**Водозаборные сооружения и насосные станции I подъёма**

***Курсовая работа студента Осокина Евгения***

***Санкт-Петербургский Государственный Технический Университет***

***Санкт-Петербург 1999***

**Глава 1. Описание комплекса сооружений**

**1.1. Описание естественных условий**

Гидрологические условия. Источником водозабора является река. Условия забора воды - средние. Максимальный расход расчетной вероятности составляет 1700 м3/с, соответствующий ему уровень равен 110,0 м. Минимальный расход расчетной вероятности составляет 30 м3/с, соответствующий ему уровень составляет 99,0 м.

Шуголедовые условия. На реке шуга имеется 21 день. Толщина льда составляет 0,8 м.

Геологические условия. Аллювиальные отложения в русле представляют собой разнозернистый песок. Подстилающими породами являются суглинки. Их отметка кровли равна 92,0 м.

**1.2. Состав комплекса сооружений**

В состав комплекса сооружений входят:

1) водозаборные сооружения,

2) расчистка перед водозаборными сооружениями,

3) здание насосной станции с необходимым гидромеханическим, энергетическим и вспомогательным оборудованием,

4) напорные трубопроводы.

Комплекс сооружений располагается на левом берегу. Забор воды осуществляется из открытого источника (реки). Здание станции является совмещенным.

**1.3. Конструктивное решение насосной станции**

Для обеспечения необходимой высоты всасывания заглубляем здание насосной станции. Конструкцию подземной части здания принимаем камерного типа, выполненной в виде тонкостенной полой конструкции с толщиной стен 1 м. Высота камеры составляет 15м. Здание опирается на фундаментную бетонную плиту переменной толщины. Под сухой и мокрой камерами толщина плиты составляет 1,5 м. При переходе от одной камеры к другой плита увеличивается по высоте до 3,5 м. Отметка подошвы фундамента сухой камеры составляет 94,7 м.

Отметка пола сухой камеры составляет 96,5 м.

Здание имеет прямоугольную форму в плане с размерами 21,123,4 м. Вода от здания насосной станции к потребителю подается по двум трубопроводам диаметром каждый 1000 мм.

**1.4. Оборудование насосной станции**

Станция оборудована 4 насосами типа 18НДс с горизонтальной осью (три насоса рабочих и один запасной). Отметка оси насосов составляет 98,0 м. Для привода насосов применяем синхронные двигатели типа ДА304-450Х-4У1. Трубы в пределах станции выполняются из стали, отдельные звенья труб соединяются сваркой при помощи фланцев. Для предотвращения повреждения труб при прохождении через бетонные стены применяем сальники.

На всасывающей линии устанавливаем задвижку с ручным приводом параллельную чугунную с невыдвижным шпинделем типа 30ч914бр. На напорной линии устанавливаем задвижку с электроприводом параллельную чугунную с невыдвижным шпинделем 30ч914бр. Такую же задвижку устанавливаем на флейте и магистральных трубопроводах. Для предотвращения обратного тока воды через насос устанавливаем обратный чугунный поворотный клапан 19ч16р с 1 клапанным отверстием.

**1.5. Машинный зал насосной станции**

Машинный зал состоит из подземной части и верхнего строения. Верхнее строение начинается с отметки 112,0 м. Верхнее строение представляет собой каркасную конструкцию. Несущий каркас здания состоит из системы колонн, на которые опираются фермы перекрытия и подкрановые балки. Балки выполнены из металла, кононны - из бетона. На стальные фермы укладываются сборные железобетонные плиты с утеплением из шлака. Верхнее рулонное покрытие укладываем на клебемассе по цементной корке толщиной 20 мм.

Машинный зал обслуживается мостовым электрическим краном грузоподъемностью

8 т с пролетом 16,5 м.

На отметке пола верхнего строения машинного зала расположены монтажная площадка, помещение пульта управления и помещение РУ.

**1.6. Сороудерживающие устройства**

Для предотвращения попадания наносов, мусора и плавающих предметов в водозаборной части насосной станции устанавливаем на входных окнах решетки в количестве 4 шт. В водоприемной части устанавливаем вращающиеся сетки с лобовым подводом воды в количестве 4 шт.

**Глава 2. Выбор основного оборудования насосной станции**

**2.1. Выбор насоса и построение характеристики системы**

**2.1.1. Определение геометрического и полного напора**

Полный напор насоса определяется, как

НП = НГ +, (2.1)



где НГ - геометрический напор, м,

- потери напора по длине магистральных водопроводов, м:



, (2.2)



где а - потери напора на 1 км длины водовода, м,

- длина напорных магистральных водопроводов, равная 4000 м.



