**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

**И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ**

**Учреждение образования**

**«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ**

**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

**В. В. Горбачёв, Д. М. Лейко, А. А. Боровиков**

**насосные станции**

**и СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ**

**ВОДОСНАБЖЕНИЕ**

**В двух частях**

**Часть 1**

**Насосные станции**

***Рекомендовано учебно-методическим объединением***

***по образованию в области сельского хозяйства в качестве***

***учебно-методического пособия для студентов учреждений***

***высшего образования, обучающихся по специальностям***

***1-74 05 01 Мелиорация и водное хозяйство, 1-74 04 01 Сельское строительство и обустройство территорий***

**Горки**

**БГСХА**

**2013**

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

В. В. Горбачёв, Д. М. Лейко, А. А. Боровиков

**насосные станции**

**и СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ**

**ВОДОСНАБЖЕНИЕ**

**В двух частях**

**Часть 1**

**Насосные станции**

*Рекомендовано учебно-методическим объединением*

*по образованию в области сельского хозяйства в качестве*

*учебно-методического пособия для студентов учреждений*

*высшего образования, обучающихся по специальностям*

*1-74 05 01 Мелиорация и водное хозяйство, 1-74 04 01 Сельское строительство и обустройство территорий*

Горки

БГСХА

2013

УДК 631.672.2 + 628.1(075.8)

ББК 38.761.1(я73)

Г67

*Рекомендовано методической комиссией*

*мелиоративно-строительного факультета 25.03.2013 г.*

*(протокол № 7) и Научно-методическим советом БГСХА*

*27.03.2013 г. (протокол № 7)*

Авторы:

кандидат технических наук, доцент *В. В. Горбачёв*;

старшие преподаватели *Д. М. Лейко,* *А. А. Боровиков*

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент *Н. Н. Линкевич*;

кандидат технических наук *А. С. Анженков*

|  |  |
| --- | --- |
| Г67 | **Горбачев, В. В.**  Насосные станции и сельскохозяйственное водоснабжение : учебно-методическое пособие / В. В. Горбачёв, Д. М. Лейко, А. А. Боровиков. – Горки : БГСХА, 2013. – 102 с.  ISBN 978-985-467-449-0.  Изложены устройство и принцип действия насосов, применяемых в водном хозяйстве, условия их подбора и эксплуатации. Даны понятия о конструкции основных элементов гидроузла машинного водоподъема и приведены способы их расчета. Указаны способы подбора основного гидромеханического и энерге­тического оборудования, рассмотрены наиболее распространенные типы зданий насосных станций. Изложены основные принципы организации технической эксплуатации насосной станции.  Для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специ­альностям 1-74 05 01 Мелиорация и водное хозяйство, 1-74 04 01 Сельское строительство и обустройство территорий. |

**УДК 631.672.2 + 628.1(075.8)**

**ББК 38.761.1(я73)**

|  |  |
| --- | --- |
| **ISBN 978-985-467-449-0 (ч. 1)**  **ISBN 978-985-467-448-3** | © УО «Белорусская государственная  сельскохозяйственная академия», 2013 |

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с базовыми программами, утвержденными ректором БГСХА в 2010 году, объем вновь вводимого курса «Насосные станции и сельскохозяйственное водоснабжение» для студентов специальности 1-74 05 01 Мелиорация и водное хозяйство составляет 344 часа, в том числе 68 часов лекций, а для студентов специальности 1-74 04 01 Сельское строительство и обустройство территорий – 250 часов, в том числе 60 часов лекций.

В связи с тем, что одна и та же дисциплина проводится на разных специальностях примерно в равных объемах, ее изучение можно осуществлять с помощью одного и того же учебного пособия.

Курс по обеим специальностям разбит на две части: первая – «Насосные станции», вторая – «Сельскохозяйственное водоснабжение», на изучение которых отводится по семестру.

Первая часть учебно-методического пособия «Насосные станции», подготовленная к изданию В. В. Горбачёвым, содержит 15 тем, которые студенты специальности «Мелиорация и водное хозяйство» изучают в пятом семестре, а студенты специальности «Сельское строительство и обустройство территорий» – в шестом. Материал, изложенный в ней, собран из различных литературных источников, в том числе и из тех, которые не доступны студентам.

**1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ**

**1.1. Краткая история развития машинного водоподъема**

**и насосостроения**

Первые большие общины людей в цивилизованных поселениях сталкивались с проблемой снабжения питьевой водой. Для решения этой проблемы строились самотечные каналы. Такие сооружения известны, например, в Сицилии (450 лет до н. э.), в Риме – акведук (342 года до н. э.) и др. Позднее (примерно 160 лет до н. э.) стали применять напорные водоводы, которые работали за счет естественного напора водоисточников. Но так как это не всегда было возможно, то встал вопрос о механическом подъеме воды.

Первыми самыми древними водоподъемными устройствами можно считать водоподъемное колесо и архимедов винт, которые применялись в Египте, Вавилоне и Китае. Водоподъемное колесо (чигирь) находит применение и сейчас в Таджикистане для орошения мелких участков земли.

Первый пожарный поршневой насос, изготовленный из бронзы, появился в Александрии около 200 лет до н. э. Он имел все элементы современного поршневого насоса (цилиндр, поршень и клапаны) с ручным приводом. Первый насос с механическим приводом известен как насос Ньюкомена (1805 г.). Это был штанговый насос, приводимый в работу паровым движителем. По мере развития паровых машин поршневые насосы применялись все шире. Так, в Лондоне в 1860 г. для водоснабжения был установлен самый большой насос, который имел подачу 1365 м3/ч и напор 52 м. Позднее в качестве движителя стали применять двигатели внутреннего сгорания, а затем и электродвигатели. Кроме поршневых развивались и другие типы объемных насосов. Прообразом шестеренчатого насоса можно считать пластинчатый насос **Ромелли** (1588 г.).

Прародителем центробежного насоса можно считать Леонардо да Винчи (1450–1490 гг.), так как ему принадлежат эскизы устройства, в котором для подъема воды использовалась центробежная сила. По этим эскизам француз **ля Демур** в 1732 г. изготовил и продемонстрировал работающую модель первого центробежного насоса.

После разработки теории работы центробежного насоса русским ученым **Эйлером** возникла классическая форма рабочего колеса, которая была использована в 1818 г. в Бостоне **Андреасом** в так называемом Массачусетсе-насосе. В результате значительных преимуществ, которыми обладал центробежный насос, поршневые насосы были отодвинуты на второй план.

До Октябрьской революции Россия не производила своих насосов, а экспортировала их из других стран. За годы советской власти в СССР было построено много заводов, выпускавших такое количество разнообразных насосов, что их хватало не только для внутренних нужд страны, но и для продажи за границу. Всего в СССР было построено более 5 тыс. насосных станций для орошения и большое количество станций для водоснабжения. Только на Украине к 1970 г. действовало 1110 оросительных насосных станций и каждый год вводилось в строй еще около 200. Известны такие крупнейшие в мире насосные станции, как Верхне-Ингулецкая и Каховская, станции на канале Иртыш-Караганда, на Минско-Вилейской водной системе и много других.

В БССР всего было построено 1870 мелиоративных насосных станций, а к 2000 г. планировалось ввести в строй еще 2000 шт. Огромное количество передвижных насосных станций использовалось для целей орошения. Крупные насосные станции строились в нашей стране и для судоходства. Например, канал имени Москвы имеет 5 насосных станций с подачей каждой до 100 м3/с, Волго-Донской канал – 3 насосных станции с подачей 45 м3/с и ряд других. Для нужд водоснабжения в СССР расходовалось более 16 млрд. м3 воды в год, в т.ч. свыше половины этого количества – из подземных водоисточников. Для подъема такого количества воды на поверхность земли требуется около 1,5 млн. комплектов насосов.

**1.2. Понятия «водоподъемник», «насос», «насосная установка»,**

**«насосная станция», «гидротехнический узел машинного водоподъема».**

**Их типы и элементы. Классификация насосов**

**Водоподъемник** – это устройство или рабочая гидравлическая машина, которая изменяет положение жидкости, например: колодезный журавль, черпаковый подъемник, чигирь, архимедов винт, насос и др.

**Насос** – водоподъемник, который отдает полученную из вне энергию жидкости, протекающей через него, и тем самым меняет ее положение. При этом он обладает способностью всасывания и нагнетания. Насосы бывают двух типов: ***динамические*** и ***объемные*.**

***Динамические*** работают по принципу создания от входа до выхода сплошного потока жидкости за счет различных сил: центробежных, трения, гидростатического давления и др. К ним относятся *лопастные* (центробежные и осевые), *насосы трения*(вихревые, вибрационные, струйные и др.) и *прочие типы*(ленточные, эрлифты, гидравлические тараны и др.).

***Объемные насосы*** работают по принципу вытеснения жидкости путем периодического изменения объема занимаемой ею камеры. Это поршневые, плунжерные, шестеренные, винтовые, крыльчатые и др.

**Насосная установка** (рис 1.1) состоит из всасывающего трубопровода *1*, насоса *2*, напорного трубопровода *3*, запорной арматуры *4* и измерительных приборов *5*, которыми являются вакуумметр (в) или мановакуумметр (мв) на всасывающем трубопроводе и манометр (м) – на нагнетательном. Насос, приводимый в действие движителем любого вида (электродвигателем, двигателем внутреннего сгорания, паровой машиной или вручную), забирает воду из нижнего бьефа (НБ) и подает в верхний (ВБ).

Рис. 1.1. Схема насосной установки

*3*

*1*

м

в

н

*2*

*4*

*5*

*5*

НБ

ВБ

В состав **насосной станции** (рис. 1.2) входят: водозаборное сооружение *1*, здание станции *2*, в котором размещают минимум две насосные установки *3*, внестанционный напорный трубопровод *4*, водо-выпуск *5* и отводящий канал *6*.

Водоисточник

*2*

*1*

*5*

*4*

*6*

*3*

Рис. 1.2. Схема насосной станции

Конструкция насосных станций и тип применяемого оборудования зависят от ее назначения: для орошения или осушения, водоснабжения или обводнения, лесосплава или судоходства

**Гидротехнический узел машинного водоподъема** (рис. 1.3) включает в себя водоподводящее сооружение *1* (трубопровод или канал), одну или несколько насосных станций *2* (с водозаборными сооружениями *3*, напорными трубопроводами *4*, водовыпускными сооружениями *5* и водоотводящий канал *6*, который подводит воду к водозаборному сооружению второй насосной станции. Кроме этого в его состав могут входить различные гидротехнические сооружения (дамбы, трубы-регуляторы и др.).

Водоисточник

*1*

*2*

*4*

*3*

*3*

*5*

*6*

*4*

*5*

Рис. 1.3. Схема гидротехнического узла машинного водоподъема

**2.  ПАРАМЕТРЫ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ**

**2.1. Основные и дополнительные параметры насосной установки**

Насосная установка с любым насосом имеет следующие **основные параметры**.

1. ***Расход*** (подача, производительность)– объем воды, проходящий че-рез выходной патрубок насоса в единицу времени. Обозначается *Q* и имеет размерность м3/с, л/с, м3/ч.

2. ***Напор*** – количество энергии, которое получила жидкость, пройдя через насос, выраженное в метрах водяного столба. Обозначается Н, м. Эта энергия тратится на преодоление высоты подъема Нг и сопротивление трубопровода *h*т, т. е.

. (2.1)

3. ***Мощность.*** Обозначается буквой *N* и имеет размерность кВт. Мощность, подводимая к двигателю *N*дв, частично тратится на его нужды, а большая часть отдается насосу (*Ne*). Насос, получая эффективную мощность *Ne*, также частично тратит ее на преодоление механического и гидравлического трения, а большую часть отдает жидкости. Мощность, полученная водой от насоса, называется полезной и определяется по формуле

*N*пол = 9,81 · *Q* · Н. (2.2)

4. ***Коэффициент полезного действия*** – доля полученной насосом энергии, которая пошла на полезную работу, т. е. энергия, отданная жидкости. Обозначается η (или к. п. д.), имеет размерность % или доли единицы и определяется по формуле

. (2.3)

К **дополнительным параметрам** относятся следующие.

1. *Геометрический (геодезический) напор* Нг – высота подъема воды, или расстояние между уровнями воды в ВБ и НБ (рис. 2.1).

2. *Геометрическая высота всасывания* (*h*в) – расстояние от уровня воды в нижнем бьефе до оси насоса. Она будет положительной, если насос расположен выше уровня воды (рис. 2.1, *а*) и отрицательной, если его ось расположена ниже уровня воды НБ, т. е. насос находится «под заливом» (рис. 2.1, *б*).

А

*б*

+*h*в

м

в

н

НБ

ВБ

НГ

+*h*н

*z*

-*h*в

м

мв

н

НБ

ВБ

НГ

+*h*н

*а*

Рис. 2.1. Схемы насосных установок: *а* – с положительной

высотой всасывания; *б* – с отрицательной

3. *Приведенная геометрическая высота всасывания* слагается из суммы геометрической высоты всасывания и потерь напора во всасывающем трубопроводе:

Нв.п = *h*в + *h*т.в . (2.4)

4. *Вакуумметрическая высота всасывания*

 (2.5)

Если в формулу (2.5) вместо Нв.п  поставить его значение по формуле (2.4), то получим *показание вакуумметра*

 (2.6)

В приведенных формулах *V*в и *h*т.в – скорость и потери напора во всасывающем трубопроводе.

5. *Геометрическая высота нагнетания* (*h*н) – расстояние от оси насоса до уровня воды в верхнем бьефе. Она может быть положительной (см. рис. 2.1) и отрицательной (рис. 2.2).

Рис. 2.2. Схема насосной

установки с положительной высотой всасывания и отрицательной высотой нагнетания

НБ

ВБ

–*h*н

+*h*в

в

н

НГ

мв

6. *Приведенная высота нагнетания*

Нн.п = *h*н + *h*т.н. (2.7)

Если в полученную формулу добавить скоростной напор, то получим *показание манометра*

, (2.8)

где *V*н и *h*т.н – соответственно скорость и потери напора в напорном трубопроводе.

**2.2. Способы замера подачи насоса**

Подача (расход) насоса в лаборатории может быть замерена несколькими способами.

1. *Объемным способом.* Для этого необходимы мерный сосуд и секундомер, при помощи которых определяются объем и время его заполнения.

2. *При помощи дифманометра*,установленного на нагнетательном трубопроводе. Дифманометр состоит из местного сопротивления в виде диафрагмы и *U*-образно изогнутой заполненной ртутью стеклянной трубки, которая своими концами соединена резиновыми трубками с диафрагмой. При движении жидкости через диафрагму в ней создается давление, которое меньше, чем в трубопроводе, в связи с чем ртуть в коленах стеклянной трубки установится на различной высоте *h*. Замерив эту величину, по тарировочной кривой определяют расход.

3. *При помощи мерного водослива.* Замеряется напор на гребне водослива, и по его величине по тарировочной кривой определяется расход.

В производственных насосных станциях подача насоса определяется с помощью различного типа водомеров (расходомеров). Наиболее распространены на насосных станциях турбинные, электромагнитные (индукционные) и ультразвуковые расходомеры.

Турбинные расходомеры имеют вертушку, скорость вращения которой пропорциональна скорости потока и, следовательно, расходу воды.

Электромагнитные (индукционные) расходомеры работают по принципу преобразования скорости потока в электрический сигнал.

В основу работы ультразвуковых расходомеров положен принцип изменения скорости распространения ультразвука по направлению потока воды и против него.

**2.3. Определение напора по показаниям приборов**

Для замера напора необходима установка вакуумметра (мановакуумметра) на всасывающей линии и манометра (мановакуумметра) – на нагнетательной. При помощи этих приборов напор определяется по-разному для различных типов насосных установок.

1. ***Установка с положительными высотами всасывания и нагнетания*** (рис. 2.3).

В соответствии с законом Бернулли полная удельная энергия, которой обладает жидкость в сечении 1–1 относительно плоскости 0–0, составит

 (2.9)

Рис. 2.3. Установка с положительными высотами всасывания и нагнетания

*1*

*1*

*2*

*2*

*Z*вых

*Z*вх

0

+hв

м

в

н

НБ

ВБ

+*h*н

0

Пройдя через насос, жидкость получает дополнительное количество энергии, которая в сечении 2–2 станет равной

 (2.10)

В формулах (2.9) и (2.10) *P*1 и *Р*2 – давления в соответствующих сечениях; *V*в и *V*н – скорость воды в них; ρ – плотность жидкости; *Z*вх и *Z*вых– расстояния между плоскостью сравнения 0–0 и центрами сечений.

Зная, что напор – это количество энергии, которую приобретает жидкость, пройдя через насос, можно записать: Н = *Е*2 – *E*1, или с учетом формул (2.9) и (2.10) получим

.

Учитывая, что *Z*вых – *Z*вх = *Z* и группируя члены, получим

. (2.11)

Выразим давления через показания манометра и вакуумметра.

Полное давление во втором сечении *Р*2= *Р*ат+ *Р*м, а в первом   
*Р*1 = *Р*ат – *Р*вак.

Подставляя эти значения в формулу (2.11), получим

.

После приведения подобных первую дробь поделим почленно:

.

В полученной формуле – это показание манометра, выраженное в метрах водяного столба, а – показание вакуумметра в метрах водяного столба.

Тогда напор по показаниям приборов можно определить по формуле

. (2.12)

Если пренебречь высотным расположением приборов и разностью скоростных напоров, то формула (2.12) упростится до вида

**Н = hм + hвак,**

т.е. после снятия показаний приборов и перевода их в метры водяного столба нужно сложить полученные цифры, что и даст величину напора.

**Пример.**Показание манометра 3 ат (3 кг/см2) переводим в м вод. ст. путем умножения на 10. Получим 30 м. Показание вакуумметра 0,2 ат, или 2 м. Напор будет 30 + 2 =32 м.

2. ***Установка с отрицательной высотой всасывания и положительной высотой нагнетания*** (см. рис. 2.1, *б*).

Поступая аналогично вышеизложенному, получим конечную формулу

, (2.13)

где *h*м и *h*мв – показания манометра и мановакуумметра с учетом их знаков.

3.***Установка с положительной высотой всасывания и отрицательной высотой нагнетания*** (см. рис. 2.2).

Вывод конечной формулы аналогичен предыдущим.

Получим

. (2.14)

В полученном выражении отсутствует *Z*, так как точки замера пониженного и повышенного давлений находятся на одном уровне.

**2.4. Определение энергетических показателей**

К энергетическим показателям относятся мощность и коэффициент полезного действия. Подводимая к установке мощность замеряется ваттметром. Эффективная мощность *Nе*, забираемая насосом, будет несколько меньше подводимой, так как часть ее двигатель тратит на свои нужды (преодоление трения в подшипниках, сопротивление обмоток статора и т. д.). *Nе* определяется по графику, составленному с учетом к. п. д. двигателя. Мощность, отданная насосом жидкости *N*пол, также будет несколько меньше эффективной в связи с тем, что часть ее тратится на преодоление механического и гидравлического трения. Определяется она по формуле (2.2).

Коэффициент полезного действия – это отношение полезной мощности к эффективной. Рассчитывается по формуле (2.3) и представляет собой алгебраическую сумму к. п. д. гидравлического η*r*,учитывающего потери на трение внутри жидкости, механического ηм*,* учитывающего потери энергии на механическое трение, и объемного η0, учитывающего утечки жидкости из насоса, т. е. полный энергетический к. п. д.

