости;

d- внутренний диаметр;

- толщина стенки трубы;

E- модуль упругости материала трубы.

Для предотвращения гидравлического удара на трубопроводах устанавливают медленно закрывающиеся задвижки и предохранительные клапаны, срабатывающие при повышении давления сверх допустимого. Применяют также различного рода компенсаторы (воздушные колпаки). При повышении давления упругая среда (воздух) сжимается и гидравлический удар гасится.

**Истечение жидкости из отверстия и насадок**

Различают отверстия тонкой стенки, а так же различные насадки.

*Насадок* – короткая труба, различных конфигураций, используемые на выходе жидкости из сосуда.





где: - коэффициенты расхода и скорости в зависимости от формы насадок.

*Внутренний цилиндрический насадок* выполняют в виде трубки, приставленной к отверстию изнутри сосуда.

Насадок работает неполным сечением, и жидкости вытекая из отверстия, не косая его стенок, что приходит к значительному уменьшению расхода.

Внешний цилиндрический насадок - увеличивает расход в 1,33 раза по сравнению с расходом из отверстия тонкой стенки.

Конический сходящий насадок способствует к увеличению 0,946 расхода на определенных пределах.

*Конический расходящийся насадок* - в таких насадках ввиду разностей скоростей, в местах сжатия струи создается значительный вакуум, поэтому они обладают свойством всасывания, причем в большей степени, чем цилиндрические насадки, расход жидкости при этом увеличивается.

*Коллоидный насадок* имеет форму, близкую к форме струи жидкости, вытекающей из отверстия в тонкой стенке, поэтому в них внутреннее сжатие оказывается наименьшим. Внешнее сжатие отсутствует, а коэффициент скорости и расхода оказываются большими, чем во всяких остальных случаях.

Раздел 2 Гидравлические машины

**Общие понятия о гидравлических машинах**

Насосами называют гидравлические машины, предназначенные для перекачивания жидкости.

**ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ**

Гидравлические

двигатели

Насосы

Гидравлические

передачи

Гидротурбины

Водяные колеса

Водостолбовые машины

(поршневые)

Роторные гидромоторы

Лопастные

Объемные

Струйные

Вихревые

Осевые

Пневматические

Центробежные

Диагональные

Эрлифты, газлифты

Пневматические установки

Поршневые

Роторные

###### ПОРШНЕВЫЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

###### *ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ПОРШНЕВОГО НАСОСА*

1-всасывающая труба

5 2-всасывающий клапан

4 6 3-рабочий цилиндр

4-нагнетательный клапан

7 8 5-нагнетательная труба

3 6-поршень

7-шток

8-ползун

9 9-шатун

2 1 10-кривошип

11-вал электродвигателя

**КЛАССИФИКАЦИЯ ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ**

1. По роду действия:

-насосы простого действия

-насосы двойного действия

-насосы тройного действия (состоят из трёх цилиндров простого действия)

-дифференциальные насосы (подача жидкости осуществляется более равномерно в два приёма)

2. По способу приведения в действие:

-приводные (работают от отдельно расположенного двигателя)

-паровые-прямодействующие (поршни насоса и парового цилиндра имеют общий шток)

-ручные (приводятся в действие вручную)

3. По конструкции рабочего органа:

-поршневые (в растогенном цилиндре перемещается дисковый поршень)

-плунжерные (скальчатые) (рабочим органом является плунжер в виде полого стакана)

-диафрагмовые (рабочий орган – гибкая диафрагма из прорезиненной ткани или кожи

4. По назначению:

-водяные

-канализационные

-кислотные и щелочные

-нефтяные и др.

**ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ**

= – дифференциал простого действия, 

 – второго действия, 

 – третьего действия

F-площадь поршня

D F S-ход поршня

n-число оборотов вала

S f-площадь штока

-К.П.Д. насоса

**ГРАФИКИ ПОДАЧИ ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ**



- отношение максимальной подачи к средней подачи за один ход поршня

 = 3,14 для насосов одинарного действия;

 = 1,57 для насосов двойного действия;

 = 1,04 для насосов тройного действия.

**ВОЗДУШНЫЕ КОЛПАКИ**

Воздушные колпаки предназначены для вырабатывания подачи жидкости поршневого насоса.