Геометрический напор определяется, как

НГ = Под - УВmin + h, (2.3)

где Под - отметка подачи, равная 140 м,

УВmin - минимальный уровень воды в реке, равный 99,0 м,

h - потери напора на станции до насоса, м.

h = hсет + hреш + hст , (2.4)

h =0,15 + 1,0 + 5,00 =6,15 м.

Тогда НГ = 140 – 99 + 6,15 =46,65 м.

Примем, что магистральный водопровод является двухниточным, тогда расход воды через один водовод равен:

, (2.5)



где - расход, забираемый из реки, равный 2 м3/с = 2000 л/с,



n - число ниток.

л/с



Согласно [1, с.47] выбираем стальные трубы наивыгоднейшего диаметра D = 1000 мм. Также определяем следующие величины: v = 1,26 м/с, а =1,7 м.

Тогда м.



Определяем полный напор: НП =46,65+4,675 =51,375 м.

2.1.2. Определение расчетного расхода насоса

Зададим число рабочих насосов на станции, равное 3. Тогда расход воды, приходящийся на один насос:

, (1.6)



где - расход, забираемый из реки, равный 2,0 м3/с =2000 л/с,



nН - число рабочих насосов.

л/с.



2.1.3. Выбор насоса

По величинам полного напора и расчетного расхода насоса определяем тип насоса и его габаритные размеры. Согласно [2, с.56] выбираем насос типа 18НДс, имеющий следующие характеристики:

частота вращения n = 960 об/мин,

диаметр рабочего колеса D = 700 мм,

мощность электродвигателя N = 520 кВт,

КПД  = 91%,

вес 3300 кг.

Габаритные размеры насоса в мм (рис.1):

А = 900

Б = 1180

В = 475

Г = 620

Д = 560

Е = 850

Ж = 425

З = 55

И = 8

К = 1115

Л = 1015

М = 150

Н = 900

О = 1100

П = 1100

Р = 250

С = 250

Т = 195

d0 = 46

Входной патрубок:

D = 500

a = 715

d = 32

o = 650

Количество отверстий - 20.

Выходной патрубок:

D1 = 450

a1 = 640

d1 = 27

o1 = 585

Количество отверстий - 20.

**2.1.4. Построение характеристики работы водовода данного диаметра.**

Для построения характеристики зададим расходы, меньшие и большие заданного, определим полные напоры, соответствующие этим расходам и сведем все вычисления в табл. 1. Характеристика представлена на рис.2.

Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Расходы Q, л/с | Потери по длине на 1 км трубопровода а, м | Потери по длине hl, м | Полный напор НП , м |
| 800 | 1,12 | 4,48 | 51,578 |
| 900 | 1,39 | 5,56 | 52,766 |
| 1000 | 1,70 | 6,80 | 54,130 |
| 1100 | 2,05 | 8,20 | 55,670 |
| 1200 | 2,45 | 9,80 | 57,430 |

Характеристика наглядно показывает, что для оптимальной работы насосной станции следует окончательно выбрать три рабочих насоса 18НДс и один запасной, при условии работы двух магистральных водоводов диаметром 1000 мм.

**2.2. Подбор рабочей арматуры трубопроводов**

**2.2.1. Подбор задвижки на всасывающей линии**

На всасывающей линии выбираем задвижку с ручным приводом параллельную чугунную с невыдвижным шпинделем (рис.3), рассчитанную на давление 6 кг/см2. Диаметр условного прохода D0 = 600 мм по [4, с.148]. Выбираем задвижку 30ч914бр весом 1766 кг. С невыдвижным шпинделем, тип электропривода 87В080-Е, тип электродвигателя АОС42-4  2, время открытия 2 мин.

Габаритные размеры (в мм):

L = 800,

H = 1928,

A = 935,

D = 320,

h1 = 404,

h2 = 510,

d = 100,

L1 =603,

d0 = 200,

L2 =382,

l1=180,

H1=1681,

L3=625.

**2.2.2. Подбор задвижки на напорной линии**

На напорной линии выбираем задвижку с электроприводом параллельную чугунную с невыдвижным шпинделем (рис.3), рассчитанную на давление 6 кг/см2. Выбор осуществляется по диаметру напорного патрубка D0 = 600 мм по [4, с.156].

Выбираем задвижку 30ч914бр весом 1766 кг, время открытия 2 мин, тип электропривода 87В080-Е, тип электродвигателя АОС42-4  2.

Габаритные размеры (в мм):

L = 800,

L1 = 603,

L2 = 382,

l1 = 180,

H = 1928,

H1 = 1681,

A = 935,

D = 320

d =100,

d0 =200,

L3 =625.