η = η*r*ηм η0. (2.15)

Здесь все к. п. д. берутся в долях единицы.

**3. ЛОПАСТНЫЕ НАСОСЫ**

Выше было указано, что практически все насосы делятся на два вида: динамические и объемные. Динамические включают в себя среди прочих и лопастные насосы, которые делятся на *центробежные и осевые.* Лопастными они называются потому, что основным рабочим органом является рабочее колесо, имеющее лопасти. Однако ввиду того, что рабочее колесо по-разному передает энергию потоку жидкости, проходящему через насос, принцип действия этих насосов различен, что обусловливается их конструкцией.

**3.1. Конструкция и принцип действия центробежных насосов**

Схема центробежного насоса показана на рис. 3.1. Рабочее колесо *1* состоит из двух дисков, отстоящих на некотором расстоянии друг от друга. Между дисками, соединяя их в единую конструкцию, находятся лопасти, плавно изогнутые в сторону, противоположную направлению вращения колеса. Внутренние поверхности дисков и боковые поверхности лопастей образуют межлопастные каналы колеса. В таких насосах жидкость при входе в рабочее колесо движется в осевом направлении, а затем в самом колесе – в радиальном.

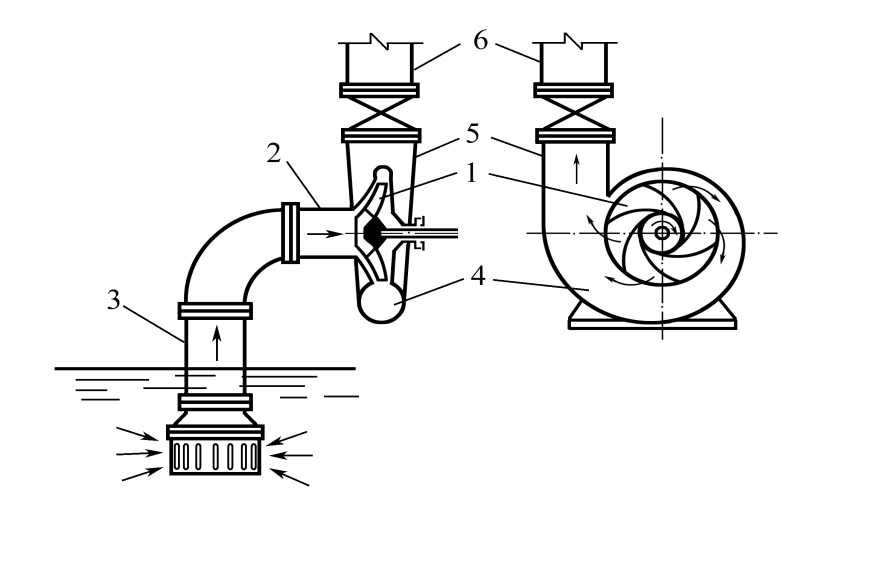
**

Рис. 3.1. Схема центробежного насоса

При вращении колеса под действием центробежной силы жидкость непрерывно движется по межлопастным каналам от центра к периферии, при этом каждая частица этого потока приобретает большую скорость, т. е. удельную кинетическую энергию, которая в уравнении Бернулли выражается скоростным напором:

**,(3.1)

где *U* – скорость элементарной струйки жидкости.

Эти частицы жидкости, выйдя из лопастного канала, попадают в спиральный канал *4*, по которому движутся по направлению вращения рабочего колеса. В связи с тем, что спиральный канал постепенно расширяется, скорость движения жидкости от сечения к сечению уменьшается, что должно уменьшать удельную кинетическую энергию *Е*, определяемую по формуле (3.1). Однако, согласно закону сохранения энергии, она не должна исчезать, а может только видоизменяться (рассматривается идеальная жидкость, поэтому потерь энергии на трение нет). В данном случае в уравнении Бернулли появляется второе слагаемое, представляющее собой удельную потенциальную энергию:

**,(3.2)

Вода, выходя из каналов, создает у входа в рабочее колесо разрежение. Жидкость подводится через отверстие в переднем диске рабочего колеса *1* с помощью всасывающего патрубка *2* и всасывающего трубопровода *3* (см. рис. 3.1). Движение жидкости по всасывающему трубопроводу происходит за счет разности давлений над свободной поверхностью жидкости в водоисточнике (атмосферное) и в центральной (входной) части рабочего колеса (разрежение). Отвод жидкости из рабочего колеса осуществляется через спиральный канал *4*, который переходит в короткий диффузор, образующий напорный патрубок *5*, соединяемый обычно с напорным трубопроводом *6* посредством задвижки. При выходе жидкости из спиральной камеры в напорный патрубок происходит еще большее уменьшение ее скорости, кинетическая энергия переходит в потенциальную, увеличивая тем самым первоначальное давление, создаваемое колесом.

Из напорного патрубка вода продолжает движение по цилиндрической трубе с постоянной скоростью, но уменьшающимся давлением *Р* в связи с тем, что возрастает вторая составляющая удельной потенциальной энергии – так называемая энергия положения *Z*. Поэтому уравнение Бернулли примет следующий вид:

. (3.3)

Таким образом, за счет центробежной силы, созданной вращением рабочего колеса, вода получила избыточную энергию (напор) и по мере движения по напорному трубопроводу потратила ее на преодоление как сил трения (жидкость реальная), так и сил тяжести из-за увеличения высоты подъема.

**3.2. Конструкция и принцип действия осевых насосов**

Осевыенасосы типа О и ОП одноступенчатые, предназначены для подачи чистой воды температурой не более 35 °С с содержанием взвешенных частиц не более 3 г/л, размер которых не более 0,1 мм (из них абразивных частиц не более 2 %). Насосы применяются для циркуляционного водоснабжения тепловых и атомных электростанций, в оросительных и осушительных системах, в промышленности и других отраслях народного хозяйства. По согласованию с заводом допускается применять насосы для перекачивания других жидкостей.

Конструкция осевого насоса представлена на рис. 3.2. Эти насосы имеют рабочее колесо *2* с лопатками (колесо похоже на гребной винт моторной лодки), которое помещается во всасывающем патрубке *1*. Рабочее колесо закреплено на валу *7*, который соединяется с электродвигателем.

Рис. 3.2. Схема осевого насоса:

*1* – всасывающий патрубок;

*2* – рабочее колесо;

*3* – выправляющий аппарат;

*4* – диффузор;

*5* – опорные лапы;

*6* – напорный патрубок;

*7* – вал

*1*

*2*

*5*

*4*

*6*

*7*

*3*

*5*

В осевых насосах при вращении рабочего колеса в результате взаимодействия лопастей с потоком возникает подъемная сила (лопатки давят на жидкость), за счет которой жидкая среда перемещается вверх вдоль оси колеса насоса. Ввиду того, что окружные скорости вдоль радиуса рабочего колеса неодинаковы (в центре окружности скорость равна нулю, а на торце лопаток она имеет максимальное значение), давления в жидкости вдоль радиуса оказываются разными, в результате чего возникает вихреобразование и жидкость при выходе из рабочего колеса приобретает вращательное движение вокруг оси вала, на что тратится часть энергии. С целью выравнивания движения и повышения к. п. д. насоса выше рабочего колеса устанавливается выправляющий аппарат *3* (рис. 3.2) с неподвижными лопастями. В результате на выходе из рабочего колеса происходит преобразование части кинетической энергии в потенциальную, т. е. увеличивается напор насоса. Окончательное преобразование энергии осуществляется в диффузоре *4*. Далее вода поступает в напорный патрубок *6*, затем в напорный трубопровод.

В соответствии с ГОСТ 9366–80 «Насосы осевые. Общие технические условия» выпускается два типа осевых насосов: тип О с жестко закрепленными лопастями и тип ОП с поворотными лопастями рабочего колеса. Насосы изготавливаются с горизонтальным (Г) и вертикальным (В) расположением вала.

Осевые насосы выпускаются семи моделей (2, 3, 5, 6, 10, 11, 16), по ГОСТ 9366–80 (2, 3, 5, 6, 8, 10, 11), и восьми модификаций: К – с камерным подводом; МК – малогабаритный с камерным подводом; МБК – моноблочный с камерным подводом; МБ – моноблочный; Э – с электроприводом поворота лопастей; КЭ – с камерным подводом и электроприводом поворота лопастей; МКЭ – малогабаритный с камерным подводом и электроприводом поворота лопастей; ЭГ – с электрогидроприводом поворота лопастей.

Условное обозначение марок осевых насосов: ОГ6-25, ОВ5-55МК –О – осевой насос с жестко закрепленными лопатками рабочего колеса; В или Г – с вертикальным или горизонтальным расположением вала; ОП – осевой с поворотными лопастями; цифры после букв (6, 5) – модель типового колеса (номер модели насоса); следующая цифра (25, 55) – диаметр рабочего колеса, см; буквы после цифр (МК) – модификация насоса, которая может не указываться.

**3.3. Испытания и характеристики лопастных насосов**

Все новые насосы подвергают испытаниям сначала на заводе, а затем при установке по месту эксплуатации. Заводские испытания включают:

– предварительные с целью выявления надежности работы;

– приемочные, в ходе которых устанавливается соответствие требованиям технической документации;

– типовые с целью получения типовой характеристики, которая помещается в каталог насосов.

Эксплуатационные (нормальные) испытания проводят двух видов:

– параметрические с целью уточнения типовой характеристики;

– кавитационные для проверки правильности установки насоса по отношению к уровню воды в НБ.

Характеристиками насосов называют графики функциональной связи основных параметров: Н = *f*(*Q*) – напорная характеристика;   
Ne = *f*(*Q*) – мощностная; η= *f*(*Q*) – характеристика к. п. д. (рис. 3.3). Они бывают частные – для конкретной марки насоса, рабочие – для конкретного насоса, универсальные – для определенного типа насосов.

ή = 80 %

*Nе*min

*Nе*

*Q*2

*Q*1

ή**-***Q*

*Nе***-***Q*

*Q*

HРH

ή

H**-***Q*

ήmax = 90 %

ή = 80 %

*Nе*max

*Nе***-***Q*

*Nе*

*Q*2

*Q*1

ή**-***Q*

*Q*

HРH

ή

H**-***Q*

ήmax = 90 %

*а* *б*

Рис. 3.3.Частные характеристики лопастных насосов:

а – центробежные; б – осевые

Параметрические испытания центробежного насоса будут проводиться при выполнении лабораторной работы, в которой *будут получены рабочие характеристики конкретного центробежного насоса.*

При эксплуатации насосов характеристики используются для следующих целей:

– назначения режима работы в рабочей области насоса, т. е. в диапазоне расходов (*Q*1 и *Q*2) соответствующих к. п. д., отличающегося от максимального не более чем на 10 %;

– расчета диаметра трубопровода, подсоединяемого к насосу;

– решения вопроса о возможности и целесообразности параллельного и последовательного соединения насосов для работы на один трубопровод;

– подбора электродвигателя;

– выбора частоты вращения и диаметра рабочего колеса (последнее у центробежных насосов), а также угла установки лопастей у осевых насосов с целью точного обеспечения расчетных расхода (*Q*p) и напора (Нр).

**3.4. Изменение характеристик центробежного насоса**

При выборе частоты вращения и диаметра рабочего колеса центробежного насоса с целью точного обеспечения *Q*p и Нр требуется изменить положение его характеристик. Покажем это на примере напорной характеристики H – *Q*.

***1. Изменение положения характеристики частотой вращения рабочего колеса.***

Напорная характеристика Н1 –*Q*1 на рис. 3.4. дана при частоте *n*1. Требуется подобрать такую частоту вращения рабочего колеса *n*2, при которой данный насос обеспечил бы подачу *Q*р и напор Нр, соответствующие расчетной точке Ар , и пересчитать координаты напорной характеристики так, чтобы она проходила через эту расчетную точку.

Для этого необходимо прежде всего рассчитать и построить параболу подобных режимов, имеющую уравнение

Н = К · *Q* 2, (3.4)

где Н и *Q* – текущие координаты параболы; К – параметр параболы, который находится из условия прохождения ее через точку Ар, поэтому К = Нр / *Q*р2.

При найденном К, задаваясь различными значениями *Q* и подставляя их в (3.4), находим соответствующие значения Н. По этим координатам Н и *Q* строим параболу, которая пересекает характеристику   
Н1 – *Q*1 в точке А1. В этой точке режим работы насоса при *n*1 оборотов рабочего колеса будет подобен режиму работы с оборотами *n*2.

Рис. 3.4. Изменение напорной характеристики частотой вращения

*Q*

*Q*р

*Q*1

Hа

Hа1

а1

ή2 – *Q*

б1

с1

с

б

а

H2 – *Q*2

Hр

Ар

H1

А1

H

H1 – *Q*1

Н = К*Q*2

ή

ή1 –*Q*

*Q*а

*Q*а1

рабочего колеса

Поэтому для нахождения *n*2 воспользуемся формулами пропорциональности

 или . (3.5)

Значения *Q*1 и Н1 снимаем с графика и из формулы (3.5) выражаем *n*2:

 или .

Для построения новой характеристики, соответствующей найденному числу оборотов *n*2, наметим на характеристике Н1 – *Q*1 несколько точек (например, а, б, с) и снимем их координаты Н и *Q*. Координаты им подобных точек а1, б1, с1 найдем из формул пропорциональности.

Например, для точки а (см. рис. 3.4) .

Откуда .

Значение *Q*а снимается с графика (см. рис. 3.4), *n*1 – исходное число оборотов, а *n*2 – число оборотов, определенное выше.

Аналогично определяется значение :

.

Откуда .

По найденным координатам строят новую характеристику.

Следует отметить, что при изменении числа оборотов к. п. д. не уменьшается. Кривая ή – *Q* перемещается вправо к оси Н (см. рис. 3.4).

***2. Изменение положения характеристики обрезкой рабочего колеса.***

В связи с тем, что вышеизложенный способ обеспечения заданных *Q*р  и Нр не всегда применим, так как для найденного *n*2 не всегда можно подобрать электродвигатель, то применяется способ обрезки (уменьшения) диаметра рабочего колеса центробежного насоса. Пересчет характеристики Н1 – *Q*1 начинается с определения нового уменьшенного диаметра рабочего колеса Д2. С этой целью так же, как было описано выше, строится парабола подобных режимов (рис. 3.5) по уравнению (3.4).

Н

# *Q*

ή

Д1

Д2

H1 – *Q*1

H2 – *Q*2

*Q*р

*Q*р1

Ар

Ар1

ή1

ή2

Нр

Нр1

Н = К*Q*2

Рис. 3.5. Изменение напорной характеристики

обрезкой рабочего колеса центробежного насоса

Для точки Ар1 снимают значения *Q*р1 и Нр1 и подставляют их в формулы обточки (обрезки), которые при коэффициенте быстроходности *ns* ≤ 200 об/мин имеют следующий вид:

; . (3.6)

Подставляя координаты точки Ар1 в формулы (3.6), получим

.

Откуда находим .

Найдя Д2, пересчитываем на него характеристику, поступая так же, как было описано выше, но только координаты точек новой кривой определяем из формул (3.6).

Следует иметь в виду, что степень уменьшения диаметра рабочего колеса имеет предел, после которого резко уменьшается к. п. д., а кривая к. п. д., так же, как при уменьшении частоты вращения рабочего колеса, перемещается к оси Н. Поэтому прежде чем пересчитывать характеристику, необходимо убедиться в допустимости величины обточки, т. е. должно быть

.(3.7)

Допустимый предел обточки [∆Д] находят из справочных таблиц.

**3.5. Универсальные размерные и безразмерные**

**характеристики осевых насосов**

В связи с тем что напор и расход осевого насоса изменяется в зависимости от изменения числа оборотов *n*, диаметра рабочего колеса Д и угла установки лопаток θ0, для каждого из стандартных значений *n*, Д и θ0 необходимо иметь свою частную характеристику, число которых станет очень большим, что создаст неудобства пользования ими. Поэтому переходят к универсальным характеристикам, которые бывают размерные и безразмерные.

Размерные универсальные характеристики строятся на основе частных. Пусть имеем насос типа О2-55, где цифра 2 обозначает номер модели, а 55 – диаметр рабочего колеса (в см), частота вращения которого n = 730 об/мин. Частная характеристика данного насоса представлена на рис. 3.6, *а*, она построена при угле разворота лопастей θ1.

Отметим на кривой θ1 точки, соответствующие нескольким значениям к. п. д., например, η = 50, 60 и 70 %. Эту же кривую с отмеченными точками строим на другом поле Н – *Q*, где наносим и другие кривые, полученные аналогичным образом, но при угле разворота лопаток θ2 иθ3 (рис. 3.4, *б*). Точки с одинаковыми к. п. д. соединяем плавными кривыми и получаем размерную универсальную характеристику, которая одна заменила четыре частных. Но для других диаметров рабочих колес и других чисел оборотов требуются свои универсальные характеристики.

Следовательно, хоть и сокращается количество графиков, но незначительно, что является недостаточной универсальностью такой характеристики.

Этого недостатка лишена универсальная безразмерная характеристика (рис. 3.7), которая строится аналогично вышеизложенному, но в безразмерных координатах К*q*и КН, определяемых по формулам

 и  . (3.8)

Такие безразмерные характеристики строят для каждой из семи моделей осевого насоса, они применимы для всех стандартных *n*, Д и θ.

Пользование ими осуществляется следующим образом. Пусть заданы *Qр* и Нр. Задаемся любыми стандартными значениями *n* и Д и по формулам (3.8) находим безразмерные координаты К*q*р и КНр, по ним на безразмерную характеристику (рис. 3.7) наносим расчетную точку Ар. Если точка Ар попала в зону максимальных к. п. д., значит *n* и Д задались удачно, если нет, то следует задаться новыми *n* и Д.

θ1

*Q*, м3/с

η, %

50

60

60

70

50

60

70

Н, м

*а*

θ2

θ3

θ1

Н, м

50

50

60

50

60

70

60

50

60

70

70

60

Q, м3/с

б

Рис. 3.6. Построение универсальной размерной характеристики

К*q*р

θ4

θ3

θ2

θ1

КH

КНр

•Ар

40

K*q*

η1

η2

η3

Рис. 3.7. Универсальная безразмерная характеристика осевого насоса

В данном примере путем интерполяции между η1 и η2  устанавливают точное значение к. п. д., при котором будет работать насос, а интерполяцией между θ2 и θ3  – угол установки лопаток.

**3.6. Сводный график рабочих полей**

Рабочее поле насоса – это область, ограниченная сверху и снизу напорными характеристиками при максимальном и минимальном диаметре рабочего колеса, а справа и слева – границами рабочей зоны (рис. 3.8).

3К-6

*Q*

H

*4*

*3*

*2*

*1*

Дmin

Дmax

*1*

*4*

*3*

*2*

Нр

*Q*р

2К-9

10Д-19

6НДс

2К-6

3К-6

*Q*

Н

*а*  *б*

Рис. 3.8. Сводный график рабочих полей

Возьмем для примера напорную характеристику насоса 3К-6 и выделим рабочее поле 1–2–3–4 (рис. 3.8, *а*). Сняв координаты этих точек, построим отдельно это поле в той же системе координат (рис. 3.8, *б*). Поступив аналогичным образом с другими марками насосов, получим сводный график рабочих полей, который служит для подбора насоса при заданных *Q*р и Нр.

**3.7. Характеристика трубопровода и рабочая точка**

Характеристика трубопровода – это график, показывающий изменение потерь напора в трубопроводе в зависимости от протекающего по нему расхода. График наносится на напорную характеристику насоса с учетом геодезического напора (рис. 3.9).