На основе теоретических и практических данных рекомендуется принимать следующие объёмы воздушных колпаков в долях от рабочего объёма цилиндра FS.

На напорной стороне для насосов простого действия Vв=22FS

двойного действия Vв=9FS

строенных Vв=0,5FS.

сдвоенных двойного действия Vв=2FS

На всасывающей стороне для всех видов насосов от 5 до 10FS.

При нагнетательном ходе поршня часть жидкости поступает в нагнетательную трубу, а часть в воздушный колпак на линии нагнетания. Давление воздуха в колпаке при этом увеличивается.

При всасывающем ходе поршня нагнетательный клапан закрывается и жидкость поступает в трубу из воздушного колпака за счёт собственного веса и давления сжатого воздуха.

Так как при повышенном давлении в колпаке происходит частичное растворение воздуха, необходимо периодически выпускать воздух через специальные вентили.

При всасывающем ход поршня жидкость поступает из воздушного колпака на линии всасывания. При этом сокращается время наполнения цилиндра; давление в воздушном колпаке падает.

При нагнетательном ходе поршня всасывающий клапан закрывается и происходит заполнение воздушного клапана на всасывании за счёт разности давления в водоёме и воздушном колпаке.

Так как при пониженном давлении происходит выделение воздуха из воды, то необходимо периодически выпускать воздух из воздушного клапана на всасывании. На всасывающем колпаке установлен вакуумметр.

**ИНДИКАТОРНАЯ ДИАГРАММА**

Индикаторная диаграмма – это графическое изображение изменения давления в полости цилиндра поршневой машины в зависимости от положения поршня.

Р

3

4

2

В 1

S

т.1 – открытие всасывающего клапана

1-2 – всасывающий ход поршня

т.2 – закрытие всасывающего клапана

2-3 – нагнетательный ход поршня до открытия нагнетательного клапана

т.3 – открытие нагнетательного клапана

3-4 – нагнетание жидкости

т.4 – закрытие нагнетательного клапана

4-1 – всасывающий ход поршня до открытия всасывающего клапана

С помощью индикаторной диаграммы можно определить неполадки поршневых машин.

дефектные диаграммы

**МОЩНОСТЬ НАСОСОВ**

Nпол.=QP=QgH 

Nпол= [*кВт*]

Nзатр= [*кВт*]

где: Q – подача жидкости, ;

*ρ* – плотность жидкости,  ;

g – ускорение свободного падения, ;

Н – напор насоса ,м

к.п.д. насоса (принимаемый 0,7 – 0,8).

### **ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ**

Перед пуском насоса необходимо тщательно проверить состояние насоса и трубопровода. Открывают всасывающую задвижку. Воздух выпускается через специальный вентиль (воздушник). Пуск поршневого насоса производится при открытой нагнетательной задвижке.

При остановке насоса необходимо закрыть всасывающую задвижку, после чего останавливают насос и закрывают нагнетательную задвижку.

При эксплуатации возникает необходимость регулирования подачи жидкости.

Q=

Из этой формулы видно, что регулирование можно производить следующими способами:

-изменением хода поршня (если позволяет конструкция);

-изменением числа оборотов.

# *ДОСТОИНСТВА ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ*

1. Возможность пуска в работу без залива внутренней полости жидкостью.
2. Независимость напора от расхода жидкости и возможность создания больших напоров при незначительных расходах.
3. Возможность спаривания с двигателем любого вида.

## *НЕДОСТАТКИ ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ*

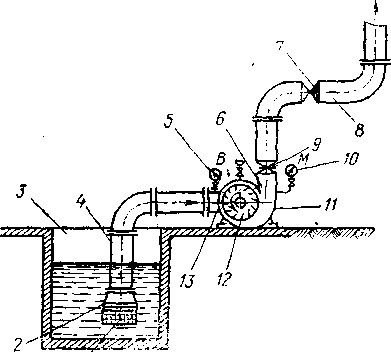
1. Неравномерность подачи воды.
2. Большие размеры и вес, большая стоимость.
3. Вместе с двигателем и передачей требуют больших площадей под установку.
4. Наличие быстроизнашивающихся клапанов.
5. Сравнительная сложность устройства установки в целом.
6. Необходимость устройства больших и прочных фундаментов.

###### ЛОПАСТНЫЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

**ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ**

***Принцип действия.***

Наиболее распространены центробежные насосы ввиду простоты конструкции и удобства эксплуатации. Главными частями центробежных насосов является колесо12 с изогнутыми лопатками, посаженное на валу, и неподвижный корпус 11 спиральной формы, изолирующий колесо от внешней среды. Корпус насоса имеет патрубки 13 и 6 для присоединения его к всасывающему 4 и нагнетательному трубопроводу 8. между всасывающим и колесом во избежании циркуляции жидкости внутри насоса устраивается лабиринтное уплотнение.

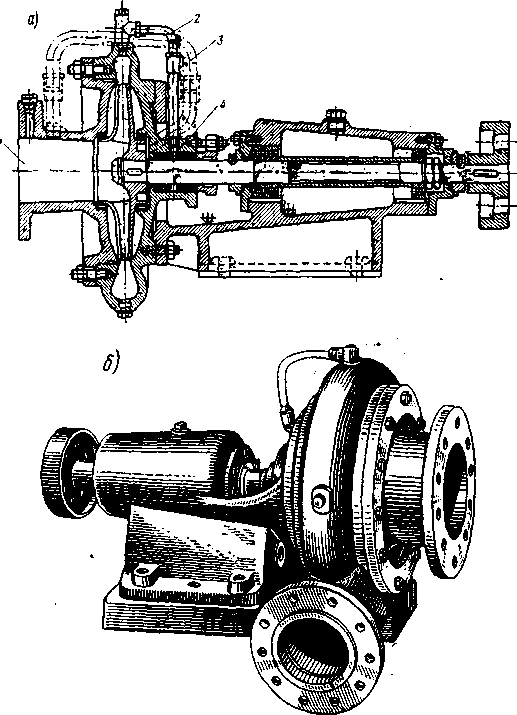


Центробежный насос в отличие от поршневого не может быть пущен в работу без предварительной заливки, так как возникающая при вращении рабочего колеса центробежная сила из-за небольшой плотности воздуха (по сравнению с плотностью жидкости) недостаточна для создания требуемого разрежения. Поэтому перед пуском всасывающий трубопровод и корпус насоса должны быть предварительно залиты жидкостью. Приемный клапан 2 служить для того, чтобы эта жидкость не уходила в резервуар 3, а приемная сетка 1 предохраняет насос от загрязнения

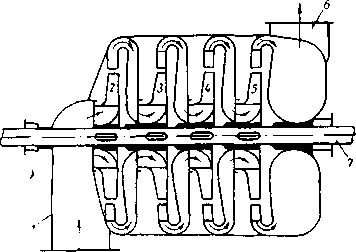
При вращении рабочего колеса жидкость, залитая в насос перед его пуском, увлекается лопатками, под действием центробежной силы движется от центра колеса к периферии вдоль лопасти, ток и подается через спиральную камеру в нагнетательную трубу. Поэтому на “входе” в колесо в том месте, где всасывающая труба примыкает к корпусу, создается разрежение, под действием которого вода из водаема всасывается в насос. Таким образом, устанавливается непрерывное движение жидкости из водаема 3 через всасывающую трубу 4, насос 11, задвижку 9, обратный клапан 7 в нагнетательную трубу 8. на насосе устанавливают вакуумметр 5 и манометр 10.

**КЛАССИФИКАЦИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ**

* 1. По числу колёс (ступеней):
  2. Одноколёсные (одноступенчатые)



1.2 многоколёсные (многоступенчатые).



2. По способу подвода жидкости к рабочему колесу:

2.1. с односторонним входом жидкости на рабочее колесо;

2.2. с двусторонним входом жидкости на рабочее колесо.

Д

3. По создаваемому напору

3.1. Низконапорные Н до 20 м (Р до 2 кгс/см2 = 0,2МПа)

3.2. Средненапорные Н = 20 ÷ 60 м (Р от 2 до 6 кгс/см2 = 0,2 ÷ 0,6 МПа)

3.3. Высоконапорные Н>60 м

4. По расположению вала

4.1. Горизонтальные

4.2. Вертикальные

5. По способу отвода жидкости из рабочего колеса

5.1. Спиральные

5.2. Секционные

6. По способу соединения с электродвигателем

6.1.Приводные, соединяемые с электродвигателем ремённой передачей

6.2. Соединяемые непосредственно с двигателем через упругую муфту

1. По назначению ( в зависимости от рода жидкости). Для перекачивания холодной, горячей воды, кислотной, щелочной, масляной жидкости.