**2.2.3. Выбор задвижки на флейте и магистральных водоводах**

Задвижку на флейте и магистральных водоводах выбираем той же марки, что и в п.2.1.2, но на D0 =1000 мм, то есть берем задвижку 30ч915бр весом 8511 кг, время открытия составляет 6,6 мин, давление 6 кг/см2, тип электропривода 87Д450-Е, тип электродвигателя АОС51-4  2.

Габаритные размеры (в мм):

L = 1400,

L1 = 820,

L2 = 532,

l1 = 315,

H = 3295,

H1 = 3095,

A = 1596,

D =400,

d =200,

d0 =320,

L3=1082.

**2.2.4. Выбор обратного клапана на напорной линии**

Обратный клапан препятствует обратному току через насос воды, находящейся в напорном трубопроводе, который может вызвать следующие нежелательные последствия:

1) опорожнение напорных водоводов через насос;

2) обратное вращение насоса; в этом случае насос будет работать как водяная турбина, а электромотор превратиться в генератор, работающий без нагрузки, что опасно для целости насоса и мотора.

Обратный клапан устанавливается между напорным патрубком насоса и задвижкой. Это позволяет отключать его от водопровода во время ремонта клапана.

Обратный клапан подбираем на давление 10 кг/см2 и диаметр условного прохода D0 =600 мм по [4, с.179]. Выбираем весом 1215 кг, тип 19ч16р, кол-во отверстий 1 шт. Рис. 4.

Габаритные размеры (в мм):

L = 1300,

L1 = 723,

H = 648,

D = 835,

d0 = 100,

d=240

**2.3. Выбор электродвигателя**

Тип электродвигателя определяется по требуемой мощности электродвигателя

N=520 кВт и числу оборотов насоса n=960 об/мин. Из [5] принимаем двигатель ДА304-450Х-4У1 весом 3350 кг, мощностью 630 кВт и с частотой вращения 960 об/мин. КПД двигателя равно 94,3%, с удельной массой 5,2 кг/кВт.

Габаритные размеры (в мм):

b10=900,

b11 = 1040;

b30 = 1420;

b31 = 760;

d1 = 110;

h = 450;

h5 = 116;

h37 = 1410;

h34=205;

l10 = 1000;

l11 = 1290;

l30 = 2110;

l31 = 224;

l34=8

**2.4. Определение отметок оси насоса и пола насосной станции**

**2.4.1. Определение отметки оси насоса**

Отметку оси насоса определим по формуле:

1 = УВmin - hвс, (2.13)

где УВmin - минимальный уровень воды в реке, равный 99,0 м,

hвс,-общие потери напора на всасывающей линии, включая потери на сороудерживающем оборудовании, равные 1 м.

1 = 99,0 - 1 = 98,0 м

**2.4.2. Определение отметки верха фундамента насоса**

Отметку верха фундамента насоса определим по формуле:

Фн = 1 - А1 , (2.14)

где А1 - расстояние от оси насоса до фундамента, равное 850 мм (габаритный размер насоса Е)

Фн = 98,0 - 0,85 = 97,15 м

Принимаем Фн = 97,2 м

**2.4.3. Определение отметки пола насосной станции**

 П = Фн - 0,7 м (2.15)

 П = 97,2 - 0,7 = 96,5 м

**2.4.4. Определение верха отметки фундамента станции**

Фн.с. = П - 0,3 м (2.16)

Фн.с. = 96,5 - 0,3 = 96,2 м

**2.4.5. Определение отметки дна котлована для насосной станции**

 2 = Фн.с. - 1,5 м , (2.17)

где 1,5 м - толщина фундаментной плиты.

 2 = 96,2 - 1,5 = 94,7 м

**2.5. Определение размеров сороудерживающих решеток**

**2.5.1. Определение площади решеток**

Требуемая площадь решеток определяется по формуле:

, (2.18)



где [v] - допускаемая скорость на решетке, равная 0,1…0,3 при заборе воды из шугоносной реки с растительным загрязнителем через затопленный водоприемник,

- коэффициент, учитывающий стеснение потока стержнями решеток:



, (2.19)



где a - расстояние между стержнями решеток в свету, равное 50 мм,

d - диаметр стержней решетки, равный 6 мм,

- коэффициент, учитывающий засорение решеток, равный 1,25.



Тогда:



м2



**2.5.2. Определение габаритных размеров решеток, их количества и веса**

Зададимся количеством окон водоприемника. Пусть их будет 4. Тогда требуемая площадь одной сетки равна м2 . Зададимся стандартной высотой решетки мм. Тогда ширина решетки равна м, что также соответствует стандарту. Вес решетки определяется из расчета 70 кг на 1 м2 площади решетки, следовательно, вес одной решетки составляет 280 кг.