Характеристика трубопровода имеет уравнение

Нтр = Нг + *h*тр,

где hтр – потери напора в трубопроводе, которые можно определить по формулам гидравлики .

Скорость *V* можно выразить через расход  и поставить в предыдущую формулу. Получим .

Обозначив , получим уравнение характеристики трубопровода следующего вида:

Нтр = Нг + *SQ*2, (3.9)

где *S* – коэффициент сопротивления трубопровода.

Это уравнение квадратичной параболы, т. е. Нтр = *f*(*Q*), или Нтр – Q, которая на графике (рис. 3.9) начинается с Нг при Q = 0.

|  |  |
| --- | --- |
| HA  *Q*A  Нг  *Q*  H – *Q*  Нтр – *Q*  А11  А1  А  H | Рис. 3.9. Характеристика трубопровода и рабочая  точка |

Точка пересечения характеристики насоса (H – *Q)*  и характеристики трубопровода (Нтр – *Q*) называется рабочей (на рис. 3.9 точка А), в которой напор насоса и потери напора в трубопроводе равны, т. е.   
Н = Нтр. А это значит, что данный насос по данному трубопроводу может подать только расход, равный *Q*А  при напоре НА. Если требуется уменьшить расход, то необходимо увеличить сопротивление трубопровода (прикрыть задвижку), но тогда характеристика трубопровода станет круче и рабочая точка будет А1. Расход увеличится с уменьшением потерь напора в трубопроводе и рабочая точка переместится в положение А11.

Такое регулирование расхода и напора называется ***количественным***,изменение их при помощи числа оборотов или обрезкой рабочего колеса – ***качественным****.*

**4. СОВМЕСТНАЯ РАБОТА НАСОСОВ НА ОДИН**

**ТРУБОПРОВОД**

**4.1. Параллельная работа двух насосов**

Насосы соединяют параллельно с целью увеличения расхода при том же напоре. Они могут работать каждый на свой трубопровод (рис. 4.1, *а*) или вдвоем на один (рис. 4.1, *б*).

*а* *б*

Рис. 4.1. Параллельная работа двух насосов

Схема *б*, изображенная на рис. 4.1, предпочтительнее, так как экономится одна нитка напорного трубопровода. Однако недостаток ее заключается в том, что из-за значительно возросших потерь напора (по одной нитке должен проходить удвоенный расход) в напорном трубопроводе напора насосов недостаточно для их преодоления. Поэтому трубопровод пропустит только такой расход, потери напора при котором смогут преодолеть насосы, т. е. меньше, чем удвоенный. Проследим это на характеристике (рис. 4.2).

*Q*2 = *Q*1 + *Q*11

*Q*

H

A

–Δ*Q*

*Q*1

Н1

*Q*А

*Q*11

*Q*1

Нг

Н2

*1*

H1 – *Q*

H2 – *Q*

*2*

Нтр

Рис. 4.2. Суммарная напорная характеристика при параллельной

работе двух насосов

Пусть рабочие частные характеристики насосов одинаковых марок представлены следующими кривыми: первого насоса – кривой Н1 – *Q*, а второго – Н2 – Q. Построим суммарную характеристику путем сложения расходов при одинаковых напорах (кривая 1–2).

Максимальная подача двух насосов равна Q2 = Q1 + Q11 и возможна при работе каждого насоса на свой трубопровод. В случае если они будут работать на один, максимальная подача их будет равна *Q*А, так как характеристика трубопровода Нтр пересечет суммарную кривую не в точке 2, а в точке А, которая является рабочей. В ней и напор насоса, и потери напора равны. Так как расход *Q*А меньше, чем *Q*2, то будет недодача расхода в верхний бак, т. е. возникнет дефицит подачи Δ*Q*.

Следовательно, выигрывая за счет экономии труб, проигрываем в величине подачи.

**4.2. Последовательная работа насосов**

Насосы соединяют для работы последовательно с целью подачи заданного расхода при увеличенном напоре. Это можно осуществить либо по схеме *а* (рис. 4.3), либо по схеме *б*. В первом случае каждый насос работает на свой трубопровод, а во втором – на общий.

Схема *б* в эксплуатации более удобна, так как оба насоса стоят рядом в одном здании, к которому подведена одна подъездная дорога, установлена одна электрическая подстанция, агрегаты обслуживает одна эксплуатационная бригада. При соединении насосов по схеме *б*, т. е. когда они могут стоять на значительном удалении друг от друга, все вышеперечисленное удваивается, так как к каждому насосу необходимо подвести электроэнергию, подъездную дорогу и т. д. Кроме того, необходимо иметь промежуточный бак, куда подает воду первый насос.

*1*

*1*

*2*

*2*

Нг2

Нг1

Нг = Нг1 + Нг2

*а* *б*

Рис. 4.3. Схемы последовательной работы насосов

Однако схема *а* имеет и существенный недостаток, наличие которого можно показать на характеристике.

На рис. 4.4 цифрами *1* и *2* обозначены напорные характеристики   
1-го и 2-го насосов, которые соединяются для последовательной работы. Если они будут работать каждый на свой трубопровод, то при любом расходе, который проходит сначала по напорной трубе 1-го насоса, а затем 2-го, на­поры, развиваемые насосами, будут складываться. Так, при *Q* = 0 суммарный напор будет равен Н1 + Н2 (в точке *3* – начало суммарной кривой), а при *Q*max – соответственно Н1 + Н11.

Суммарная напорная характеристика строится путем сложения напоров при одинаковых расходах. Однако суммарная кривая в точке *4* не закончится, если насосы будут работать на один трубопровод (рис. 4.3, *б*), так как рабочая точка займет положение А и насосы будут вынуждены подавать расход *Q*А, что на величину Δ*Q* больше своего возможно максимального расхода *Q*мах. А это может привести к перегрузке двигателей, которые, возможно, не рассчитаны на мощность, необходимую для подачи расхода *Q*А. Это является недостатком такого соединения насосов для работы на один трубопровод.

*Q*max

*4*

А

*3*

*2*

*1*

+Δ*Q*

*Q*

Н

Н1 + Н2

Н1

Н2

Н11

Нтр

Н1

Н1 + Н11

*Q*A

0

Рис. 4.4. Суммарная напорная характеристика при последовательной

работе насосов

**5. КАВИТАЦИЯ В ЛОПАСТНЫХ НАСОСАХ**

**5.1. Понятие о кавитации. Причины ее возникновения**

**и меры предупреждения**

Кавитация представляет собой процесс нарушения сплошности потока жидкости, который начинается на тех участках, где давление понижается до критического (давление парообразования) и заканчивается на участках с давлением больше критического. В местах пониженного давления жидкость закипает, в результате чего образуются пузырьки газа, выделяющегося из воды. Эти пузырьки, попадая в зону повышенного давления, схлопываются, частицы жидкости устремляются в микропустоты и, сталкиваясь друг с другом, вызывают локальные гидроудары. Газ снова растворяется в воде, а частицы жидкости, заполняя микропустоты, находящиеся у стенок проточной части насоса, ударяют по металлу, что приводит к его разрушению. Таким образом, явление кавитации отрицательно сказывается на работе насоса, делая ее неустойчивой и разрушая насосную установку.

Кавитация может быть *профильной*, возникающей из-за неверно очерченного профиля проточной части; *щелевой*, возникающей из-за конструктивных недоработок, и *шероховатой*,котораявозникает из-за чрезмерной шероховатости стенок проточной части насоса. За этим следят проектировщики и завод-изготовитель.

При эксплуатации насосов возникновение кавитации возможно по следующим причинам:

– завышенная высота всасывания, т. е. насос установлен на большом удалении от воды;

– низкое атмосферное давление на поверхности воды;

– высокая температура перекачиваемой жидкости;

– большие сопротивления во всасывающей трубе из-за неверно подобранного диаметра ее или из-за большой длины и местных сопротивлений;

– негерметичность всасывающей линии.

***Основной мерой предупреждения кавитации является правильный выбор геометрической высоты всасывания.***

Дополнительные меры: увеличение давления на поверхности воды в нижнем бьефе, понижение температуры жидкости, уменьшение длины всасывающих труб и т. д.

**5.2. Допустимая высота всасывания**

Это такая высота установки насоса относительно уровня воды в нижнем бьефе, по превышении которой возникает кавитация. Следовательно, насос необходимо устанавливать с геометрической высотой всасывания, которая должна быть не больше допустимой:

. (5.1)

Ранее была получена формула для вакуумметрической высоты всасывания:

, (5.2)

где Нв.п. – приведенная геометрическая высота всасывания, определяемая по формуле

Нв.п = *h*в + *h*т.в; (5.3)

*V*в – скорость во всасывающем трубопроводе;

*h*в  – геометрическая высота всасывания;

hт.в – потери напора во всасывающем трубопроводе.

Из формулы (5.2) выразим Нв.п:

.

Введем в полученное выражение поправки, учитывающие условия работы насоса (температуру воды, давление на ее поверхности), в результате чего получим формулу, по которой определяется допустимая приведенная геометрическая высота всасывания:

, (5.4)

где – допустимое вакуумметрическое давление, после которого наступает кавитация при температуре 18 оС. Определяется на основании кавитационных испытаний насоса;

*h*п.ж – давление в мм рт. ст., после которого жидкость при данной температуре закипает, т. е. *h*п.ж = (*t*oC);

На и Нб – нормальное атмосферное и фактическое барометрическое давления на поверхности воды.

Если в формулу (5.3) подставить значение и выразить из нее *h*в, то получим формулу, по которой определяется допустимая геометрическая высота всасывания:

. (5.5)

В формуле (5.5) приведенная допустимая вакуумметрическая высота всасывания  определяется по формуле (5.4), в которой необходимо знать , а последняя определяется на основе кавитационных испытаний. В случае их отсутствия  определяется по формуле Тома:

,

где σН – кавитационный запас: Н – напор насоса; σ – коэффициент кавитации, определяемый по формуле Руднева:

для насосов с односторонним входом σ = 216 *ns*4/3/106;

для насосов с двухсторонним входом σ = 136 *ns*4/3/106.

Все эти рекомендации применимы как для центробежных, так и для осевых насосов. Однако в последнее время в практику внедряется несколько другой способ расчета допустимой высоты всасывания, который будет рассмотрен ниже.

**5.3. Кавитационные испытания**

Кавитационные испытания проводят по разомкнутой или замкнутой схемам. Их целью является получение данных для расчета допустимой высоты всасывания. При испытаниях по разомкнутой схеме (они будут проводиться при выполнении лабораторной работы ) получают значения  в зависимости от расхода, которые наносятся на характеристику насоса. Кривая  = *f*(*Q*) называется *кавитационной характеристикой* насоса.

Испытанию по замкнутой схеме подвергают, как правило, осевые насосы. Схема установки представлена на рис 5.1.

Рис. 5.1. Замкнутая схема кавитационных испытаний

В

М

ВН

Здесь кавитация вызывается за счет постепенного понижения давления вакуумным насосом (ВН) в резервуаре, являющемся нижним бьефом испытываемого насоса. В результате испытаний получают величину кавитационного запаса Δ*h*, который определяется по формуле

 , (5.6)

где На – нормальное атмосферное давление;

Нвак – показание вакуумметра, установленного на всасывающей трубе насоса.

Их значения в зависимости от расхода наносят в виде кривых на универсальную размерную характеристику. На безразмерную характеристику наносят кривые, пересчитанные на безразмерные коэффициенты:

 и ,

где *n* – частота вращения рабочего колеса, об/с–1;

*D* –  его диаметр.

В этом случае приведенная допустимая вакуумметрическая высота всасывания определяется по формуле

 = На – *h*п.ж – Δ*h*. (5.7)

Следовательно, при расчете допустимой высоты всасывания по формуле (5.5) в нее подставляется значение , определенное по формуле (5.7). Весь остальной расчет проводится так же, как было изложено выше.

Определив допустимую высоту всасывания по любой из описанных выше методик и приняв геометрическую высоту всасывания согласно условию (5.1), можно определить отметку оси насоса по формуле

∇о = ∇н.б + *h*в,

где ∇о – отметка оси насоса;

∇н.б – отметка воды в нижнем бьефе;

*h*в – геометрическая высота всасывания.

Геометрическая высота всасывания должна быть принята в соответствии с формулой (5.1), в которой допустимая высота всасывания определяется по вышеприведенной методике.

**6. СХЕМЫ ГИДРОУЗЛОВ МАШИННОГО ВОДОПОДЪЕМА**

**И ВЫБОР МЕСТА ИХ РАСПОЛОЖЕНИЯ**

В состав гидротехнического узла машинного водоподъема в общем случае входят следующие элементы: водоподводящее сооружение с аванкамерой, водозаборное сооружение, здание насосной станции, внешние напорные трубопроводы, водовыпускное сооружение, отводящий канал. В зависимости от условий и назначения насосной станции набор вышеперечисленных элементов гидроузла может быть различным.

**6.1. Гидроузлы для орошения**

Для орошения сельскохозяйственных культур используется вода как открытых водоисточников (рек, озер, водохранилищ), так и закрытых (шахтных колодцев, артезианских скважин и др.). При заборе воды из открытых водоисточников может устраиваться *береговой или русловой*  тип водозабора.

При береговом типе водозабора все его элементы строятся на берегу водоисточника и могут располагаться либо в удалении от уреза воды (раздельный тип), либо непосредственно на урезе воды в водо-источнике (совмещенный тип).

На рис. 6.1, *а* изображен гидроузел берегового типа, в котором насосная станция удалена от водоисточника (раздельный тип) и не совмещена с водозаборным сооружением, а на рис. 6.1, *б* насосная станция совмещена и с водоисточником, и с водозаборным сооружением (совмещенный тип).

При заборе воды на орошение из водохранилища, в случае расположения насосной станции в его нижнем бьефе (рис. 6.1, *г*), вода забирается из донного водовыпуска и подводится к насосной станции коллектором, в который вварены всасывающие трубы насосов.

Водоисточник

*г*

*7*

*6*

*4*

*3*

*1*

*2*

Водоисточник

*а*

*5*

*7*

*6*

*5*

*4*

*3*

*б*

*11*

*10*

*5*

*4*

Водохрани-лище

*9*

Водоисточник

*9*

*5*

*4*

*3*

*в*

*8*

Рис. 6.1. Схемы гидроузлов оросительных насосных станций:

*а* –  раздельная; *б* – совмещенная с водоисточником и водозаборным сооружением;

*в* – совмещенная с водоисточником, но раздельная с водозаборным сооружением;

*г* – насосная станция в нижнем бьефе водохранилища; *1* – водоподводящий канал;

*2* – аванкамера; *3* – водозаборное сооружение; *4* – здание насосной станции;

*5* – напорный трубопровод; *6* – водовыпускное сооружение; *7* – водоотводящий

канал; *8* – всасывающие трубы; *9* – гидрант; *10* – водоподводящий коллектор;

*11* –  донный водовыпуск

Русловой тип гидроузла применяется в том случае, когда русло водо-источника пологое и колебания уровней воды значительные. Здесь водозаборное сооружение выносится в такое место русла реки, где имеется достаточная глубина воды (рис. 6.2, *а*). Иногда водозаборное сооружение совмещают с насосной станцией (рис. 6.2, *б*).

*1*

*3*

*4*

∇мах

*2*

*5*

*6*

Рис. 6.2. Схемы гидроузлов

руслового типа:

*а* – русловой раздельный;

*б* – русловой совмещенный;

*1* – водоисточник;

*2* – входное окно;

*3* – водозаборное сооружение;

*4* – всасывающая труба;

*5* – здание насосной станции;

*6* – напорный трубопровод

*а*

*1*

*2*

∇мin

∇мах

*3*

*6*

*5*

*4*

*б*

**6.2. Выбор места забора воды из рек и водохранилищ**

Водозабор должен обеспечить необходимое количество воды, требуемое водопотребителем. Место водозабора должно быть благоприятным для строительства и эксплуатации при наиболее низкой стоимости гидроузла.

При расположении водозабора на реке выбирается такой участок, где русло не меняет своего положения и формы, обеспечены нормальные гидравлические и термические режимы, а также санитарно-гигиенические условия.

Выбор места производится изысканиями по 3…5 створам. Здесь должно учитываться расположение всех искусственных сооружений (плотин, подпруд, переходов, мостов и т. д.), а также естественные условия. Водозабор располагают на вогнутой части русла в узком месте с большими глубинами и скоростями. На перекатах водозабор располагать нельзя. Он удаляется на 200 м выше или на 500 м ниже по течению от места впадения ручьев.

При заборе воды из водохранилища водозабор располагается на глубоких местах с устойчивым берегом. Нельзя его располагать в истоке водохранилища и на мелких местах с пологим берегом.

**6.3. Место расположения насосной станции на выбранном створе**

После выбора места забора воды намечается трасса (створ), по которой строится продольный профиль (рис. 6.3).

Место расположения здания насосной станции выбирается путем проведения технико-экономических расчетов, т. е. сначала определяется техническая применимость нескольких вариантов, а затем выбирается наиболее дешевый из них.

*L*к

6 м

*5*

*4*

*3*

*2*

*1*

∇min

∇max

Рис. 6.3. Продольный профиль по трассе напорного трубопровода

Минимальный уровень воды продолжается до момента, когда между ним и поверхностью земли не будет 6 м (створ 5). На участке трассы от створа *1* до створа *5* можно располагать здание насосной станции в любом из намеченных створов (1, 2, 3, 4, 5).

Выбор экономически наивыгоднейшего створа осуществляется по минимуму приведенных затрат, которые определяются по формуле

ПЗ = Е · К + С, (6.1)

где Е – нормативный коэффициент, равный 0,1…0,12;

К – капитальные вложения;

С – эксплуатационные затраты.

Решение этой задачи может быть проведено двумя способами.

1. Для каждого намеченного створа определяются суммарные капитальные вложения на строительство и затраты на эксплуатацию подводящего канала (соответственно Кк и Ск) и напорного трубопровода (Кт и Ст):

К = Кк + Кт и С = Ск + Ст.

При подставлении в формулу (6.1) этих значений К и С для каждого створа определяется значение ПЗ. Из полученных ПЗ выбирают минимальное значение, соответствующее какому-то створу, на котором и размещается насосная станция.

2. Для каждого створа подсчитываются приведенные затраты на строительство и эксплуатацию канала (ПЗк = ЕКк + Ск) и трубопровода (ПЗт = ЕКт+ Ст). По этим данным строится совмещенный график (рис. 6.4).

Рис. 6.4. График

для определения

наивыгоднейшего

створа

Створы

*L*с

ПЗmin

ПЗк

5

4

3

2

1

ПЗ

ПЗт

ПЗ = ПЗк + ПЗт

После этого оба графика складываются в один, который имеет ПЗмин. Насосную станцию экономически целесообразно строить на расстоянии *L*c от уреза воды.

Второй способ более точно определяет наивыгоднейшее место расположения насосной станции, хотя он и более трудоемкий.

**6.4. Осушительные насосные станции**

Осушительные насосные станции строятся на польдерных осушительных системах с машинным водоподъемом (рис. 6.5).