**НАСОСЫ ТЭС**

*Насосы ТЭС* – это центробежные насосы низкого, среднего и высокого давлений; одноступенчатые насосы с односторонним и двусторонним входом; многоступенчатые насосы для чистой воды, масла, мазута и т. д.

Насосы ТЭС можно разделить на группы:

1.основные, т.е. насосы, тесно связаны с работой основного эксплутационного оборудования ТЭС и являющиеся поэтому особо ответственными элементами:

-питательные;

-циркуляционные;

-конденсатные;

-вакуумные;

-сетевые;

-маслонасосы систем связки и регулирования турбины и генератора;

-мазутные и др. топливные насосы;

-насосы охлаждения трансформаторов;

-основные насосы химической водоочистки;

-багерные насосы.

2.насосы вспомогательных циклов работы:

-испарительной установки;

-подачи жидкого топлива к бакам хранения и рециркуляции;

-прмливневой и фекальной канализации;

-масляного хозяйства;

-дренажные насосы различного назначения;

-вспомогательные насосы химической водоочистки;

-технического водоснабжения.

К наиболее ответственным насосам относятся питательные, конденсатные, циркуляционные.

К насосному оборудованию предъявляются требования по надёжности, простоте в обслуживании и ремонте и продолжительности эксплуатации. Насосы ТЭС и АЭС должны быть:

1. удовлетворять требованиям надёжности и долговечности в работе;

2. быть экономичными в эксплуатации;

3. быть удобными в монтаже и демонтаже;

4. иметь минимальную массу и габариты;

5. обладать минимальным количеством деталей и обеспечивать их взаимозаменяемость;

6. допускать в широком диапазоне изменение характеристик;

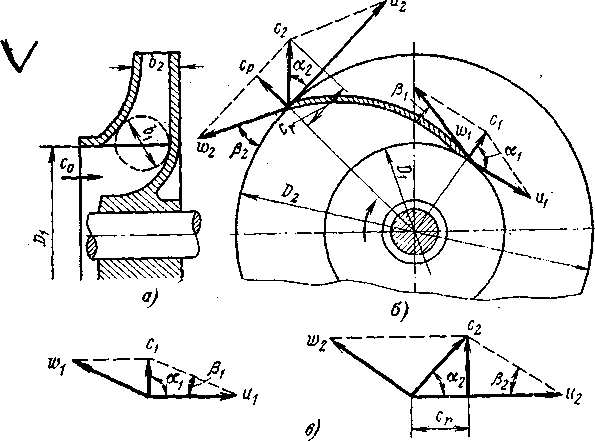
7. работать с меньшим подпором;

8. обеспечивать надёжную параллельную работу насосных агрегатов;

9. обеспечивать минимальное эксплутационное обслуживание.

**ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ**

ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА



Жидкость в рабочем колесе центробежного насоса совершает сложное движение.

W – скорость относительного движения вдоль рабочей лопатки за счёт центробежных сил

u – окружная скорость

с – абсолютная скорость движения жидкости

u = ωR =

Теоретический напор определяется по формуле:

Ннт=  - уравнение Л. Эйлера (1754 г.)

Исходя из условий безударного входа жидкости в колесо во избежание больших потерь напора, жидкость обычно подают в колесо в радиальном направлении, т.е. 1=900 .

1=900, cos900=0

Ннт= 8÷15

Действительный напор меньше теоретического по следующим причинам:

1. часть напора расходуется на преодоление гидравлического сопротивления внутри насоса;
2. не все частицы жидкости, взятые по ширине канала между двумя соседними лопатками, движутся с одинаковыми скоростями; следовательно, треугольники скоростей на входе с колеса для различных струек неодинаковы.

Потери напора на преодоление гидравлических сопротивлений учитываются гидравлическим к.п.д.

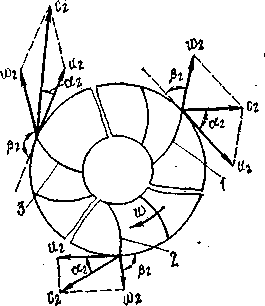
ηт=0,8÷0,95

Понижение напора по второй причине учитываются коэффициентом κ.