Таким образом, окончательно выбираем 4 окна, в каждом из которых установлена сороудерживающая решетка 20002000 мм, весом 280 кг.

Для очистки решетки от растительных загрязнений применяется грейфер.

**2.5.3. Определение величины заглубления окон**

Уровень верха водоприемного окна определяется по формуле:

О = УВmin - лл, (2.20)



О = 99,0-1,0 = 98,0 м.

**2.6. Определение размеров сеток**

**2.6.1. Определение требуемой рабочей площади сетки**

Выбираем сетку вращающуюся бескаркасного типа с лобовым подводом воды. Сетки этой конструкции имеют ряд достоинств по сравнению с сетками других конструкций: они обладают наилучшими гидродинамическими условиями работы, так как поток подходит к сетке равномерно по всему фронту сетки и спокойно; промывное устройство действует эффективно, все загрязнения смываются и не попадают в зону очищенной воды. Отсутствие каркаса сокращает расход металла, конструкция всего агрегата несложна и компактна, занимаемая агрегатом площадь минимальна.

Технические данные:

1) расчетный расход воды 1,5-2,5 м3/с,

2) ширина полотна сетки 2 м,

3) скорость движения полотна сетки 3,82 м/мин,

4) размер ячеек в свету 33 мм,

5) сетка применима при колебаниях уровня воды до 15 м.

Требуемая рабочая площадь сетки определяется по формуле:

, (2.21)



где [v] - допускаемая скорость на сетке, равная 0,4 м/с при наличии растительного загрязнителя в водоеме-источнике,

- коэффициент, учитывающий стеснение потока сеткой:



, (2.22)



где a - размер ячейки сетки в свету, равное 3 мм,

d - диаметр проволоки полотна сетки, равный 0,6 мм,

- коэффициент, учитывающий засорение сетки, равный 1,25,



- коэффициент, учитывающий стеснение потока рамкой, равный 1,20.



Считаем, что насосную станцию обслуживают 4 сетки.

м2



Требуемая площадь одной сетки равна м2



**2.6.2. Определение рабочей высоты сетки и величины заглубления**

Определим рабочую высоту сетки:

м.



Таким образом, заглубление низа сетки под УВmin составит 2,0 м.

**2.7. Определение высоты здания насосной станции**

Высота машинного зала представляет собой сумму высот подземной части и верхнего строения.

**2.7.1. Определение высоты подземной части здания насосной станции**

Высота подземной части определяется по формуле:

hп.ч. > hф + hнас + HS,доп + НБ + hзап , (2.23)

где hф - толщина фундаментной плиты, равная 1,5 м,

hнас - высота насоса от верха фундаментной плиты до оси рабочего колеса, равная 2,05м,

HS,доп - высота всавывания, равная 1 м,

НБ - амплитуда колебаний воды в источнике, равная 8,3 м,

hзап - необходимое превышение отметки пола верхнего строения над максимальным уровнем воды в источнике, принимается равным 2 м.

hп.ч. = 1,5+2,05+1+8,3+2,0 =14,85 м.

**Глава 3. Расчет здания станции на сдвиг и всплытие**

**3.1. Расчет здания насосной станции на всплытие**

Расчет здания насосной станции на всплытие выполняем по первому предельному состоянию. Критерием устойчивости является соблюдение неравенства:

, (3.1)



где - расчетное обобщенное силовое воздействие,



- расчетная обобщенная несущая способность сооружения или основания,



Расчетное обобщенное силовое воздействие равно силе противодавления:

, (3.2)



где - напор на здание станции, равный 13,8 м,



- размеры здания станции в плане, 21,123,4,



- удельный вес воды, 1 т/м3 .



тс



Расчетная несущая способность равна весу станции вместе с оборудованием:

R = Gф + Gст + Gоб , (3.3)

где Gф - вес фундаментной части, т,

Gст - вес стен, т,

Gоб - вес оборудования, т.

Gф = тс



Gст = тс



Gоб =88,7 тс

Тогда:



Вывод: здание станции устойчиво к всплытию.

**3.2. Расчет здания насосной станции на сдвиг**

Расчет выполняем по первому предельному состоянию с целью обеспечения несущей способности основания.

Критерием устойчивости здания на сдвиг является условие (3.1).

Расчетная обобщенная сдвигающая сила равна давлению грунта:

, (3.4)



где h - высота той части стены станции, которая подвергается давлению грунта, h = 15,0 м,

 - удельный вес грунта засыпки (1,6 т/м3), грунт - крупнозернистый песок,

 - угол внутреннего трения грунта засыпки, равный 45.

тс



Сила предельного сопротивления равна:

, (3.5)



где - сила бокового сжатия грунта, тс,



, (3.6)



тс



тс



Следовательно, здание станции устойчиво на сдвиг.