Водоприемник

*6*

*5*

*4*

*3*

*2*

*1*

Водоприемник

*6*

*5*

*4*

*3*

*2*

*1*

*а* *б*

Рис. 6.5. Схемы гидроузлов осушительных насосных станций: *а* – насосная

станция расположена перед дамбой; *б* – в теле дамбы; *1* – подводящий

канал; *2* – аванкамера; *3* – водозаборное сооружение; *4* – здание

насосной станции; *5 –* водовыпускное сооружение; *6* – дамба обвалования

Забор воды всегда осуществляется из магистрального канала, а водозаборное сооружение чаще всего совмещено со зданием насосной станции. Водоприемником здесь может являться река или водоналивное водохранилище.

Осушительная насосная станция может располагаться перед дамбой (рис. 6.5, *а*), в теле ее (рис. 6.5, *б*) или за дамбой, т. е. в водоисточнике (на барже или понтоне). Место ее расположения зависит от типа применяемого гидромеханического оборудования и от условий строительства и эксплуатации.

**6.5. Насосные станции для водоснабжения**

Для целей водоснабжения вода может забираться из открытых или закрытых водоисточников. В схеме машинного водоподъема в этом случае чаще всего имеются две насосные станции: 1-го и 2-го подъема (рис. 6.6).

К потребителю

*7*

*6*

*5*

*4*

*3*

*2*

*1*

Река

Рис. 6.6. Схема гидроузла для водоснабжения из открытого водоисточника:

*1* – водозаборное сооружение; *2* – насосная станция первого подъема;

*3* – напорные трубопроводы; *4* – очистные сооружения; *5* – резервуар

чистой воды; *6* – насосная станция второго подъема; *7* – водонапорная башня

В случае наличия в качестве водоисточника пруда или водохранилища водоснабжение сельскохозяйственных промышленных предприятий технической водой можно осуществить с использованием гидравлического тарана, расположенного в нижнем бьефе плотины и забирающего воду из донного водовыпуска (рис. 6.7).

Гидравлический таран, расположенный в помещении *4*, питается водой, подводимой к нему разгонной трубой *3*. При работе тарана часть подведенной воды идет на холостой сброс и отводится трубой *5*, а часть, приобретая избыточное давление, поступает по трубе *6* к потребителю.

*2*

*1*

Река

Водохранилище

*3*

*5*

*6*

К потребителю

*4*

Рис. 6.7. Схема забора воды гидравлическим тараном: *1* – донный

водовыпуск; *2* – колодец; *3* – разгонная труба; *4 –* помещение

для гидравлического тарана; *5* – сбросная труба;

*6 –* напорный трубопровод

При заборе воды из закрытого водоисточника (артезианских скважин) насосные станции первого и второго подъемов могут совмещаться в одну (рис. 6.8).

К водонапорной

башне

*4*

*3*

*2*

*1*

Рис. 6.8. Схема гидроузла для водоснабжения из скважин:

*1* – насосная станция первого подъема; *2* –  очистные сооружения;

*3* –  резервуар чистой воды; *4* – насосная станция второго подъема

Гидроузел, показанный на рис. 6.8, называется совмещенным, так как в одном здании совмещены насосные станции двух подъемов.

**7. ВЫБОР ОСНОВНЫХ НАСОСОВ И ДВИГАТЕЛЕЙ.**

**ВОДОПОДВОДЯЩИЕ СООРУЖЕНИЯ**

**7.1. Определение расчетного напора, расхода и числа**

**агрегатов**

В общем случае расчетный напор насосных агрегатов определяется по формуле

Нр = Нгср + ∑*h*т + Нсв, (7.1)

где Нгср – средний геодезический напор; ∑*h*т – сумма потерь напора в трубопроводах; Нсв – свободный (остаточный) напор.

Средний геодезический напор определяется как средневзвешенная величина напоров в различные промежутки времени.

На рис. 7.1 показан совмещенный график колебания уровней воды в верхнем и нижнем бьефах. Средний геометрический напор определяется по формуле

.

∇,м

ВБ

Нг3

Нг2

Рис. 7.1. График колебания уровней

Нг4

Нг1

НБ

*t*

*t*4

*t*1

*t*2

*t*3

Для графика, изображенного на рис. 7.1, вышеприведенная формула может быть представлена в следующем виде:



При колебании уровней воды 2 м и менее средний геометрический напор можно определять упрощенно:



На осушительных насосных станциях, где колебание уровней в водоприемнике (ВБ) более 2 м, средний геометрический напор определяется как максимальная разность отметок уровней воды в верхнем и нижнем бьефах:

Нгср = ∇Вбmax – ∇Нбmin.

Второе слагаемое в формуле (7.1) принимается предварительно по рекомендациям СНиПов, а третье слагаемое задается заданием на проектирование.

Для определения расчетного расхода и числа агрегатов необходимо иметь график водоподачи (рис. 7.2).

*t*

*Q*, м3/с

1

0,7

0,5

2

3

2

1

*t*4

*t*3

*t*3

*t*1

*t*2

*t*2

*t*1

*t*

*Q*, м3/с

*а* *б*

Рис. 7.2. Графики водоподачи

Количество насосных агрегатов зависит от расчетного расхода каж-дого из них и должно удовлетворять следующим требованиям:

– обеспечивать полное покрытие графика водопотребления;

– иметь минимум капитальных затрат;

– иметь минимум затрат и максимум удобств при эксплуатации.

При этом СНиПами рекомендуется для мелиоративных насосных станций принимать не менее двух агрегатов, но не более восьми.

Для выполнения этих требований необходимо проанализировать график водоподачи, наметить все технически применимые варианты и, выполнив экономическое их сравнение, остановиться на самом выгодном.

Например, для графика водоподачи, показанного на рис. 7.2, *а*, можно принять три агрегата с расчетным расходом каждого 1 м3/с или шесть агрегатов с *Q*р = 0,5 м3/с.

Для графика на рис. 7.2, *б* технически приемлемы следующие варианты.

1. Два агрегата с *Q*р = 0,5 м3/с и один с *Q*р = 0,2 м3/с.

2. Два агрегата с *Q*р = 0,5 м3/с и регулирующая емкость.

Какой из них выгоднее, может показать только экономический расчет.

По расчетным напору и расходу подбирается марка насоса.

### 7.2. Подбор электродвигателя

В связи с тем, что завод поставляет насосы без электродвигателей, необходимо установить его марку, которая подбирается по трем параметрам: числу оборотов, мощности и типу исполнения (горизонтальный или вертикальный).

Число оборотов электродвигателя принимается равным числу оборотов рабочего колеса насоса, которое указано в его типовой характеристике. Оно может отличаться в сторону увеличения не более чем на 10 %.

Требуемая мощность электродвигателя определяется по формуле



где *Q*н и Нн – расход и напор насоса, снятые с его характеристики по правой (для центробежных насосов) или левой (для осевых) границе рабочей области; К – коэффициент запаса, принимаемый в зависимости от мощности; ηн – коэффициент полезного действия насоса в долях от единицы, снятый также по характеристике при *Q* = *Q*н

Тип исполнения двигателя – горизонтальный для насосов Д, НД и К и вертикальный – для насосов О, Оп и В.

**7.3. Проектирование и расчет закрытых и открытых**

**водоподводящих сооружений**

Водоподводящие сооружения сопрягают водозаборное сооружение насосной станции с водоисточником при ее удалении от него. Они могут выполняться в виде открытых каналов или подземных (напорных или безнапорных) трубопроводов.

Самотечные подводящие сооружения закрытого типа бывают безнапорные и напорные. Металлические трубы укладываются с уклоном в сторону насосной станции. Сечение в большинстве случаев круглое, диаметр его определяется гидравлическим расчетом по оптимальной скорости 1,5…2 м/с. Для крупных насосных станций подводящие сооружения могут выполняться в виде прямоугольных штолен.

Водоподводящие сооружения открытого типа применяют при следующих условиях:

– экономичность устройства канала и сокращение длины напорных трубопроводов;

– удовлетворительные гидрогеологические условия, допускающие устройство канала без крепления откосов и противофильтрационных мероприятий;

– отсутствие опасности заиления канала;

– медленные спады воды в водоисточнике, безопасные для устойчивости откосов канала.

Каналы могут быть саморегулирующиеся и несаморегулирующиеся (рис. 7.3).

Подводящий канал будет саморегулирующимся в том случае, если при остановке насосов насосной станции уровень воды в нем не выходит из бровок (рис. 7.3, *а*). Если же хоть на одном участке канала (участок *c* – *d* нарис. 7.3, *б*) уровень воды превышает поверхность земли, то такой канал называют несаморегулирующимся.

Параметры канала устанавливаются гидравлическим расчетом на основе максимальной подачи насосной станции.

При наличии несаморегулирующегося канала на участках, где вода может выйти из его бровок, проектируют дамбы обвалования, т. е. канал проходит в полувыемке-полунасыпи.

*d*

*с*

*Q*н

*Q*н

*а*

*б*

Рис. 7.3. Открытые водоподводящие сооружения:

*а* – саморегулирующийся канал; *б* – несаморегулирующийся канал

При заборе воды на орошение из реки, канала или водохранилища (при расположении насосной станции в верхнем бьефе его) в случае раздельной компоновки (т. е. насосная станция удалена от уреза воды и вода к ней подводится каналом), а также во всех осушительных насосных станциях выполняется расчет подводящего канала. Полученные расчетом параметры подводящего канала будут приемлемы и для отводящего канала при подаче воды в открытую оросительную сеть.

Расчет канала выполняется в приведенной ниже последовательности.

1. Устанавливаются исходные данные:

а) расчетный расход насосной станции (*Q*н.ст). В качестве расчетного расхода по графику работы насосной станции принимается максимальный расход, а при наличии форсированного (*Q*ф) – форсированный:

*Q*н ст*= Q*maxили  *Q*н.ст *= Q*ф;

б) коэффициент заложения откосов *m*;

в) коэффициент шероховатости *n*;

г) допустимая скорость на размыв *V*р.

2. Принимается стандартная ширина канала по дну в зависимости от расхода в нем.

3. Определяется площадь живого сечения канала, по которому расчетный расход воды насосной станции движется с размываемой скоростью:



Затем из формулы

**



устанавливается глубина воды в канале

4. Далее определяется смоченный периметр



и гидравлический радиус.

5. Из формулы Шези *V*р = *С*√ *Ri*р определяется уклон дна канала

,

где С – скоростной коэффициент Шези, определяемый по формуле

.

Полученное значение уклона округляется до первой значащей цифры в сторону уменьшения (например, получено: *i*р = 0,000685; округляем: i = 0,0006), что дает возможность получить фактическую скорость немного меньше размывающей.

**7.4. Аванкамера**

Подводящий канал при подходе к насосной станции имеет воронкообразное расширение, так как его ширина по дну, как правило, меньше ширины водозаборного фронта (ширина водозаборного сооружения). Кроме того, отметка дна канала чаще всего выше отметки дна водо-заборного сооружения. Поэтому в целях планового и высотного сопряжения подводящего канала и водозаборного сооружения устраивается аванкамера (рис. 7.4).

*5*

*2*

*3*

*1*

*4*

*6*

Рис. 7.4. Сопряжение подводящего канала с насосной станцией:

*1* – подводящий канал; *2* – аванкамера; *3* – водозаборное сооружение;

*4* – всасывающие трубы насосов; *5* – здание насосной станции;

*6* – напорный трубопровод

В плане центральный угол конусности принимается равным 40…45о при скорости воды в канале до 1 м/с, а при большей скорости – 30…40о.

Дно аванкамеры может иметь уклон до 0,2. Оно выполняется из монолитного или сборного железобетона, а откосы крепятся плитами.

Такой плавный переход от узкого потока к более широкому гарантирует обеспечение водой всех камер водозаборного сооружения, так как исключает так называемое явление сбойности потока.

**8. ВСАСЫВАЮЩИЕ ТРУБОПРОВОДЫ**

**8.1. Классификация всасывающих труб и технические**

**требования к ним**

Всасывающие трубы насосов предназначены для подвода воды к ним из водозаборного сооружения. Классифицируются по следующим признакам:

– по высоте всасывания (с положительной и отрицательной);

– по материалу (металлические, железобетонные, асбестоцементные);

– по способу укладки (открыто уложенные, в грунте, в штольнях);

– по конфигурации (цилиндрические, с односторонним конусом, с двухсторонним конусом, криволинейного очертания, полигонального очертания).

К всасывающим трубам СНИПами предъявляются следующие технические требования:

– число труб принимается равным числу установленных насосов;

– всасывающие трубы с положительной высотой всасывания рекомендуется выполнять стальными с фланцевыми (для открытых) или сварными (для уложенных в грунте) стыками;

– открытые трубы следует укладывать на опоры, заглубленные ниже глубины промерзания грунта, с расстояниями согласно статическому расчету;

– трубы укладываются с подъемом к насосу с уклоном не менее 0,005;

– при укладке труб под землю в отрытой траншее делается основание толщиной 5…10 см из крупного песка или гравия, а стыки тщательно проверяются на герметичность;

– подземные трубы покрываются битумной гидроизоляцией, а открытые окрашиваются масляной краской;

– всасывающие трубы должны иметь не более четырех поворотов и длину не более 50 м;

– проход всасывающих труб через стену здания должен быть без жесткой заделки.

Имеются в СНИПах и другие требования, касающиеся строительства и эксплуатации всасывающих труб различных типов.

**8.2. Конструкция и расчет всасывающих труб**

**различных типов**

Всасывающие трубы могут располагаться внутри здания насосной станции или вне ее. Внутри здания располагаются описанные ниже типы труб.

1.*Криволинейного и полигонального очертания* (рис. 8.1).

Эти трубы применяются для вертикальных насосов с производительностью 2 м3/с и более. Выполняются в монолитном железобетоне. Их размеры (Н, *h*, *L* и др.) зависят от диаметра всасывающего патрубка насоса. При этом при диаметре 1 м и более применяются трубы криволинейного очертания, а при меньшем – полигонального.

H

## L

H

План

*L*

В

*L*

*h*

*а*  *б*

Рис. 8.1. Всасывающие трубы: *а* – криволинейного очертания;

*б* – полигонального очертания

2.*Конусные трубы* (рис. 8.2).

Всасывающие трубы в виде правильного конуса (рис. 8.2, *а*) применяются для вертикальных насосов типа В, имеющих положительную высоту всасывания.

θ

*d*

*d*

θ

Двх

Двх

*L*к

Двх

*L*к

*а* *б*

Рис. 8.2. Конусные всасывающие трубы: *а* – правильный конус;

*б* –  конус с горизонтальной верхней образующей

Центральный угол конусности θ принимается равным 15…16°, а длина конуса определяется по формуле

, (8.1)

где Двх – диаметр конуса на входе, определяемый по формуле

, (8.2)

при оптимальной скорости *V*оп = 0,6…0,8 м/с; *d*в – диаметр всасывающего патрубка насоса.

Для всасывающих труб в виде неправильного конуса с горизонтальной верхней образующей угол конусности θ имеет ту же величину, что и у правильного конуса, но его длина определяется по формуле

*L*к = (5...6) ( Двх – *d* ). (8.3)

Эти трубы имеют отрицательную высоту всасывания.

Вне здания применяются цилиндрические трубы с правильным входным конусом (рис. 8.3).

Двх

*d*

*L*к

Рис. 8.3. Цилиндрическая

всасывающая труба

Эти трубы имеют положительную или переменную высоту всасывания и применяются для насосов типа Д, НД, К.

Диаметр входа Двх определяется по формуле (8.2), а длина входного конуса *L*к – по формуле (8.1) , но для угла конусности θ = 30…40о. Вместо *d*в в формулу подставляется диаметр цилиндрической трубы *d*, определяемый по формуле (8.2), исходя из оптимальной скорости   
*V*оп = 1…1,2 м/с.

Внешние всасывающие трубы могут быть и комбинированными, в случае наличия отрицательной высоты всасывания (рис. 8.4, *а*) или когда диаметр трубы больше диаметра всасывающего патрубка насоса (рис. 8.4, *б*).

*а*

*б*

Рис. 8.4. Комбинированные всасывающие трубы

Расчет комбинированных всасывающих труб ведется по частям по формулам, приведенным выше.

**9. ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ**

**9.1. Назначение и классификация водозаборных**

**сооружений**

Водозаборным сооружением называют головную часть насосной станции, через которую вода из источника поступает во всасывающие трубы насосов.

Водозаборное сооружение предназначено для следующих целей:

– обеспечивать забор воды из водоисточника в соответствии с графиком водопотребления;

– давать возможность отключать узел сооружений от водоисточника на время ремонта или аварии;

– не допускать попадания в узел сооружений наносов, плавающего мусора, льда и шуги.

Водозаборные сооружения классифицируются по следующим признакам:

1) по назначению (для орошения, осушения, водоснабжения);

2) отношению к насосной станции (совмещенные или раздельные с ней);

3) расположению к водоисточнику (русловые и береговые);

4) конструкции (закрытого и открытого типов).

**9.2. Определение размеров водозаборного сооружения**

**закрытого типа**

Закрытыми водозаборные сооружения называют потому, что они, располагаясь на урезе воды естественного водоисточника, отгорожены от него лобовой стенкой, в которой сделаны водозаборные окна (рис. 9.1). Эти сооружения состоят из камер, число которых принимается равным числу установленных насосов.

Рис. 9.1. Водозаборное сооружение закрытого типа

Двх

*h*x

*h*

*h*

▼max

▼min

*L*к

Устраивают, как правило, два яруса водозаборных окон. Эта рекомендация объясняется тем, что первые оросительные поливы сельскохозяйственных культур в условиях Беларуси делают после прохождения на реках паводка. В этот момент уровни воды высокие и она начинает осветляться и прогреваться сверху. Забор воды осуществляется через верхний ярус окон, а нижние окна закрыты. По мере понижения уровня воды в реке открывают нижний ярус окон, и вода в колодец поступает через него.

Площадь водозаборных окон (ω = *b*×*h*) определяется исходя из оптимальной скорости 0,5…0,7 м/с, а их ширина *b* принимается равной  1,25*h*.

Ширина камеры водозаборного сооружения *В*к принимается равной 3Двх, но не менее 2 м.

Длина камеры *L*к определяется по формуле

, (9.1)

где *Q*н – производительность насоса, который забирает воду из камеры;

*h*x – заглубление верха трубы под минимальный уровень (принимается равным Двх, но не менее 0,5 м и не более 1 м);

К – коэффициент секундного водообмена, т. е. количество секунд, которое необходимо для того, чтобы в момент пуска насоса он мог работать, используя воду, находящуюся в камере, до тех пор, пока не установится постоянный приток в нее.

Следовательно, К= *W*к / *Q*н, где *W*к – объем воды в камере при минимальном уровне, который может забрать насос. Коэффициент секундного водообмена зависит от типа насоса и его производительности. Принимается равным не менее 15…30 с. Длина камеры также не должна быть менее 2 м.

**9.3. Проектирование водозаборного сооружения открытого типа**

Камеры этого типа водозаборного сооружения (рис. 9.2) отделены друг от друга бычками, расстояния между которыми не менее 2Двх. Длина камеры назначается конструктивно, исходя из размещения соро-удерживающей решетки и пазов для шандор (шандоры – плоские разборные щиты). Однако она должна быть такой, чтобы коэффициент секундного водообмена, определяемый из формулы (9.1), был равен или более 15 с.

Значения Двх и *h*x определяются так же, как и при расчете водозаборного сооружения закрытого типа. Сороудерживающая решетка устанавливается под углом 70…90о.