κ<1(~0,98÷0,99)

Ннд=

**ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ЛОПАТОК НА РАЗВИВАЕМЫЙ НАПОР**



В центробежных насоса можно применять лопатки трёх видов по кривизне относительно направления вращения колеса:

1. загнутые назад;

2. загнутые радиально;

3. загнутые вперёд

R1, R2, n = const

u2 = 

При одинаковых оборотах и размерах колёс, загнутые вперёд лопатки сообщают наибольшую абсолютную скорость, поэтому наибольший теоретический напор дают лопатки, загнутые вперёд. Однако, если скорость жидкости на выходе из насоса большая, то увеличиваются гидравлические потери пропорционально квадрату скорости. Поэтому колёса с загнутыми вперёд лопатками имеют более низкий к.п.д., чем при лопатках, загнутых назад.

Кроме того, каналы между лопатками загнутыми назад более плавно расширяются, чем при лопатках загнутых вперёд. Поэтому для насосов всегда применяют колёса с загнутыми назад лопатками, т.к. они обеспечивают наибольший к.п.д. насоса.

**ДАВЛЕНИЕ НАСОСА, ОПРЕДЕЛЯЕМОЕ ПО ПОКАЗАНИЯМ ПРИБОРОВ**

Насос по отношению к уровню жидкости может быть установлен двумя способами:

1. *насос находится над уровнем жидкости водоёма*

#### М

В

Напор насоса определяется по формуле:

Нн = 10Рм+10Рв+zм.в. [м],

где: Рм, Рв показания манометра и вакуумметра в кгс/см2 ;

ω2,ω1 – скорость жидкости на выходе и входе насоса;

Zм.б. – расстояние между отметками манометра и вакуумметра .

2 Насос находится «под заливом», т.е. с избыточным давлением на всасывании

М2

М1

Нн = 10Рм2 – 10Рм1 + 

Zм.2м1 – расстояние между отметками манометров;

Рм1, Рм2 –показания манометров.

**ЗАКОН ПРОПОРЦИОНАЛЬНОСТИ**

Соотношение, описывающее зависимость расхода напора и мощности от числа оборотов называется законом пропорциональности.

n1 – ν1, W1, u1

n2 – ν2, W2, u2

n2>n1

u = ωR = 



Q = Fω

Подача насоса изменяется пропорционально радиальной составляющей скорости на выходе.

Q = Fν2nη0



Объёмный к.п.д. (η0) остаётся практически неизменным при изменении числа оборотов в пределах 50%.



Из этой формулы видно, что u2, ν2 каждый из которых зависит от числа оборотов

 где κ2 и ηг при изменении числа оборотов в пределах 50% остаются неизменными, поэтому формула принимает виды:



**ЗАКОН ПОДОБИЯ**

При конструировании и эксплуатации центробежных насосов пользуются законами их подобия и в первую очередь подобием рабочих колёс этих насосов. Различают геометрическое и кинематическое подобие рабочих колёс.

Геометрическое подобие означает пропорциональность соответствующих размеров их проточной части (d, ширины лопаток, радиусов кривизны лопаток и т.д.)

Кинематическое подобие предопределяет одинаковое направление векторов скорости в сходственных точках потока.

Если геометрическое подобие колеса d2 и d1 вращаются с одинаковым числом оборотов, то получают следующие зависимости.

Подача пропорциональна площади выходного сечения рабочего колеса и радиальной составляющей скорости на выходе. Если рабочие колёса подобны, то площадь выходного сечения пропорциональна d2, а скорость на выходе пропорциональна d, поэтому:



Коэффициент быстроходности – число оборотов в одну минуту рабочего колеса, которая геометрически подобна рассматриваемому колесу и при подачи жидкости Q = 75 л/сек обеспечивает напор Н = 1м.

ns = 3,65 , где n – число оборотов в 1 мин.  
 Q [м3/с]

Примечание: для насосов с двухсторонним подводом жидкости на рабочее колесо в формулу подставляется Q/2.

ns=50 – 80 насосы тихоходные;

ns= 80 – 150  насосы нормальной быстроходности;

ns= 150 – 300 насосы быстроходные.