На рис. 9.2 всасывающие трубы насосов, имеющих отрицательную высоту всасывания, введены в водозаборное сооружение через подпорную стенку. В случае наличия положительной высоты всасывания (насосы располагаются на поверхности земли) всасывающие трубы опускаются в камеры сооружения сверху через отверстие, которое образуется при отодвигании мостика *1* и забральной стенки *6* влево (рис. 9.2). При этом входное сечение всасывающих труб должно быть заглублено под минимальный уровень воды на величину *h*х,равную Двх, но не менее чем на 0,5 м и не более чем на 1 м. Эти рекомендации взяты из опыта эксплуатации насосов. Установлено, что при заборе воды работающим насосом образуется воронка, дно которой не должно достигать входного сечения всасывающей трубы для того, чтобы в нее не попал воздух, который вызовет кавитацию насоса.

*4*

Двх

*h*x

∇min

∇max

*3*

*2*

*1*

*5*

1–1

Мостик 3 снят

План

*1*

*2*

*4*

*6*

*5*

*1*

*1*

Рис. 9.2. Водозаборное сооружение открытого типа:

*1* – служебный мостик; *2* –  всасывающая труба насоса;

*3* – мостик для обслуживания шандор; *4* – сороудерживающая

решетка; *5* – пазы для шандор; *6* – забральная стенка

**10. НАПОРНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ**

**10.1. Внутристанционные напорные трубопроводы**

Напорные трубопроводы, находящиеся внутри здания насосной станции, служат для подачи воды к внешним напорным водоводам, а также для размещения на них запорной и переключающей арматуры. Кроме того, в этих трубопроводах скорость движения воды должна быть уменьшена от 5...7 до 1,5...2 м/с.

Переключение применяется тогда, когда количество ниток внешних напорных водоводов меньше числа насосов. Оно может быть полным или частичным (рис.10.1).

Напорный

трубопровод

Насосные агрегаты

Насосные агрегаты

Напорный

трубопровод

Насосные агрегаты

*а* *б*

Рис. 10.1. Схема переключения напорных трубопроводов:

*а* – полное переключение; *б* – частичное переключение

Число ниток, на которые переключаются насосы зависит от длины трассы внестанционных напорных трубопроводов, количества установленных насосов и назначения станции. Например, в насосных станциях для водоснабжения всегда делают полное переключение насосов, с тем чтобы любой насос мог быть подключен к любой нитке, а в станциях для осушения с короткими напорными трубопроводами вообще переключение не применяют. Здесь каждый насос имеет свою нитку напорного трубопровода.

Расчет внутристанционных напорных трубопроводов сводится к определению диаметров труб и длины переходных диффузоров (рис. 10.2).

*d*н н

*d*в

## Н

ПТ

*L*Д

Рис. 10.2. Схема внутристанционного напорного трубопровода

с переключающим трубопроводом (ПТ)

Диаметр внутристанционного напорного (*d*в) и переключающего (ПТ) трубопроводов определяется по оптимальной скорости 2,5...2 м/с, а диаметр внестанционного (*d*н) – по скорости 1,5...2 м/с. Длина диффузора *L*д определяется по следующей формуле с углом конусности   
θ = 8...12о:

 (10.1)

где *d*в.п – диаметр всасывающего патрубка насоса.

Напорные трубопроводы внутри здания устраивают из чугунных или стальных фланцевых труб и располагают на полу, в каналах или под перекрытием.

**10.2. Проектирование внестанционных напорных трубопроводов**

Напорные трубопроводы, находящиеся вне здания насосной станции, предназначены для транспортировки воды от внутристанционных трубопроводов до водовыпускного сооружения. Они классифицируются следующим образом:

– в зависимости от материала: стальные, железобетонные, чугунные, асбестоцементные, пластмассовые);

– напора: низконапорные (напор до 20 м), средненапорные (напор 20...50 м) и высоконапорные (напор более 50 м);

– способа укладки: открытые (наземные) и закрытые ( подземные).

При проектировании внешних напорных трубопроводов должны учитываться следующие условия:

1) минимальная длина трассы с минимальным количеством поворотов в горизонтальной и вертикальной плоскостях;

2) доступность для производства работ;

3) хорошие гидрогеологические условия;

4) возможность опорожнения трубопровода от воды и воздуха при испытаниях, осмотрах и ремонтах, а также защита станции от размыва ливневыми водами и при разрыве трубопровода;

5) прочность и герметичность трубопровода.

Кроме того, открытый трубопровод должен укладываться на опоры. На всех поворотах или через 200 м на прямолинейных участках устанавливаются анкерные опоры (рис. 10.3, *а*), а между ними – катковые (рис. 10.3, *б*).

*а* *б*

Рис. 10.3. Типы опор: *а* – анкерная; *б* – катковая

На трубопроводе между анкерными опорами устанавливаются температурные компенсаторы.

При проектировании напорного трубопровода необходимо предусмотреть меры защиты трубопровода от последствий гидравлического удара. Они могут быть следующие:

1) подобран материал трубопровода, который в состоянии выдержать повышение давления при гидроударе;

2) предусмотрен сброс воды в обратном направлении через насос;

3) возможен впуск воздуха или воды в местах разрыва сплошности потока в водоводе;

4) установка обратных клапанов выше мест образования разрывов сплошности потока;

5) сброс воды через предохранительные клапаны или диафрагмы, разрушающиеся при повышении давления при гидравлическом ударе;

6) установка водно-воздушных котлов.

Можно применить одну или сразу несколько мер из перечисленных выше и обосновать это экономическим расчетом.

**10.3. Конструкция труб из различных материалов**

Выбор материала стенок напорного трубопровода делают на основании технико-экономических расчетов.

Техническая применимость того или иного материала оценивается по расчетному давлению, которое определяется по формуле

Нтр = Нст + *h*т + ΔН,

где Нст – статический напор, т. е. расстояние от оси насоса до уровня воды в ВБ;

*h*т – суммарные потери в напорном трубопроводе;

ΔН – повышение давления при гидравлическом ударе, определяемое по формуле

,

где *V*о – скорость воды в трубопроводе; а – скорость распространения ударной волны, которая зависит от жесткости стенок трубопровода (при абсолютно жестких стенках а = 1425 м/с).

Практическая применимость труб из различных материалов зависит от того, выпускаются ли заводами трубы требуемого диаметра. Следовательно, прежде чем приступить к выбору материала труб, необходимо знать их расчетный диаметр, который устанавливается на основе технико-экономического расчета.

Выше было указано, что кроме стальных и чугунных труб применяют железобетонные и асбестоцементные. Железобетонные трубы бывают сборные и монолитные. Сборные трубы могут быть с предварительно напряженной арматурой и со стальным цилиндром (трубы марки РТНС). Первые выдерживают давления до 15 ати и выпускаются диаметром 0,5...1,6 м, а вторые – более 20 ати с теми же диаметрами. Отдельные звенья труб стыкуются при помощи раструбов или муфт.

Асбестоцементные трубы типа ВТ рассчитаны на давление 6,9 и 12 ати и выпускаются диаметрами от 100 до 500 мм.

Установка на железобетонные и асбестоцементные трубы различной арматуры осуществляется при помощи металлических вставок с фланцами.

Монолитные железобетонные трубопроводы изготавливаются на месте. Внутреннее сечение их обычно круглое. Через 20...25 м предусматривают температурно-усадочные швы.

**10.4. Расчет экономически наивыгоднейшего диаметра**

**напорного трубопровода**

Прежде чем приступить к этому расчету, необходимо подготовить следующие исходные данные:

– график водоподачи;

– количество установленных насосов и их производительность;

– схему переключения насосов, количество ниток напорных трубопроводов и их длину;

– стоимость 1 пог. м укладки трубопровода;

– стоимость 1 кВт·ч электроэнергии;

– коэффициент полезного действия насосной установки.

Выбор экономически наивыгоднейшего диаметра осуществляется путем рассмотрения нескольких технически применимых вариантов. С точки зрения оптимальных гидравлических потерь выгодным будет диаметр, при котором вода движется со скоростью 1...2 м/с, но он не всегда может оказаться самым дешевым. Действительно, если скорость движения воды увеличить, то диаметр станет меньше. Стоимость трубопровода также уменьшится. Однако возрастут потери напора, на преодоление которых потребуется дополнительное количество мощности, т. е. электроэнергии, что увеличит стоимость эксплуатации.

Поэтому выбор экономически наивыгоднейшего сочетания капитальных затрат, которые зависят от величины диаметра, и эксплуатационных издержек, зависящих от величины потерь напора, осуществляется по минимуму приведенных затрат:

ПЗ = Ен  К + С, (10.2)

где Ен – нормативный коэффициент, который учитывает срок окупаемости вложенных средств (принимается равным 0,12...0,1);

К – стоимость 1 пог. м укладки трубопровода данного диаметра;

С – эксплуатационные затраты, определяемые по следующей фор-муле:

С = вК + аЭ, (10.3)

где вК – отчисления на капитальный и текущий ремонты;

аЭ – стоимость электроэнергии, затраченной на преодоление потерь напора.

Для расчета требуемого количества электроэнергии, которая будет потрачена в течение какого-то времени эксплуатации напорного трубопровода, рассмотрим произвольный график водоподачи (рис. 10.4).

|  |  |
| --- | --- |
| *t*  *Т*  *Q* | Рис. 10.4. Расчетный график  водоподачи |

Затраты электроэнергии на подачу воды в течение времени *Т* можно определить по формуле

, (10.4)

где *Q* – расход, который меняется с течением времени *Т*;

*h*т – потери напора, соответствующие данному расходу, которые можно выразить следующим образом:

*h*т = А · *Q*2, (10.5)

где А – удельные потери на 1 м длины трубопровода.

С учетом (10.5) формула (10.4) примет вид

.

Вынесем за знак интеграла постоянные величины и получим

 (10.6)

Обозначим ∫*Q*3*dt*  через *q*3рт · *Т*. Тогда формула (10.6) примет вид

, (10.7)

где *q*рт – условный постоянный расход, которым заменяется переменный расход *Q*. Эта замена возможна при условии, что затраты электроэнергии на преодоление потерь напора, возникающих при прохождении по трубопроводу в течение времени *Т* постоянного расхода *q*рт, такие же, как и при прохождении переменного расхода *Q.*

С учетом этого условия из формулы (10.5) выразим А, подставив вместо *Q* величину qрт:

.

Подставив это выражение в формулу (10.7), получим

 или  (10.8)

Для определения расчетного расхода *q*рт, входящего в формулу (10.8), обратимся к формуле (10.6), в которой интеграл был заменен произведением .

Если график водоподачи задан в ступенчатом виде, то знак интеграла можно заменить на знак суммы:

∫*Q*3*dt* = ∑(*Q*3*i* *ti*) = .

Откуда

 (10.9)

В формулах (10.8) и (10.9) *ti* – промежутки времени, сумма которых равна *Т*:

*Т* = Σ*ti.*

Таким образом, расчет экономически наивыгоднейшего диаметра напорного трубопровода необходимо начать с определения расчетного расхода *q*рт по формуле (10.9). После чего следует подсчитать количество затраченной электроэнергии по формуле (10.8), а уж затем определять приведенные затраты (ПЗ) по формуле (10.2). Минимальное значение ПЗ будет соответствовать какому-то диаметру напорного трубопровода, который и принимается в проекте.

**11. ЗДАНИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ**

**11.1. Типы зданий насосных станций и условия их применения**

Здание насосной станции служит для размещения как основного насосно-силового, так и вспомогательного оборудования и комму-никаций трубопроводов (задвижек, водомеров, обратных клапанов и др.).

На тип и конструкцию зданий насосных станций влияют следующие факторы:

– форма соединения здания с водозаборным сооружением (совмещенная или раздельная);

– производительность, тип и конструкция основных насосов;

– режим водоисточника;

– геология и гидрогеология строительной площадки;

– климатические условия;

– виды строительных материалов.

По конструктивным признакам здания насосных станций делятся на ***заглубленные***, когда основные насосы расположены ниже поверхности земли, и ***незаглубленные***,когда насосы установлены на поверхности земли и здание не имеет подземной части.

Заглубленные здания делятся на два типа: *блочные и камерные.*

Здания *блочного* *типа* (рис. 11.1) применяются для крупных насосов с производительностью 2 м3/с и более, имеющих вертикальный вал (насосы типа ОВ, ОпВ и В ). С водозаборным сооружением такие здания всегда совмещены, колебания уровней в водоисточнике могут быть любыми, высота всасывания насосов должна быть всегда отрицательной.

Здания *камерного* *типа* могут быть с сухой камерой (рис. 11.2), с мокрой камерой, но сухим помещением для насоса (рис. 11.3) и с мокрой камерой и затопленным насосом (рис. 11.4). Эти здания применяются для насосов как с горизонтальным, так и с вертикальным валом (насосы типа Д, НД, К, КМ, В, ОВ и ОГ). Их производительность может быть менее 2 м3/с, а высота всасывания – отрицательной, положительной или переменной. С водозаборным сооружением они чаще всего устанавливаются раздельно. Колебания уровней воды в водоисточнике могут быть любыми.

Рис. 11.1. Схема

заглубленной

блочной насосной

станции

с насосом типа О

∇min

∇max

Рис. 11.2. Схема

заглубленной

насосной станции

камерного типа

с сухой камерой

и насосом

с горизонтальным

валом

∇min

∇max

Рис. 11.3. Схема

заглубленной

насосной станции

камерного типа

с мокрой камерой,

но сухим

помещением

для насоса типа В

∇min

∇max

Рис. 11.4. Схема

заглубленной

насосной станции

камерного типа

с мокрой камерой

и затопленным насосом

∇min

∇max

Применение зданий насосных станций ***незаглубленного******типа*** (рис. 11.5) ограничивается следующими условиями:

а) должны применяться насосы только с горизонтальным валом (насосы типа К, КМ, Д, НД) с производительностью не более 1,5 м3/с;

б) высота всасывания насосов должна быть положительной и не менее чем величина колебания уровней воды в водоисточнике;

в) с водозаборным сооружением их необходимо устанавливать всегда раздельно.

Если хоть одно из этих условий не соблюдается, то такой тип зданий применить нельзя.

∇min

∇max

Рис. 11.5. Схема

насосной станции

незаглубленного типа

**11.2. Основные принципы компоновки зданий**

**насосных станций**

Компоновка – это размещение основного насосно-силового оборудования с соблюдением всех его размеров, исходя из условий удобства монтажа и эксплуатации и с учетом требований техники безопасности.

Конечным результатом компоновки является установление ширины, длины и высоты здания насосной станции.

Для того чтобы произвести компоновку, необходимо прежде всего подобрать насос и электродвигатель и установить их габариты и массу, рассчитать высоту всасывания насоса, запроектировать всасывающий и напорный трубопроводы и определить размеры арматуры, устанавливаемой на них.

Кроме того, необходимо подобрать грузоподъемное оборудование и установить его размеры.

Компоновка проводится с соблюдением следующих условий.

1. Удовлетворение физических и технологических требований, предъявляемых оборудованием, которое включает:

– учет размеров и массы;

– установку насосов с расчетной высотой всасывания;

– соблюдение условий работы, необходимых для электродвигателя.

2. Соблюдение требований техники безопасности и обеспечение возможности монтажа и демонтажа оборудования, а также удобства его эксплуатации, которые включают:

– устройство безопасных проходов требуемой ширины (не менее 0,7 м) и лестниц с допустимым уклоном (не более 1:1,5);

– удаление фланцев труб от стен, пола и потолка не менее чем на 0,3 м, устройство в перекрытии люков, размеры которых позволяли бы извлекать самое крупное оборудование;

– устройство наблюдательных мостиков, переходов и стремянок, облегчающих доступ к измерительной и запорной аппаратуре;

– устройство монтажной площадки, достаточного освещения, вентиляции и отопления.

3. Обеспечение как можно меньшей стоимости строительства и эксплуатации насосной станции, включающее:

– отказ от излишних незанятых площадей, чрезмерной ширины проходов и лестниц;

– отсутствие излишних запасов прочности стен и перекрытий;

– компактное расположение основного и вспомогательного оборудования.

Вышеперечисленные принципы компоновки здания насосной станции должны неукоснительно соблюдаться студентами при выполнении ими курсовых проектов.

* 1. **. Компоновка подземной части зданий заглубленного типа**

Компоновка зданий насосных станций начинается с подземной части. Сначала располагается ось насоса относительно минимальной отметки воды в водозаборном сооружении, а затем вычерчивается по габаритным размерам насос, к которому подсоединяется всасывающий и нагнетательный трубопроводы с установленной на них арматурой (конусы, задвижки, переходники и т. д.). После этого определяется отметка пола подземной части и устанавливается положение осей вертикальных стен, что даст величину ширины здания, которая должна быть стандартной (4; 4,5; 5; 5,5; 6; 9; 12 м).

Последовательность компоновки подземной части здания насосной станции проследим по рис. 11.6, на котором показано размещение оборудования в подземной части здания камерного типа с сухой камерой и горизонтальным насосом типа Д.

65

*h*х

Нп.ч

*h*пл

*h*0

Δ*h*

*h*н

*h*в

*h*ф

*l*11з

∇min

∇max

δст

*В*п.ч

а2

*l*к

*l*11в

*l*1в

*l*1з

а1

*l*н

Рис. 11.6. Компоновка подземной части здания насосной станции

Как видно из рисунка, насос расположен ниже минимального уровня воды в водозаборном сооружении на величину высоты вса-сывания *h*в и имеет габарит *l*н. Слева к нему подсоединена монтажная вставка длиной *l*1в и задвижка *l*1з, а к ней – всасывающая труба в виде конуса с горизонтальной верхней образующей. С напорной стороны также сначала монтируется монтажная вставка *l*11в, а затем задвижка *l*11з и переходник в виде правильного конуса *l*к, от которого отходит напорный трубопровод. Оси боковых стенок толщиной δст  намечены таким образом, чтобы получить стандартную ширину подземной части *В*п.ч, которая слагается из суммы стандартных (*l*н, *l*1з, *l*11з), расчетных (*l*к) и назначаемых величин (*l*1в и l11в):

*В*п.ч = δст + а1 + *l*1з + *l*1в + *l*н + *l*11в + *l*11з + *l*к  + а2.

Монтажные запасы а1 и а2 принимаются не менее 0,2 м, а за счет назначения длины монтажных вставок *l*1в и *l*11в достигается стандартное значение ширины подземной части *В*п.ч.

Из рис. 11.6 видно, что высота подземной части слагается из следующих величин:

*h*пл – толщины донной плиты;

*h*ф – высоты фундамента под насос;

*h*н – габарита насоса;

*h*в – высоты всасывания;

Δ*h* – колебания уровней в водоисточнике;

*h*0 – превышения пола над максимальным уровнем воды, т. е.

Нп.ч = *h*пл + *h*ф + *h*н  + *h*в + Δ*h* + *h*0.

Величина заглубления верха всасывающей трубы под минимальный уровень воды *h*х должна быть не менее 0,5 м, но не более 1 м.

Длина подземной части насосной станции определяется с помощью проведения плановой компоновки (рис. 11.7).

Из рисунка видно, что длина подземной части *L*п.ч здания насосной станции слагается из следующих величин:

δст – толщины стенки подземной части;

в1 и в2  – эксплуатационных проходов размером не менее 0,7 м;

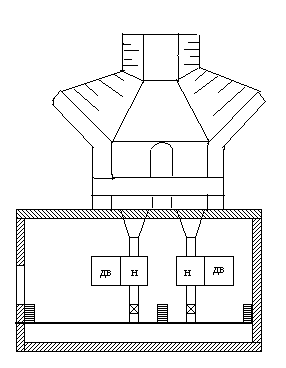
Lаг – длины агрегата в составе насоса и электродвигателя;

Lм.п – длины монтажной площадки, которая должна быть назначена такой, чтобы на ней можно было разместить самую крупную деталь и обеспечить вокруг эксплуатационные проходы не менее 0,7 м.