При увеличении быстроходности уменьшается величина отношения диаметра рабочего колес к диаметру входа на рабочее колесо с3-2,5 (тихоходные) до 1,8 – 1,4 (быстроходные).

ns ↑ - Q↑ H↓

ns↓ - Q↓ H↑

**ОСЕВОЕ УСИЛИЕ И СПОСОБЫ ЕГО УМЕНЬШЕНИЯ**

**Р2**

Схема возникновения

осевого давления:

1-зал;

2-рабочее колесо;

3 и 4-зазоры между

Р1 Д2 рабочим колесом

и корпусом насоса.

# На рабочее колесо центробежного насоса с односторонним входом жидкости

действует осевая сила, направленная в сторону входа. Она возникает из-за неодинаковости сил давления, действующих справа и слева на рабочее колесо.

В полости между корпусом и рабочим колесом, заполненной перекачиваемой жидкостью, давление равно давлению на выходе из рабочего колеса.

Сила давления направлена вправо:

F1=p1

Сила давления направлена влево:

F2=p2

F=F2-F1= (p2-p1)

*Осевое давление может быть уравновешенно несколькими способами.*

1. применением 2х сторонних колёс, у которых благодаря симметрии не возникает осевого усилия; для фиксации вала в осевом направлении и восприятии случайных осевых сил применяют радиально-упорные подшипники;
2. установкой дополнительных уплотнительных колец и просверливанием разгрузочных отверстий ступицы, благодаря чему почти полностью выравниваются давления, действующие с обоих сторон рабочего колеса;
3. установкой гидравлической пяты в многоступенчатых насосах секционного типа.

**КАВИТАЦИЯ**

**ВЫСОТА ОСТАНОВКИ НАСОСА**

Обычно при работе насоса на его всасывающей стороне создаётся повышенное давление. Если это разряжение такого, что давление на входных кромках рабочих колёс ниже давления паров перекачиваемой жидкости при данной температуре, то наступает парообразование жидкости в полости рабочего колеса. Возникающее при этом явление (эрозия, коррозия, вибрация, шум, падение напора) называют **кавитацией.**

Поэтому необходимо чтобы давление на всасывании было больше давления паров жидкости при данной температуре.

Явление кавитации сильно действует на чугун и углеродистую сталь. Наиболее устойчивые в этом отношении нержавеющая сталь и бронза. В последнее время для предохранения от явления кавитации наиболее подверженные детали кавитации покрывают защитными твёрдыми сплавами.

Для предупреждения явления кавитации необходима правильная высота установки насоса, которую можно определить из следующей формулы:

Нвак.=Н г.в.+Н п.н .+

Для каждого насоса в характеристике указывается линия Нвак.доп., поэтому Нвак.Нвак.доп..

**ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА**

Графическая зависимость основных технических показателей (напора, мощности, к.п.д., Δhдоп. ) от подачи при постоянных значениях числа оборотов рабочего колеса, вязкости и плотности жидкости называется *характеристикой насоса*.

Различают теоретические и экспериментальные (действительные, рабочие) характеристики насосов.

Теоретические характеристики получают пользуясь основными уравнениями центробежного насоса, которые вводят поправки на реальные условия работы насосной установки. Так как на работу насоса влияет большое число факторов, которые трудно, а иногда и невозможно учесть, теоретические характеристики насосов неточны и ими практически не пользуются.

Истинные зависимости между параметрами работы центробежного насоса определяют экспериментально в результате заводских (стендовых) испытаний насоса или его модели.

После пуска насоса подачу регулируют изменением степени открытия задвижки на напорной линии. Таким образом, устанавливают несколько значений подачи и измеряют соответствующие этим значениям значения величины напора и потребляемой мощности.

По полученным в результате экспериментов данным строят графики – характеристики насосов.

Nквт

Нм

H

N

H

Qм3/ч

**Характеристика трубопровода**

Для построения характеристики трубопровода необходимо определить следующие величины:

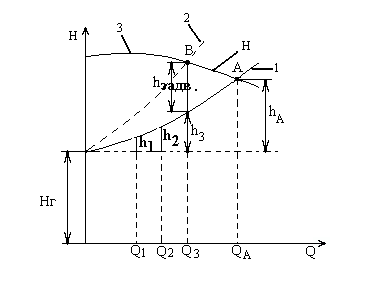
Н г – геометрическая высота подъёма жидкости

Н г=Н г.в.+Н г.н.