Таким образом, длина подземной части здания насосной станции может быть определена путем суммирования вышеперечисленных величин:

*L*п.ч = δст + в1 + 2*L*аг + в2 + *L*м.п.

В случае если длина подземной части здания насосной станции равна длине надземной, то она должна быть кратной 6 (если верхнее строение будет каркасного типа) или кратной 1,5 (для верхнего строения бескаркасного типа).



*L*м.п

*L*п.ч

*L*аг

δст

в1

в2

Рис. 11.7. Плановая компоновка насосной станции

незаглубленного типа

При большом количестве насосных агрегатов их можно располагать в шахматном порядке. В этом случае увеличивается ширина здания, но уменьшается его длина.

При наличии насосов с вертикальным валом последовательность проведения компоновки будет аналогичной, но отличается тем, что в зданиях блочного типа насос опирается на мощный бетонный блок (отсюда и название «блочное») и вода к насосу подводится снизу по трубе криволинейного или прямолинейного очертания. Если насос с вертикальным валом применяется в камерном типе здания, то сопряжение его всасывающего патрубка с всасывающей трубой осуществляется при помощи колена, которое имеет диаметр всасывающего патрубка.

Кроме того, подземная часть насосных станций с вертикальными насосами имеет железобетонное перекрытие, на котором устанавливается электродвигатель (см. рис. 11.1, 11.3, 11.4). Расстояние от пола до потолка подземной части должно быть не менее 3 м.

**Компоновка зданий незаглубленного типа** также начинается с установки насоса на расчетной высоте всасывания и подсоединения к нему всасывающего и напорного трубопроводов. К ширине здания предъявляются такие же требования, как и к ширине подземной части у заглубленных зданий, т. е. она должна отвечать стандартным значениям 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 9; 12 м.

Длина здания устанавливается при помощи плановой компоновки точно так же, как было описано выше.

Определив ширину и длину здания, приступают к проектированию верхнего строения насосной станции.

**11.4. Проектирование верхнего строения**

Наземная часть насосных станций проектируется одинаково для незаглубленных и заглубленных насосных станций. Прежде всего выбирается тип верхнего строения, который может быть каркасный или бескаркасный.

Каркасный тип здания принимается в том случае, когда в нем предусматривается установка грузоподъемного оборудования грузоподъемностью 5 т и более (см. рис. 11.1). Во всех остальных случаях принимается бескаркасное здание с несущими боковыми стенами, изготовленными из кирпича (см. рис. 11.2–11.5).

Каркасный тип здания (рис.11.8) представляет собой жесткий каркас, состоящий из колонн с пилястрами *1*, ригелей *2* и плит *3*, который несет нагрузку от кровли и грузоподъемного оборудования.

Колонны устанавливаются с шагом 6 м на стены подземной части (в заглубленных насосных станциях) или на собственный фундамент, если нет подземной части. Они являются главным несущим элементом всего каркаса, так как несут нагрузку и от грузоподъемного оборудования, которое опирается на пилястры колонн.

Ригель *2* имеет двускатную форму при расстоянии между рядами колонн (пролет) 6 м и более. В поперечном разрезе он представляет собой железобетонный двутавр.

*1*

*3*

*2*

*2*

*1*

*3*

*а*  *б*

Рис. 11.8. Железобетонный каркас верхнего строения

насосной станции: *а* – разрез; *б* – план

Боковые стены выполняются или из кирпича, или из сборных железобетонных плит. Если применяется кирпичная кладка, то колонны частично запускаются в нее, как показано на рис. 11.9, *а*. Толщина стен принимается для отапливаемых зданий 2 кирпича (51 см), а для неотапливаемых – 1,5 кирпича (38 см).

В таких зданиях промышленного типа применяется мягкая кровля с утеплителем (если предусмотрена работа насосной станции в зимний период) или без него. Конструкция кровли с утеплителем показана на рис. 11.9.

Стены зданий бескаркасного типа выполняются из кирпичной клад-ки (рис. 11.9, *б*) толщиной 1,5…2 кирпича. На них опирается кровля, к которой подвешивается грузоподъемное оборудование. Требования, предъявляемые к устройству кровли, такие же, как и для зданий каркасного типа (рис. 11.9, *б*).

Габариты верхнего строения зданий насосной станции определяются из условия размещения в нем не только основного (как в зданиях незаглубленного типа), но и грузоподъемного оборудования.

Ширина и длина верхнего строения заглубленных насосных станций обычно принимается равной ширине и длине подземной части.

Подкрановая

балка

3 слоя рубероида

Цементная стяжка

Утеплитель

Цементная стяжка

Плита перекрытия

А

А

А – А

*а*

*б*

Рис. 11.9. Устройство стен и кровли:

*а* – в зданиях каркасного типа;

*б* – в зданиях бес-каркасного типа

Высота верхнего строения любого типа насосных станций определяется исходя из условия обеспечения безопасной транспортировки на монтажную площадку насосов и двигателей (если они установлены в верхнем строении, как показано на рис. 1.10) и возможности разгрузки автотранспорта, доставляющего оборудование на монтажную площадку (рис. 11.11).

Рис. 11.10. Схема

высотной

компоновки

надземной части

здания насосной

станции

незаглубленного

типа

*h*о

*h*зап

*h*д

*h*стр

*h*к

*h*з

Нн.ч

Как видно из рис. 11.10 высота здания насосной станции незаглубленного типа находится следующим образом:

Нн.ч = hо + hзап + hд +hстр + hк +hз,

где *h*о – габарит установленного оборудования;

*h*зап – запас, который должен быть не менее 0,5 м;

*h*д – размер самой крупной детали;

*h*стр – длина строп 0,5…0,7 м;

*h*к – высота кранового оборудования (берется из источника [2]);

*h*з  – запас 0,2…0,3 м.

В насосных станциях заглубленного типа насосно-силовое оборудование установлено в подземной части здания. Поэтому высота надземной части определяется только исходя из условия обеспечения возможности разгрузки транспорта на монтажной площадке (рис. 11.11).

*h*о

*h*к

*h*стр

*h*д

*h*зап

*h*тр

Нн.ч

Рис. 11.11. Схема к определению высоты надземной части здания

заглубленного типа

Из рис. 11.11 видно, что транспортировке детали насосно-силовое оборудование не мешает, так как оно заглублено. Следовательно, высота наземной части Нн.ч будет слагаться из hтр  – высоты транспортного средства – и величин, указанных выше.

Такой же расчет следует делать и для насосных станций незаглубленного типа для того, чтобы проверить, выполняется ли второе требование к высоте здания, касающееся возможности разгрузки оборудования на монтажной площадке.

Наземная часть здания освещается естественным светом через окна, суммарная площадь которых принимается равной 1/3...1/5 площади пола машинного зала. Для заезда транспорта на монтажную площадку устраиваются ворота размером 3×3 или 3×4 м.

Пол машинного зала устилается метлахской плиткой, а монтажной площадки – асфальтом.

Кроме того, в наземной части здания размещают щиты управления и подсобные помещения.

**12. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

**НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ**

**12.1. Грузоподъемное оборудование**

Грузоподъемные устройства необходимы для монтажа и демонтажа основного насосно-силового оборудования, подъема и опускания затворов, решеток и др. Они могут устраиваться внутри здания насосной станции или снаружи.

Тип грузоподъемных устройств подбирается в зависимости от массы самой крупной детали, которую предполагается поднимать. При максимальной массе до 1 т применяют ручные тали или электрифицированные тельферы. При массе до 5 т и высоте подъема до 18 м применяют однобалочные краны (кран-балки).

В зданиях каркасного типа, которые устраиваются для крупного оборудования массой более 5 т, применяют мостовые двухбалочные краны с пролетом 9, 12 м и более.

Подбор типа и размеров грузоподъемного оборудования следует производить с помощью источника [2].

В качестве внешних грузоподъемных устройств применяют козловые краны, лебедки и винтовые подъемники.

П р и м е ч а н и е. В целях уменьшения ширины здания насосной станции необходимо стараться избегать применения мостовых кранов путем монтажа крупного оборудования по частям. В этом случае можно принять расчетную массу в размере 60 % от массы самого крупного оборудования, которое подлежит разборке.

**12.2. Вакуумные насосные установки**

Применяют вакуумные насосные установки в том случае, когда основные насосы работают с положительной высотой всасывания. Для заливки водой перед запуском в работу насос подключают к вакуумной установке, схема которой изображена на рис. 12.1.

Чтобы запустить в работу основной насос *1*, прежде всего задвижкой *2* необходимо отключить его от напорного трубопровода, а открытием крана *3* подсоединить к вакуумной линии *8*. Затем запустить вакуумный насос *7*, предварительно залив его водой из бачка *6*, который, в свою очередь, наполняется водой из сбросной трубы *9* ручным насосом *5*.

Вакуумный насос должен работать до того момента, пока из его напорного патрубка *10* не начнет выливаться вода, что является сигналом заполнения водой основного насоса, который можно запускать. После того как манометр покажет, что насос развивает необходимое давление, закрывают кран *3* и выключают вакуумный насос. Открытием задвижки *2* воду пускают потребителю.

*9*

*2*

*1*

*3*

*4*

*5*

*6*

*7*

*8*

*10*

Рис. 12.1. Схема вакуумной установки.

Вакуум-котел *4* устанавливается на вакуумной линии в том случае, когда основной насос часто включается и выключается.

В насосных станциях, как правило, устанавливается одна вакуумная установка, включающая в себя два вакуумных насоса, один из которых рабочий, а второй – резервный. Вакуумная линия подводится к каждому основному насосу, которые запускаются в работу поочередно.

Тип вакуумного насоса подбирается по производительности, определяемой по формуле

,

где К – коэффициент запаса, принимаемый равным 1,2…1,3;

*W* – объем воздуха, подлежащего откачке, включающий в себя объемы всасывающей трубы, напорного трубопровода до задвижки и корпуса насоса;

*Т* – время заливки, которое принимается в пределах 5…10 мин.

В качестве вакуумных применяются насосы типа ВВН (водокольцевой вакуумный насос), КВН (компрессорный вакуумный насос) и РМК (ротационный мокрый компрессор).

**12.3. Дренажные и осушительные насосные**

**установки**

Дренажные насосные установкиприменяются только в насосных станциях заглубленного типа с целью отвода воды, попавшей в подземную часть здания в результате утечек из трубопроводов или фильтрации через дно и стены.

Дренажная система подземной части заглубленной насосной станции состоит из дренажного колодца, располагаемого, как правило, под монтажной площадкой, и впадающих в него открытых канавок, проложенных по периметру помещения. Пол подземной части имеет уклон от середины к стенам, поэтому вода по нему стекает в канавки и собирается в дренажном колодце, из которого дренажным насосом сбрасывается в нижний бьеф. Объем дренажного колодца принимают равным 10…15-минутной производительности насоса.

Производительность дренажных насосов принимается в пределах 1…3 л/с, а расчетный напор определяется как сумма геометрического напора (разность отметок воды при максимальном уровне в нижнем бьефе и минимальном в дренажном колодце) и потерь напора в трубопроводе.

Насосы принимают самовсасывающие или центробежные, но устанавливают их под минимальный уровень воды в дренажном колодце. Устанавливают всегда два насоса: один рабочий, а второй – резервный. Двигатели дренажных насосов всегда находятся под напряжением, несмотря на сезонную работу насосной станции, так как они должны автоматически включаться по мере заполнения дренажного колодца и отключаться при его опорожнении.

Осушительные насосные установкислужат для удаления воды из камер водозаборных сооружений в случае ремонта или аварийной остановки основного насоса. В насосной станции малой и средней производительности предусматривается одна осушительная установка с не менее чем двумя осушительными насосами на четыре основных насоса. Работа ее периодическая, поэтому резервные насосы не устанавливают, а работают оба насоса на одну всасывающую линию, к которой подводятся трубы от приямков, устроенных в водозаборных камерах.

Производительность осушительной насосной установки определяется по формуле

,

где *W* – суммарный объем воды во всасывающей трубе и камере водозаборного сооружения при максимальном горизонте воды;

*t* – время откачки, которое принимается равным 5...8 ч;

*q* – приток фильтрационной воды через уплотнение затворов, принимается равным 0,5...1 л/с.

Таким образом, расчетная производительность одного насоса будет определяться следующим образом:

,

где *n* – число осушительных насосов.

По расчетной производительности и напору подбирается центробежный, вихревой или другой насос.

Так как осушительные насосы не могут удалить грязевый осадок в водозаборных камерах, то дополнительно устанавливают фекальные или водоструйные насосы.

**12.4. Хозяйственные и противопожарные насосные установки**

Хозяйственные насосные установкипредназначены для обеспечения технической водой систем охлаждения электродвигателей, трансформаторов, компрессоров, масляных ванн, подшипников и подпятников. Для этих целей применяется чистая вода без механических и химических примесей, которую подает насосная установка, состоящая из одного рабочего и одного резервного насоса при количестве основных насосов четыре и менее. При большем количестве насосов в насосной станции устанавливается 2 рабочих хозяйственных насоса и 1 резервный.

Противопожарные насосные установкиустанавливают при объеме наземной части здания 1000 м3 и более. Они используются также для тушения загоревшихся электродвигателей, которые автоматически отключаются от электросети. Для этого вокруг электродвигателя устанавливается кольцевая труба с двумя рядами отверстий диаметром 3 мм, расположенных на расстоянии 10 см друг от друга. Давление в кольцевой трубе должно быть не менее 20…25 м.

Пожарные насосы подбирают с производительностью до 5 л/с и напором, обеспечивающим подъем струи над коньком крыши здания 12 м.

В зданиях, не имеющих противопожарных систем, устанавливают пенные огнетушители из расчета 2 шт. на 1 двигатель мощностью до 100 кВт, 3 шт. на двигатель мощностью до 1000 кВт и 4 шт. при большей мощности двигателей.

**12.5. Пневматическое и масляное хозяйство**

Пневматическое хозяйствосостоит из одного или двух компрессоров и стационарной или переносной системы воздуховодов. Сжатый воздух необходим:

для масловоздушных котлов и систем регулирования (давление до 25 ати);

охлаждения обмоток и торможения роторов электродвигателей (давление до 7 ати);

очистки сороудерживающих решеток (давление до 6 ати);

отжатия воды из камер рабочих колес насосов при их разборке;

образования незамерзающей полыньи по фронту затворов при работе в зимний период.

Кроме этого сжатый воздух необходим для работы отбойных молотков при производстве ремонтных работ сооружений.

*Масляное хозяйство* необходимо для обеспечения маслом систем регулирования (например, угла разворота лопаток осевого насоса), систем принудительной смазки подшипников, систем гидроприводов дисковых затворов и т. д.

В зависимости от компоновки основного оборудования система маслоснабжения может быть самотечной, принудительной (т. е. масло подается под давлением, которое создает масляный насос) и смешанной. Чаще применяют смешанную систему подачи масла.

Масляное хозяйство состоит из баков, фильтров, масляных насосов, разводящей сети и контрольной аппаратуры. Насосы применяют шестеренные, а масло – турбинное и трансформаторное.

**12.6. Электрораспределительные устройства**

Питание электродвигателей, пуск, остановка и защита осуществляются на насосных станциях с помощью распределительных устройств, проект которых составляется специалистами-электриками.

Пуск и остановка электродвигателей чаще всего осуществляются непосредственно со щита управления, находящегося в машинном зале.

Распределительные устройства (РУ) всегда располагаются в отдельном помещении, входить в которое имеют право только электрики. Это помещение может примыкать к торцу здания насосной станции, противоположному монтажной площадке, или составлять со зданием одно целое, или стоять отдельно от него.

Помещение РУ выполняют из несгораемых материалов и не отапливают, за исключением помещения для дежурного персонала.

**13. ВОДОВЫПУСКНЫЕ СООРУЖЕНИЯ**

**13.1. Назначение и типы водовыпускных сооружений**

Водовыпускные сооружения входят в состав гидротехнического узла машинного водоподъема и предназначены для сопряжения напорных трубопроводов с сооружениями, транспортирующими воду к потребителю. Если это осуществляется отводящим каналом, то его называют *машинным.*

В оросительных системах водовыпускное сооружение называют *напорным бассейном*, если оно открытое, и *гидрантом* – закрытое.

В осушительных системах водовыпускное сооружение соединяется или непосредственно с водоприемником (рекой или водоналивным водохранилищем), или с сооружением, подводящим воду к водоприемнику (каналом, лотком, перепадом и т. д.).

В системах водоснабжения вода может подаваться либо в напорный бак, либо в очистные сооружения, либо в разводящую сеть.

Назначение водовыпускных сооружений заключается в следующем:

– обеспечить спокойный выход потока воды, вытекающего из напорного трубопровода, и плавное его сопряжение с водой, находящейся в машинном канале;

– обеспечить деление потока в том случае, если подача воды производится в несколько каналов;

– надежно отключать напорные трубопроводы при внезапной остановке насосов для предотвращения обратного тока воды;

– предотвращать фильтрацию воды из машинного канала вниз вдоль тела напорных труб, если они уложены в грунте.

Все эти функции может выполнять такое гидротехническое сооружение, которое обладает достаточной прочностью и устойчивостью, имеет размеры и конфигурацию, обеспечивающие благоприятные гидравлические условия протекания воды.

Классификация водовыпускных сооружений осуществляется по следующим признакам:

1) принадлежности к той или иной мелиоративной системе – *осушительные, оросительные* или др.;

2) методам соединения с каналом – *прямоточные, делители* и *с консолью-рассеивателем*;

3) соединению с водоприемником – *постоянно затопленные* и *периодически затопляемые*;

4) соединению со зданием насосной станции – *составляющие одно целое со зданием без раздельных швов, примыкающие к зданию* и *раздельные*;

5) применяемому материалу – *железобетонные, массивные (из бутового камня)* и *смешанные, т. е. из различных материалов*;

6) по способу отключения потока воды, подаваемого в бассейн – *прямоточного типа с затвором механического или гидравлического действия, а также с приемным резервуаром-водосливом, делители с затвором механического действия и прямоточного типа с сифоном.*

**13.2. Водовыпускное сооружение прямоточного типа**

Конструкция водовыпускного сооружения прямоточного типа с механическим запорным устройством показана на рис. 13.1 (запорное устройство не показано).

Две нитки напорного трубопровода диаметром Дэк, который был ранее определен на основе технико-экономического расчета, проходят через массивную лобовую стенку и заканчиваются расширяющейся частью. Каждая нитка имеет свою камеру, которые разделяются бычками. В бычке и боковых стенках сделаны пазы для шандор, посредством которых можно отсоединить канал от водовыпускного сооружения в случае его ремонта. Для обслуживания шандор предусмотрен служебный мостик.

Р

∇min

∇max

*l*кр

*l*пер

*mh*p

*L*кол

*h*kmin

*h*p

Нколmin

Двых

*h*заглmin

Δ*h*

а

Дэк

I–I

в

*В*б

*В*кол

в

Двых

Двых

План

(мостик снят)

I

I

Рис. 13.1. Водовыпускное сооружение прямоточного типа с механическим

запорным устройством

Для гашения остаточной кинетической энергии потока, выходящего из напорной трубы, ее конец выполнен в виде диффузора с выходным диаметром Двых = (1,1…1,2)Дэк и заглублен под минимальный уровень на величину

,

где  – скорость потока на выходе из напорного трубопровода.