Нн=Н г+h пот.=Н г+SQ2 – учитывая квадратичную зависимость потерь

напора от скорости (расхода) жидкости

h пот=h пот.вс.+h пот.нагн.



1 – характеристика трубопровода при открытой задвижке;

2 – характеристика трубопровода при прикрытой задвижке;

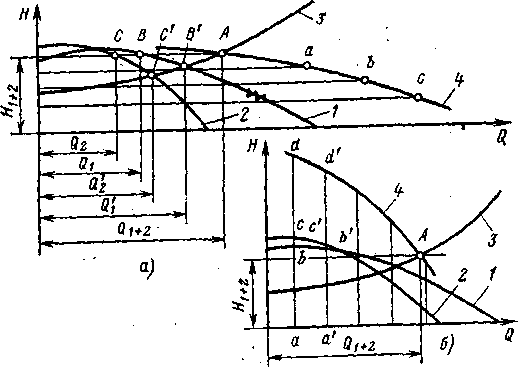
3 - характеристика насоса.

Действительная подача жидкости определяется точкой пересечения характеристики трубопровода и характеристики насоса.

**ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ**

**РАБОТА НАСОСОВ**

На тепловых электростанциях часто имеет место совместная работа двух или нескольких работающих насосов, при этом насосы могут включатся как параллельно, так и последовательно. Два или несколько насосов включают на тепловых станциях параллельно в тех случаях, когда один насос не обеспечивает необходимой подачи. Для увеличения напора насосы включают последовательно. Для анализа совместной работы насосов строят их суммарную характеристику.



**Работа центробежных насосов при параллельном (а) и по­следовательно (б) соединении:**

1 — характеристика первого насоса;

2 — характеристика второго насоса;

3 —ха­рактеристика трубопровода; 4—суммарная характеристика двух насосов

При построении суммарной характеристики насосов необходимо помнить следующее:

*при параллельном включении насосов складываются подачи при равных напорах, при последовательном включении складываются напоры при равных подачах.*

Параллельная работа насосов целесообразна при пологой характеристике трубопровода, т.е. наименьшем сопротивлении. С этой целью при проектировании принимают несколько увеличенные диаметры трубопроводов.

Последовательная работа насосов целесообразна при крутой характеристике трубопровода, т.е. наибольшем сопротивлении. С этой целью при проектировании принимают несколько уменьшенные диаметры трубопроводов.

**НАПОР НАСОСА, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ**

Нн = 1,2 (Н г.в.+Н г.н.+h пот.вс.+h пот.нагн.+h потр.) [м]

где: Hг.в.- геометрическая высота подъема жидкости;

Нг.н.- геометрическая высота нагнетания;

Нг = Нг.в. + Нг.н.

  hпот.вс. – суммарные потери на линии всасывания;

hпот.н. - потери напора на линии нагнетания.

В тех случаях, когда у потребителя жидкость должна быть под давлением, то может быть 2 варианта:

1. требуемый напор у потребителя создаёт насос, подаваемый жидкость из трубопровода или водоёма;
2. насос устанавливается дополнительно у потребителя.

**Основные неполадки в работе насоса и их устранение**

При пробных пусках или в процессе эксплуатации агрегата могут возникать различные неполадки в его работе, вызванные неправильным монтажом или обслуживанием, или естественным износом деталей. Все неполадки обладают характерными признаками, по которым они распознаются. Обычно перечень наиболее часто встречающихся неисправностей насосных установок и способов их устранения сводится в таблицу, которой пользуется эксплуатационный персонал.

Главными неполадками являются следующие:

Нарушение соосности насоса и привода, при этом насос не пускается в работу; насос не засасывает жидкости (причиной этого могут быть засорение фильтрующей сетки, попадание воздуха в насос, неисправность обратного клапана на всасывающей линии насоса и т.д.); насос при полном открытии напорной задвижки не дает необходимой подачи), о может быть следствием засорения напорной магистрали, а также увеличения гидравлических потерь в насосе при его износе, засорении или повреждении рабочего колеса, падении напряжения электропитания двигателя); повышение вибрации, удары и шумы могут возникнуть вследствие засорения или неравномерного износа лопастей рабочих колес, кавитации, слабого крепления подводящей и отводящей магистрали и других причин.

Нельзя допускать длительной работы насоса в кавитационном режиме.

Коррозия проточной части насосов может возникать как вследствие эрозии при кавитации и при работе насосов на электролитах или агрессивных средах.

Детали и узлы проточной части насосов, работающих в контакте с агрессивными средами, изготовляют из коррозионно-стойких материалов (высоколегированных сталей, аустенитых хромоникелевых, с присадками кремния и молибдена, повышающими их коррозионную стойкость, а также из высоколегированных чугунов с присадками кремния, хрома, никеля и меди).

# При любых неполадках насос останавливается, производится осмотр и устранение неисправностей.

|  |  |
| --- | --- |
| **Неполадки** | **Способ устранения** |
| Насос после пуска не подает жидкость. | Осмотреть трубопровод и устранить неполадку.  Повторить заливку насоса водой. |
| Подача насосом жидкости в процессе работы падает. | Проверить и исправить двигатель.  Подтянуть или сменить набивку в сальниках.  Проверить все задвижки.  Осмотреть всасывающий трубопровод. |
| Уменьшение напора в процессе работы насоса. | Проверить двигатель, всасывающий трубопровод.  Сменить поврежденные детали. |
| Перегрев двигателя. | Проверить двигатель и систему подключения к электросети.  Открыть задвижку на напорном трубопроводе. |
| Вибрация при работе насоса. | Проверить установку агрегата.  Осмотреть и прочистить колесо. |

# *Правила техники безопасности при обслуживании центробежных насосов.*

Следует отметить, что правила техники безопасности, регламентируются соответствующими инструкциями, указаниями, мероприятиями. Все они подробно рассматриваются в специальном курсе.

Требования, выполнения которых обязательно для создания безопасных условий труда при обслуживании насосной установки.

На современной ТЭС основные насосные агрегаты обслуживает машинист, сдавший специальный экзамен на право обслуживания насосов. Лица, не имеющие удостоверения о сдаче такого экзамена, к работе с насосными установками не допускаются.

К насосу должен быть обеспечен свободный доступ для осмотра и обслуживания его. Движущиеся части установки необходимо оградить специальными съемными кожухами. Все углубления в помещении насосной станции, переходы и мостики должны иметь перила высотой не менее 1м.

Перед пуском насоса машинист обязан убедиться в исправности оборудования и его соответствии инструкции по обслуживанию данного типа насосного оборудования.

Не допускается проводить никаких ремонтных работ на действующей насосной установке.

Освещение насосной станции должно быть достаточным для безопасного обслуживания агрегатов.

Должна быть предусмотрена защита от возможного воздействия электрического тока.

##### Во время работы центробежных насосов необходимо:

1. Наблюдать за тем, что бы смазочные кольца свободно вращались на валу.
2. Поддерживать уровень масла в подшипниках.
3. Своевременно подтягивать сальники.

Насосный агрегат выключают только в тех случаях, когда его работа становится не эффективной. К требованиям техники безопасности так же относятся соблюдение расстояния между агрегатами, обеспечение необходимой

освещенности, вентиляции помещения и т. д.

### Источники информации

1. Андреевская А.В. «Задачник по гидравлике» М.:Энергия 1970
2. БрюхановОН., КоробкоВИ.,Мелик-АракелянАТ. Основы гидравлики и аэродинамики М. ИНФРА-М 2004
3. Жабо В.В.; Уваров В. В. «Гидравлика и насосы». М.: Энергоатомиздат 1984 г.
4. Лобачёв П.В «Насосы и насосные станции». М.:Стройиздат 1978 г.
5. Альтшуль А.Д. «Примеры расчетов по гидравлике». М.:Стройиздат 1976 г.
6. Рабинович Е.З.; Евгеньев А.Е. «Гидравлика». М.: Недра 1987 г.
7. Семидуберский М.С. «Насосы, компрессоры, вентиляторы». М.: «Высшая школа» 1974 г.
8. Черкасский В.М. «Насосы, вентиляторы, компрессоры ». М.: 1984г.