Это заглубление должно быть не менее 5…10 см.

С целью обеспечения плавного (без гидравлического прыжка) сопряжения потока, вытекающего из трубопровода, с водой, находящейся в бассейне, устраивается водобойный колодец, минимальная глубина воды в котором определяется по уравнению



где Рпринимается равным не более 0,2 м.

Глубина этого колодца будет рассчитываться следующим образом:

,

где – минимальная глубина воды в отводящем канале, которая определяется гидравлическим расчетом.

Длину колодца приблизительно можно определить по формуле

*L*кол = К · ,

где К – коэффициент, зависящий от формы порога и его величины, определяется из табл. 13.1.

Т а б л и ц а 13.1. **Значения коэффициента К**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| КД = *h*р / Двых | Коэффициент К для порога | |
| наклонного | вертикального |
| 0,5 | 6,5 | 4,0 |
| 1,0 | 5,8 | 1,6 |
| 1,5 | – | 1,0 |
| 2,0 | – | 0,85 |
| 2,5 | – | 0,85 |

Из рис. 13.1 видно, что ширина колодца *В*кол = Двых + 2в, где в – конструктивный запас, принимается равным 0,25...0,3 м.

Суммарная длина переходной части и длина крепления определяется по формуле

*l*пер + *l*кр = (4…5),

где – максимальная глубина воды в канале, определяемая гидравлическим расчетом при максимальной подаче насосной станции.

Конфигурация переходной части зависит от отношения ширины водовыпускного сооружения *В*б  и ширины по дну отводящего канала *В*к. При равенстве этих величин скорость воды в канале и на выходе из водовыпуска будет одинаковой, что создает благоприятные условия для протекания потока.

При неравенстве ширины водовыпуска и канала (рис. 13.2) благоприятные условия создаются путем назначения величины центрального угла конусности θ,который для схемы *а* принимается в пределах 30…40о, а для схемы *б* – 40…50о.

*В*к

*В*б

θ / 2

*В*б < *В*к

*а*

*В*к

θ / 2

*В*б

*В*б > *В*к

*б*

Рис. 13.2. Схемы сопряжения водовыпускного сооружения с отводящим каналом

Толщина бычка δ принимается равной 0,6…0,8 м. Чем больше максимальная глубина воды в колодце сооружения, тем большее значение имеет δ.

**13.3. Водовыпуск-вододелитель**

Конструкция водовыпуска-вододелителя представлена на рис. 13.3. Это водовыпускное сооружение отличается от прямоточного тем, что поток, выходящий из напорных трубопроводов, делится на две части при открытии соответствующих затворов. От данного сооружения может отходить и большее количество отводящих каналов.

Плоские

затворы

Рис.13.3. Схема водовыпуска-вододелителя

**13.4. Водовыпуск прямоточного типа с резервуаром-водосливом**

Схема такого сооружения приведена на рис. 13.4. Из рисунка видно, что железобетонное тело водовыпуска *1* располагается в котловане, который сопрягается с отводящим каналом. Напорные трубы выходят в резервуары *2*, верх стенок которых расположен на максимальной отметке уровня воды в отводящем канале. При минимальном уровне воды в канале отметка воды в резервуарах при работе насосов остается на уровне верха стенок, через который происходит ее перелив, а при остановке насосов резервуары освобождаются от воды, но ее излив из канала в резервуар невозможен.

Таким образом, резервуары-водосливы служат в качестве запорных устройств, предотвращающих обратный ток воды.

В связи с тем, что поток воды, переливаясь через стенку резервуара-водослива, должен плавно сопрягаться с водой в канале (особенно при ее минимальном уровне), необходимо устраивать гасители в виде искусственной шероховатости *3* и водобойной стенки *4* (рис. 13.4).

Диаметр напорной трубы на выходе Двых = (1,1...1,2)Дэк, где Дэк – экономически наивыгоднейший диаметр напорного трубопровода, определенный на основе технико-экономического расчета. Глубина резервуара Нрез = Двых + а0, где запас а0 принимается в пределах 0,2…0,3 м.

Длина резервуара *L*рез  принимается равной 4Двых, а высота искусственной шероховатости и водобойной стенки С = 0,35*h*кр, где *h*кр – критическая глубина потока, определяемая по формуле

,

где ; *n* – число резервуаров (здесь).

Ширина обоих порогов принимается равной 1,2Двых, а угол   
β = 60…70°.

Двых

I

I

δ

*4*

*3*

*2*

*1*

*В*к

θ=40–50о

β

1,2Двых

2,4Двых

1,2Двых

Двых

Двых

Двых

Двых

План

Дэк

Двых





∇min

∇max

а0

Нрез

С

5*h*кр

0,5Двых

*L*рез

I – I

Рис. 13.4. Водовыпуск с резервуаром-водосливом

Сопряжение водовыпуска с отводящим каналом осуществляется так же, как было описано выше.

**13.5. Водовыпуски сифонного типа**

Этот тип водовыпускных сооружений чаще всего применяется в осушительных насосных станциях, располагаясь с ними раздельно.

Сифонный водовыпуск (рис. 13.5) представляет собой плавно изогнутую трубу, имеющую восходящую *1* и нисходящую *2* ветви, а также горловину *4*. Низ горловины превышает максимальный уровень воды в канале на величину δ = 0,1…0,15 м, а в верхней ее части устанавливается клапан срыва вакуума *3*.

*3*

*4*

*1*

*2*

∇max

*r*

δ

*r*0

Дэк

∇min

*h*kmin

*h*загл

*h*p

Hkmin

*mh*p

*L*k

*l*пер

Рис. 13.5. Сифонный водовыпуск

При пуске насоса вода, поднимаясь вверх по напорной трубе, вытесняет из нее воздух, который должен выходить через открытый клапан срыва вакуума. После того, как вода заполнит сифон, клапан закрывается и в горловине образуется пониженное давление, которое способствует работе насоса. При остановке насоса вода по восходящей ветви стремится двигаться вниз к насосу, а по нисходящей – вниз к бассейну. Это становится возможным, если в этот момент откроется клапан и впустит в горловину воздух. Если же клапан будет закрыт, то сифон станет тянуть воду из бассейна, направляя ее к насосу, что недопустимо. Следовательно, клапан срыва вакуума является наиболее ответственной частью водовыпуска сифонного типа.

Этот тип водовыпуска имеет некоторые преимущества, заключающиеся в следующем:

– отсутствие затворов и бычков, разделяющих камеры;

– надежность и автоматичность работы;

– практическое отсутствие гидравлических сопротивлений из-за создания вакуума в горловине;

– относительно малая стоимость, так как нет бетонных элементов.

Расчет сифонного водовыпуска начинается с определения диаметра на выходе, так как конец нисходящей ветви может постепенно расширяться для того, чтобы выходная скорость не превышала 1 м/с. Заглубление верхней кромки выхода под минимальный горизонт определится по формуле

,

где *V*в – скорость воды на выходе из сифона.

Длину колодца можно принять *L*к = (1,5…2)Двых, где Двых  – диаметр трубы на выходе.

Радиусы закругления труб *r* = (1,5…2)Дэк и *r*0 =(2…3,5)Дэк, где Дэк – диаметр трубы сифона.

Размеры водобойного колодца (бассейна) определяются так же, как и при расчете водовыпуска прямоточного типа. Его ширина определяется по формуле

*В*бав = в(*n* – 1) + Двых,

где в – расстояние между осями напорных трубопроводов;

*n* – количество сифонов, впадающих в бассейн.

**13.6. Запорные устройства на водовыпусках**

Запорные устройства на водовыпускных сооружениях бывают механического и гидравлического действия.

К механическим запорным устройствам относится *обратный клапан* – «*хлопушка»,* представляющий собой металлический или деревянный диск (рис. 13.6), *дроссель* с эксцентричной горизонтальной осью вращения (рис. 13.7) и плоские *быстропадающие затворы.*

*а*

*б*

Рис. 13.6. Обратный клапан – «хлопушка»:

*а* – без противовеса; *б* – с противовесом

Обратный клапан – «хлопушка» применяется при диаметре трубы на выходе, равном или менее 1 м. При этом если диаметр меньше или равен 0,6 м, то применяется клапан без противовеса (рис. 13.6, *а*), а если больше, то с противовесом (рис. 13.6, *б*), который уменьшает силу удара клапана о седло.

Рис. 13.7. Дроссельный затвор

с эксцентричной горизонтальной осью вращения

К запорным устройствам гидравлического действия относятся *клапаны срыва вакуума* различного типа, которые устанавливаются на сифонном водовыпуске.

Устройство *гидромеханического клапана срыва вакуума* показано на рис. 13.8. Принцип действия этого клапана основывается на том, что под действием гидродинамической силы *V*2/2*g* лопатка *1* отклоняется от вертикального положения, поворачиваясь вокруг оси *3*, через рычаг передвигает в горизонтальном направлении клапан *2*, который закрывает отверстия, сделанные в кожухе *4.*

*4*

*3*

*2*

*1*

*V*2 / 2*g*

Рис. 3.8. Гидромеханический клапан срыва вакуума:

*1* – лопатка; *2* – клапан;

*3* – ось вращения; *4* – кожух

Таким образом, при движении воды от насоса к водовыпуску отсоединяется горловина сифона от атмосферы и в ней создается вакуум. После остановки насоса ток воды направляется в обратную сторону и сила гидродинамического давления действует с другой стороны лопатки, открывая тем самым отверстия в кожухе и соединяя горловину сифона с атмосферой, т. е. срывая вакуум. Этим нарушается сплошность потока, и сифон, освобождаясь от воды, заполняется воздухом.

Аналогичные функции выполняет *клапан срыва вакуума с электроприводом* (рис. 13.9). При пуске насоса вода, поднимаясь по трубопроводу, вытесняет перед собой воздух, который легко приподнимает мембрану *1* и выходит через отверстия *2*. Электромагнитный клапан *3* должен быть закрытым. После заполнения горловины сифона водой клапан *3* открывается и вода, проникая в кожух *4*, силой давления прижимает мембрану *1* вниз, закрывая тем самым отверстия *2*. В этот момент закрывается клапан *3* и вакуум, создавшийся в сифоне, еще больше тянет мембрану вниз.

Рис. 13.9. Клапан срыва вакуума

с электроприводом

*2*

*2*

*3*

*4*

*1*

При остановке насоса клапан *3* открывается и вакуум распространяется в кожух клапана, поднимая мембрану вверх и открывая отверстия *2*, что срывает вакуум, так как горловина будет связана с атмосферой.

*Гидравлический клапан срыва вакуума* (рис. 13.10) состоит из воздушной трубки *1* и стакана *2*. При запуске насоса воздух проходит по трубке *1* и попадает в стакан, который сообщается с атмосферой.

min давление

max давление

*V*2/ 2*g*

*2*

∇min

∇max

вакуум

*1*

Рис. 13.10. Гидравлический клапан срыва вакуума

После остановки насоса давление в горловине сифона станет уменьшаться вследствие того, что вода в нем начнет движение вниз (влево и вправо) по ветвям. Вода из стакана по трубке будет попадать в сифон, и когда давление в нем достигнет вакуума, конец трубки соединится с атмосферой и по ней пойдет воздух в сифон. Таким образом, вакуум будет сорван.

Недостатком такого типа клапана срыва вакуума является то, что в зимних условиях работы стакан требует тщательного утепления, а воздушная трубка может засоряться.

**14. ПРОЧИЕ ТИПЫ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ**

**14.1. Передвижные насосные станции**

Передвижные насосные станции чаще применяются для орошения, но могут использоваться и для отвода воды с осушаемых участков. Они имеют ряд преимуществ по сравнению со стационарными, которые заключаются в том, что передвижные насосные станции значительно быстрее могут быть введены в эксплуатацию и при их использовании можно быстро менять место водозабора, что позволяет использовать эти станции для нескольких мелиорируемых участков.   
Индустриальное изготовление их и отсутствие каких-либо гидротехнических сооружений на месте водозабора уменьшают капитальные вложения, но несколько увеличиваются эксплуатационные издержки.

Передвижные насосные станции бывают ***плавучими, навесными, наземными и фуникулерными.***

Для изготовления ***плавучих насосных станций*** используют понтоны, выполненные в виде сухогрузных барж и предназначенные для продолжительной стоянки у берега реки или в небольшой бухте (ковше). Применяются горизонтальные основные насосы с производительностью до 3,5 м3/с, которые устанавливают на днище трюма (рис. 14.1). Общая производительность насосной станции такого типа может достигать до 20 м3/с с напором до 100 м.

*4*

*4*

*3*

2

*1*

*2*

*2*

Рис. 14.1. Схема плавучей насосной станции:

*1* – насосные агрегаты с электродвигателем; *2* – водозаборные камеры;

*3* – грузоподъемное оборудование; *4* – балластные камеры

Наибольшее распространение получили стальные понтоны простейшего прямоугольного сечения с небольшими скосами днища в зоне кормы и носа. Понтоны имеют двойные борта, между которыми размещаются балластные камеры *4*. Они служат емкостями для топлива в том случае, если вместо электродвигателей используются двигатели внутреннего сгорания, или заполняются забортной водой, если применяются электродвигатели. Наличие балластных камер обеспечивает устойчивость понтона при неравномерном распределении нагрузки от основного и вспомогательного оборудования. Понтоны имеют ширину 5,5 м, высоту – 1,6 м, длину – 13, 16 или 19 м в зависимости от количества основных агрегатов, установленных на них.

Вода насосами забирается из водозаборных камер *2* и подается в напорные трубопроводы, которые при помощи шаровых устройств соединяются с внешним напорным трубопроводом, проложенным под землей (стационарно) или поверх ее (временно).

Достоинство плавучих насосных станций заключается в том, что они могут работать в тяжелых условиях водозабора (колебание уровней воды более 5 м, неустойчивое русло, количество наносов более 5 г/л) и более дешевые. Недостаток этих станций состоит в том, что они сложны в эксплуатации (зимой их следует уводить в затоны или демонтировать) и, кроме того, им необходим дополнительный штат матросов. Срок службы плавучих насосных станций примерно в 2,5 раза меньше, чем стационарных.

Наибольшее распространение среди ***навесных насосных станций*** получила СНН-50/80 (станция насосная навесная с подачей 50 л/с и напором 80 м).

Она состоит из рамы, установленной позади трактора, на которой смонтирован насос с всасывающим трубопроводом, оснащенным механизмом подъема. Этот механизм представляет собой стрелу, оборудованную ручной лебедкой, при помощи которой гибкий всасывающий шланг опускается в водоисточник. В качестве напорных применяют быстроразборные трубопроводы. Движителем здесь служит вал отбора мощности трактора.

Так как в навесных насосных станциях применяется центробежный насос с положительной высотой всасывания, то перед его запуском необходимо залить водой корпус насоса и всасывающий трубопровод. Это достигается при помощи эжектора, установленного на выхлопной трубе трактора и соединенного с насосом резиновым шлангом (рис. 14.2).

Рис. 14.2. Схема устройства

для заливки насоса водой:

*1* – выхлопная труба трактора;

*2* – эжектор; *3* – штуцер

для резинового шланга;

*4* – заслонка

*4*

*3*

*2*

*1*

в

б

а

При запуске двигателя трактора заслонка *4* находится в положении а – б и выхлопные газы проходят мимо эжектора *2*. Для заливки насоса заслонку переводят в положение б – в и газы, проходя через сопло эжектора, создают в нем разрежение, за счет которого высасывается воздух из насосного агрегата, соединенного с эжектором резиновым шлангом через штуцер *3*.

***Наземные передвижные насосные станции*** монтируются на собственной платформе (рис. 14.3), установленной на колесной двухосной тележке или санях, и перемещаются при помощи трактора. Движителем насоса может быть собственный двигатель внутреннего сгорания (дизель) или электродвигатель.

I

*6*

*7*

*2*

I

*5*

*2*

*4*

*1*

*3*

I–I

Рис. 14.3. Схема наземной передвижной насосной

станции типа СНПЭ: *1* – всасывающий трубопровод;

*2* – насос; *3*– напорный патрубок насоса с задвижкой;

*4* – кожух;*5*– съемная опора; *6* – электродвигатель;

*7*– вакуумное оборудование

Передвижная насосная станция с приводом от дизеля имеет марку СНП-Q/H, где Q обозначает подачу насоса в литрах в секунду, а Н – напор в метрах. Например, СНП-50/80 имеет двухколесный насос, способный подавать 50 л/с и развивать напор 80 м. Если привод осуществляется от электродвигателя, то в марку вводится буква Э (СНПЭ-Q/Н).

В этих насосных станциях применяются центробежные насосы типа К (СНП-25/60), типа Д (СНП-50/40) и осевые (СНП-240/30).

Передвижные насосные станции, выпускавшиеся серийно в СССР, имели подачу до 700 л/с и напор до 100 м.

В нашей стране широко применялись передвижные насосные станции Чехословацкого производства. Концерн «Сигма» выпускал передвижные насосные станции типа СПС (станция передвижная сезонная), которые комплектовались насосами типа Д и маркировались так же, как и отечественные, т. е. СПС-Q/Н (например, СПС-70/80).

***Фуникулерные насосные станции*** применяются в том случае,   
когда открытый водоисточник имеет очень пологое русло и достаточно большое колебание уровней воды.

Схема конструкции фуникулерной насосной станции представлена на рис. 14.4.

К лебедке

*1*

*2*

*3*

*5*

*4*

Рис. 14.4. Фуникулерная насосная станция:

*1*– электронасос; *2* – напорный трубопровод;

*3* – рельсовый путь; *4* – тележка; *5* – трос

Погружной насос *1* устанавливается на тележке *4* которая при помощи троса и лебедки перемещается по рельсовому пути 3 вслед за уменьшающимся уровнем воды в водоисточнике. Напорные трубопровод 2 имеет возможность изменять свою длину по мере изменения положения насоса.

Недостатки такой насосной станции – опасность затопления оборудования при быстром подъеме уровня воды в водоисточнике, большая трудоемкость и достаточно большая стоимость эксплуатации, трудность автоматизации.

Преимуществом является высокое качество и небольшая стоимость монтажа станции, быстрота работы при ее строительстве, возможность быстрой смены места забора воды.

**14.2. Насосные станции в трубчатых колодцах**

Для таких насосных станций применяются погружные капсульные насосы типа ОПВ либо ОМПВ, которые на тросе опускаются под минимальный уровень воды в железобетонный колодец, имеющий достаточный диаметр (рис. 14.5). Трос убирается и колодец закрывается крышкой *5*.

*1*

*2*

*3*

*4*

*5*

Насос *2* устанавливается на диафрагме *1*, которая разделяет колодец на две части: под насосом образовавшееся пространство сообщается при помощи трубы *3* с водоисточником, а над ним – с водоприемником при помощи трубы *4*. Таким образом, в верхней части колодца насос создает напор, который обеспечивает отток воды из колодца в водоприемник.

Такого типа насосные станции применяются для осушения. Они достаточно дешевы, так как не имеют наземного здания. Из вспомогательного оборудования имеется только таль, при помощи которой монтируются насосы.

Рис. 4.5. Насосная станция

в трубчатом колодце

**15. ЭКСПЛУАТАЦИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ**

**15.1. Плановая система технической эксплуатации**

Для обеспечения экономичной, надежной и безаварийной подачи воды в соответствии с графиком водопотребления создается плановая система технической эксплуатации (ПСТЭ) насосной станции. Непосредственное создание и реализация ПСТЭ входит в обязанности директора станции или начальника мелиоративного участка.

ПСТЭ предусматривает: наблюдение и уход за оборудованием и его своевременный ремонт; соблюдение правил и инструкций технической эксплуатации; выявление и анализ причин внеплановых ремонтов, поломок и аварий; своевременное обеспечение запасными частями, инструментами и оборудованием для ремонтных работ; изучение работы сооружений и оборудования, проведение необходимых испытаний и исследований; точный учет работы агрегатов и оперативную отчетность в работе станции; соблюдение техники безопасности и противопожарных мероприятий; всемерное поощрение инициативы обслуживающего персонала.

Создание ПСТЭ начинается с комплектования технической и эксплуатационной документации. К *технической* документации относятся:

– исполнительные чертежи сооружений и оборудования;

– паспорт насосной станции;

– принципиальные и монтажные схемы и заводская техническая документация на все виды оборудования;

– комплект технических инструкций по эксплуатации оборудования;

– протоколы испытаний аппаратуры и оборудования.

Если насосная станция ранее была в эксплуатации, то к вышеперечисленным документам добавляются журналы осмотра и текущего ремонта сооружений, гидротехнического и силового оборудования.

В состав *эксплуатационной* (оперативной) документации входят:

– оперативный журнал насосной станции;

– должностные инструкции оперативного персонала;

– журнал учета аварий и брака в работе;

– график работы дежурного персонала;

– журнал заявок на остановку и профилактический ремонт оборудования;

– журнал распоряжений и телефонограмм.

Приведенные перечни технической и эксплуатационной документации могут изменяться в зависимости от мощности и типа насосной станции, а также условий ее эксплуатации.

Вторым этапом реализации ПСТЭ является составление планов капитальных и текущих ремонтов и их выполнение; контроль за обеспеченностью ремонтных работ материалами, запасными частями, инструментами и приспособлениями и своевременное составление заявок на них; наблюдение за ремонтными работами, проверка их качества, участие в приемке отремонтированных объектов; обеспечение техники безопасности и охраны труда на ремонтных работах; учет работы и отчетность о готовности насосной станции к предстоящему рабочему сезону.

Следующий этап подготовки к рабочему сезону заключается в составлении годовой сметы расходов на эксплуатацию, которая утверждается вышестоящим руководителем. Для составления сметы необходимо иметь график водопотребления и водоэнергетический расчет, которые позволяют получить следующие прогнозные показатели:

– суммарное количество часов работы насосной станции (Σ*Т*раб);

– общее количество затраченной электроэнергии (ΣЭ);

– суммарный объем поднятой воды (Σ*W*);

– общее количество выполненной работы, выраженное в тонно-метрах поднятой воды (Σ*W*H).

Годовая смета расходов на эксплуатацию включает следующие   
статьи затрат:

1. Амортизационные отчисления на капитальный ремонт и восстановление, которые определяются как доля от стоимости основных фондов (капитальных вложений).

2. Затраты на текущий ремонт (также берутся в процентах от капитальных вложений в соответствии с установленными нормами).

3. Стоимость электроэнергии, затраченной на подъем воды за рабочий сезон (определяется путем умножения количества затраченной электроэнергии, определенной в водоэнергетическом расчете, на стои-мость 1 кВт∙ч).

4. Стоимость электроэнергии, затраченной на собственные нужды насосной станции (составляет 1…3 % от стоимости электроэнергии на подъем воды).

5. Затраты на содержание обслуживающего персонала, которые берутся в зависимости от типа насосной станции и ее мощности.

6. Затраты на топливо, смазочные материалы, транспорт и др. (составляют 8...10 % от суммы предыдущих затрат).

В задачу начальника станции входит проведение рабочего сезона так, чтобы все затраты, которые возникнут во время работы, не выходили за пределы суммы, определенной сметой. Работа насосной станции будет хорошей в том случае, если удастся затратить денег на эксплуатацию меньше, чем предусмотрено сметой. Этого можно добиться путем совершенствования технологических процессов, улучшением ухода за сооружениями и оборудованием, уменьшением потерь воды, снижением затрат энергии на собственные нужды, внедрением автоматизации и т. д.

**15.2. Права и обязанности обслуживающего персонала**

**Дежурный персонал насосной станции.** К нему относятся все работники, обслуживающие посменно все агрегаты и сооружения гидроузла машинного водоподъема. Дежурный персонал должен работать по графику дежурств, утвержденному начальником станции.

Дежурный, придя на работу, должен принять смену от предыдущего дежурного, а по окончании дежурства – сдать ее следующему по графику дежурному.

При приеме смены дежурный обязан: ознакомиться с состоянием и режимом работы всего оборудования в объеме, установленном должностной инструкцией; проверить наличие инструмента, подручных материалов, средств пожаротушения, исправность средств связи, средств аварийного освещения; прочитать записи и распоряжения, поступившие за время предыдущего дежурства; оформить прием и сдачу смены записью в журнале и сообщить непосредственному начальнику о заступлении на смену и о всех замеченных при приемке смены недостатках.

Дежурный во время дежурства выполняет следующее:

– отвечает за техническое обслуживание и безаварийную работу всего оборудования и сооружений на порученном ему участке;

– соблюдает все установленные правила и инструкции и требует этого от других;

– поддерживает режим работы оборудования в соответствии с инструкциями и оперативными указаниями диспетчерской службы;

– немедленно докладывает техническому руководству станции об обнаруженных неисправностях, повреждениях и авариях и принимает в пределах инструкций меры по их ликвидации или локализации;

– осуществляет обход и осмотр работающего оборудования, следит за его исправностью, крепежом, смазкой, чистотой и порядком на рабочем месте и в производственных помещениях;

– своевременно записывает показания приборов, замеченные неполадки и распоряжения в соответствующих журналах.

Дежурный не имеет права покидать свой пост до окончания дежурства.

**Инженер (техник) производственного участка** является помощником начальника (директора) станции и отвечает за техническую эксплуатацию оборудования и сооружений на вверенном ему участке.

Инженер (техник) обязан:

– обеспечивать бесперебойную и с наилучшими технико-экономи-ческими показателями работу своего участка;

– своевременно выполнять планы текущего, среднего и капитального ремонтов и проводить в соответствии с планом профилактические осмотры;

– при обнаружении дефектов, требующих ремонтных работ, организовать их выполнение или подать заявку в ремонтный цех и принять меры по предотвращению аварии;

– контролировать работу дежурного персонала на своем участке;

– инструктировать дежурный персонал по технике безопасности и контролировать выполнение ее требований.

**Начальник насосной станции** является административным лицом и подчиняется начальнику и главному инженеру организации, в ведении которой находится данная насосная станция. Он обязан:

– обеспечивать бесперебойную и с наилучшими технико-экономи-ческими показателями работу вверенных ему объектов;

– разрабатывать график нагрузки агрегатов в соответствии с графиком водопотребления, который представляет потребитель;

– представлять в вышестоящие организации дефектный акт по сооружениям и оборудованию для составления сводного графика текущего и капитального ремонтов по организации (управлению);

– контролировать своевременное выполнение ремонтных работ и о их готовности докладывать вышестоящему начальству;

– ежемесячно сообщать управлению показатели работы станции по установленной форме;

– организовывать техническую учебу персонала станции для повышения его квалификации;

– оказывать помощь рационализаторам и изобретателям;

– представлять в управление табель и наряды для начисления зарплаты эксплуатационному персоналу;

– нести полную ответственность за технику безопасности и охрану труда на производстве.

Начальник станции имеет право:

– в необходимых случаях давать распоряжение эксплуатационному персоналу об остановке насосных агрегатов, о чем ему через диспетчерскую службу следует докладывать техническому руководству   
организации;

– заменять или отстранять от дежурств персонал по состоянию здоровья, в случае нарушения правил эксплуатации или техники безопасности, а также при грубом нарушении трудовой дисциплины;

– давать представление начальнику организации о перемещении, найме или увольнении работников эксплуатационного персонала станции;

– представлять по согласованию с начальником жилую площадь персоналу станции в домах ведомственного подчинения.

**15.3. Учет работы и отчетность**

Учет работы и отчетность имеют своей целью накопление фактических данных о работе станции для оплаты и материального и морального поощрения эксплуатационного персонала, а также для принятия мер по повышению технико-экономических показателей. Фактические данные о работе насосной станции, кроме того, используются в   
проектно-конструкторской, строительно-монтажной и эксплуатационной практике.

Отчетность о выполнении эксплуатационных мероприятий подразделяют на внутриведомственную и общегосударственную.

К общегосударственной отчетности относятся следующие отчеты, составляемые по установленной форме:

– о численности рабочих и служащих, фонде зарплаты и финансовом состоянии;

– расходе электроэнергии;

– остатках и расходе сырья и материалов.

К специальной внутриведомственной отчетности относятся фактические данные о выполнении плановых технико-экономических показателей, доведенных до начала рабочего сезона.

Плановые технико-экономические показатели или берутся из проекта, или рассчитываются на основании данных водоэнергетического расчета.

К эксплуатационным технико-экономическим показателям относят:

1. Расход электроэнергии на 1000 м3 поднятой воды



где ∑Э – потребляемая за рабочий сезон электроэнергия;

∑*W* – объем воды, перекачиваемый за это время.

2. Расход электроэнергии на 1000 т⋅м выполненной полезной работы



где *Qi*и Н*i*– соответственно подача станции и геометрический напор по периодам.

3. Коэффициент использования установленной мощности

α = *N*ср / *N*уст,

где *N*ср = Э / *Т*р – средняя мощность станции;

*Т*р – годовая проектная продолжительность работы станции;

*N*уст – суммарная номинальная (по паспорту) мощность установленных основных агрегатов.

4. Себестоимость 1 м3 перекачиваемой воды

ΔИ = И / (1000∑*W*),

где И – ежегодные эксплуатационные расходы (берутся из годовой сметы на эксплуатацию).

5. Себестоимость тонно-метра поднятой воды

ΔИ1 = И / (9,81*Qi* H*i*).

В рабочий период регулярно записываются в соответствующие журналы показания приборов (ваттметра, водомера, манометра, вакуум-метра и др.), на основании чего определяются все величины, позволяющие рассчитать по вышеприведенным формулам фактические   
технико-экономические показатели. Сравнение плановых и фактических технико-экономических показателей позволяет судить об эффективности работы насосной станции за прошедший рабочий сезон.

**15.4.** **Техника безопасности и противопожарные мероприятия**

Выполнение правил техники безопасности и противопожарных мероприятий при эксплуатации насосной станции обеспечивает безопасность работы обслуживающего персонала и безаварийность работы оборудования.

Основные правила техники безопасности и противопожарных мероприятий заключаются в следующем:

– к эксплуатации насосных станций допускаются работники, которые имеют документы, подтверждающие соответствующую квалификацию;

– все вновь принятые работники должны пройти вводный инструктаж и инструктаж на рабочем месте;

– эксплуатационный персонал должен знать специфические правила безопасности при выполнении специализированных работ и приемы тушения пожаров, возникающих при возгорании дизельного топлива, масел, электродвигателей и др.;

– в производственных помещениях насосной станции должны быть предусмотрены все возможные меры, предотвращающие несчастные случаи (ограждение проемов, заземление электродвигателей и электро-аппаратуры, предупредительные надписи, кожухи на вращающихся деталях и т. д.);

– должна быть аптечка для оказания первой медицинской помощи, эксплуатационный персонал должен уметь ее оказывать;

– отопление, вентиляция и освещение должны соответствовать установленным нормам;

– трубопроводы, аппараты и сосуды, находящиеся под давлением выше атмосферного, должны быть зарегистрированы, испытаны и освидетельствованы по соответствующим нормам.

Производственные и вспомогательные помещения насосной станции должны быть обеспечены автоматическими или другими средствами обнаружения пожара. На видных и доступных местах устанавливают противопожарные стенды с полным набором оборудования для тушения пожара.

На насосной станции составляют схему эвакуации находящихся в здании людей в случае возникновения пожара.

литература

1. Насосы и насосные станции / под ред. В. Ф. Чебаевского. – М.: Агропромиздат, 1989. – 320 с.

2. Рычагов, В. В. Проектирование насосных станций и испытание насосных установок / В. В. Рычагов, В. Ф. Чебаевский. – М.: Колос, 1982. – 450 с.

СОДЕРЖАНИЕ

|  |  |
| --- | --- |
| ВВЕДЕНИЕ…………………………………………………………………………. | 3 |
| 1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ.............................................................................................. | 4 |
| 1.1. Краткая история развития машинного водоподъема и насосостроения… | 4 |
| 1.2. Понятия «водоподъемник», «насос», «насосная установка», «насосная станция», «гидротехнический узел машинного водоподъема». Их типы и элементы.  Классификация насосов …………………………………………………...…... | 5 |
| 2. ПАРАМЕТРЫ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ…………………………………... | 7 |
| 2.1. Основные и дополнительные параметры насосной установки…………... | 7 |
| 2.2. Способы замера подачи насоса ……………………………………………. | 9 |
| 2.3. Определение напора по показаниям приборов ………………………….... | 10 |
| 2.4. Определение энергетических показателей……………………………..…. | 13 |
| 3. ЛОПАСТНЫЕ НАСОСЫ ……………………………………………………..... | 13 |
| 3.1. Конструкция и принцип действия центробежных насосов………………. | 13 |
| 3.2. Конструкция и принцип действия осевых насосов ……………………..... | 15 |
| 3.3. Испытания и характеристики лопастных насосов ……………………….. | 17 |
| 3.4. Изменение характеристик центробежного насоса ……………………….. | 18 |
| 3.5. Универсальные размерные и безразмерные характеристики осевых  насосов……………………………………………………………………….. | 22 |
| 3.6. Сводный график рабочих полей …………………………………………... | 24 |
| 3.7. Характеристика трубопровода и рабочая точка …………………….…… | 25 |
| 4. СОВМЕСТНАЯ РАБОТА НАСОСОВ НА ОДИН ТРУБОПРОВОД …….…. | 26 |
| 4.1. Параллельная работа двух насосов ……………………………………….. | 26 |
| 4.2. Последовательная работа насосов ……………………………………….... | 27 |
| 5. КАВИТАЦИЯ В ЛОПАСТНЫХ НАСОСАХ ……………………………….… | 29 |
| 5.1. Понятие о кавитации. Причины ее возникновения и меры  предупреждения.…………………………………………………..………… | 29 |
| 5.2. Допустимая высота всасывания …………………………………………... | 30 |
| 5.3. Кавитационные испытания ………………………………………….……. | 31 |
| 6. СХЕМЫ ГИДРОУЗЛОВ МАШИННОГО ВОДОПОДЪЕМА И ВЫБОР МЕСТА ИХ РАСПОЛОЖЕНИЯ ……………………………………………….. | 33 |
| 6.1. Гидроузлы для орошения ………………………………………………….. | 33 |
| 6.2. Выбор места забора воды из рек и водохранилищ ………………………. | 35 |
| 6.3. Место расположения насосной станции на выбранном створе…………. | 36 |
| 6.4. Осушительные насосные станции ………………………………………… | 37 |
| 6.5. Насосные станции для водоснабжения ………………………………….... | 38 |
| 7. ВЫБОР ОСНОВНЫХ НАСОСОВ И ДВИГАТЕЛЕЙ. ВОДОПОДВОДЯЩИЕ СООРУЖЕНИЯ …………………………………………………………... | 40 |
| 7.1. Определение расчетного напора, расхода и числа агрегатов …………… | 40 |
| 7.2. Подбор электродвигателя ………………………………………………….. | 42 |
| 7.3. Проектирование и расчет закрытых и открытых водоподводящих  сооружений………………………………………………………………….. | 42 |
| 7.4. Аванкамера ………………………………………………………………….. | 45 |
| 8. ВСАСЫВАЮЩИЕ ТРУБОПРОВОДЫ ……………………………………….. | 46 |
| 8.1. Классификация всасывающих труб и технические требования к ним….. | 46 |
| 8.2. Конструкция и расчет всасывающих труб различных типов……….……. | 47 |
| 9. ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ………………………………………..….. | 49 |
| 9.1. Назначение и классификация водозаборных сооружений………...….….. | 49 |
| 9.2. Определение размеров водозаборного сооружения закрытого типа……. | 50 |
| 9.3. Проектирование водозаборного сооружения открытого типа………........ | 51 |
| 10. НАПОРНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ ……………………………………………... | 53 |
| 10.1. Внутристанционные напорные трубопроводы…………………………... | 53 |
| 10.2. Проектирование внестанционных напорных трубопроводов ………..… | 54 |
| 10.3. Конструкция труб из различных материалов……………………………. | 56 |
| 10.4. Расчет экономически наивыгоднейшего диаметра напорного  трубопровода ……………………………………..……………………….... | 57 |
| 11. ЗДАНИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ………………………………………….. | 60 |
| 11.1. Типы зданий насосных станций и условия их применения…………….. | 60 |
| 11.2. Основные принципы компоновки зданий насосных станций……….… | 63 |
| 11.3. Компоновка подземной части зданий заглубленного типа…………..… | 64 |
| 11.4. Проектирование верхнего строения …………………………………...… | 68 |
| 12. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ…... | 72 |
| 12.1. Грузоподъемное оборудование…………………………………………… | 72 |
| 12.2. Вакуумные насосные установки ……………………………………….… | 73 |
| 12.3. Дренажные и осушительные насосные установки……………………..... | 74 |
| 12.4. Хозяйственные и противопожарные насосные установки…………...…. | 75 |
| 12.5. Пневматическое и масляное хозяйство…………………………………... | 76 |
| 12.6. Электрораспределительные устройства………………………………..… | 77 |
| 13. ВОДОВЫПУСКНЫЕ СООРУЖЕНИЯ…………………………………….… | 77 |
| 13.1. Назначение и типы водовыпускных сооружений………..……………… | 77 |
| 13.2. Водовыпускное сооружение прямоточного типа……………………...… | 78 |
| 13.3. Водовыпуск-вододелитель………………………………………………... | 81 |
| 13.4. Водовыпуск прямоточного типа с резервуаром-водосливом………..…. | 82 |
| 13.5. Водовыпуски сифонного типа…………………………………………….. | 83 |
| 13.6. Запорные устройства на водовыпусках………………………………...… | 85 |
| 14. ПРОЧИЕ ТИПЫ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ………………………………….. | 88 |
| 14.1. Передвижные насосные станции………………………………………… | 88 |
| 14.2. Насосные станции в трубчатых колодцах………………………………... | 93 |
| 15. ЭКСПЛУАТАЦИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ………………………..……… | 93 |
| 15.1. Плановая система технической эксплуатации……………...…………… | 93 |
| 15.2. Права и обязанности обслуживающего персонала……………...………. | 95 |
| 15.3. Учет работы и отчетность……………………………………………...…. | 98 |
| 15.4. Техника безопасности и противопожарные мероприятия…………….... | 99 |
| ЛИТЕРАТУРА……………………………………………………………………… | 100 |

У ч е б н о е и з д а н и е

**Горбачёв** Владимир Васильевич

**Лейко** Дмитрий Михайлович

**Боровиков** Алексей Александрович

насосные станции

и СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ

ВОДОСНАБЖЕНИЕ

В двух частях

Часть 1

Насосные станции

Учебно-методическое пособие

Редактор *Н. Н. Пьянусова*

Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 30.08.2013. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.

Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 5,92. Уч.-изд. л. 5,33.

Тираж 75 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

ЛИ № 02330/0548504 от 16.06.2009.

Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.