Федеральное государственное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова.»

**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА**

**по дисциплине:**

**«Механика жидкостей и газов»**

**Тема:**

**«Регулирование центробежных насосов»**

Саратов

2011 г.

**Цель работы**

Освоение методики подбора и регулирование подачи центробежных насосов в схеме водоснабжения с водонапорной башней, которая обеспечивает наиболее экономичный режим работы насосной станции. Исследование параллельного и последовательного включений одинаковых насосов и определение оптимальной схемы их соединения.

**Задание**

насос центробежный водоснабжение башня

1. Рассмотреть схему насосной установки.
2. Для заданного расхода подобрать диаметры всасывающего и напорного трубопроводов.
3. Построить характеристику трубопровода. Определить потребный напор насоса
4. Используя сводный график полей центробежных насосов, подобрать центробежный насос типа К(КМ), обеспечив высокий КПД его работы. Определить его рабочую точку.
5. При необходимости отрегулировать подачу насоса с помощью задвижки. Определить новое значение коэффициента сопротивления прикрытой задвижки.
6. Определить мощность электродвигателя в схеме с открытой и прикрытой задвижкой.
7. С целью увеличения подачи, подключить к основному насосу дополнительный той же марки. Рассмотреть последовательное соединение и параллельное соединение дополнительного насоса.
8. Дать сравнительную оценку затрат мощности на один литр воды в режимах работы:
	* один насос с открытой задвижкой, один насос с прикрытой задвижкой;
	* два насоса, соединенных параллельно; два насоса, соед. последовательно ( в пересчете на один насос).
9. Определить предельно допустимую высоту всасывания в режиме с открытой задвижкой.

**Задача №73**

Исходные данные:

Qзад = 4л/с;

l вс = 40ь;

Lн = 600м;

Hг = 10м;

ζкл = 4,0;

ζпов = 0,7;

ζзад = 6,0;

t = 12 ºС.

Материал труб = стальные трубы, б/у.

Технология изготовления труб = цельносварные.

Методика и решение подбора центробежного насоса на заданное значение хозяйственного расхода.

2. По заданному расходу Qзад = 4л/с определим диаметр всасывающего dвс и нагнетательного dн трубопроводов, принимая скорость движения воды в трубах Vвс = Vн = 1,0 м/с:

d = √4Q/πV = √4\*0.004/3.14\*1 = 0.071м = 71 мм

Окончательно принимаем ближайший больший стандартный диаметр труб dвс = dн = 100мм.

3. Определяем характеристику трубопровода:

hтр. пот. = A\*Q²

Для этого:

3.1 Определим потери на местное сопротивление по формуле Вейсбаха:

hм = ζм\* V² / 2\*g

∑ hм вс = ζкл \* V²вс / 2\*g + ζпов \* V²вс / 2\*g

3.2 Определим потери по длине, используя формулу Дарси-Вейсбаха:

hl = λ\* l/d\* V²/2g

3.3 Суммируем потери напора во всасывающем и напорном трубопроводах:

hтр. пот = hвс.пот. + hн. пот. = hlвс +∑hм.вс + hlн + ∑hнм = λвс\*lвс/dвс\*V²вс/2g + ζкл\* V²вс/2g + ζпов\* V²вс/2g + λн\*lн/dн\*V²н/2g + ζзад\* V²н/2g + ζпов\* V²н/2g = V²/2g \*(λ\*lвс + lн / d + ζкл + ζзад + 2ζпов),

где Vвс = Vн = V; dвс = dн = d.

Выразив скорость через напор, получим :

Q = W \* V

W = πd²/4

Q = πd²/4 \* V

V = 4Q / πd²

Тогда

hтр.пот. = 8Q²/ π²gd4 \* (λ\*lвс + lн / d + ζкл + ζзад + 2ζпов) = AQ²

3.4 Определим гидравлический коэффициент трения λ, установив зону сопротивления по числу Рейнольдса:

Re = Vd/U

где U – кинематический коэффициент вязкости жидкости.

V = 4\*0.004/3.14\*0.1² = 0.016/0.0314 = 0,5 м/с

Re = 0,5\*0,1/10-6 \*1,24 = 40322

Re = 40322 > 2300,

следовательно режим движения жидкости – турбулентный.

Определим область трения:

по условию эквивалентная абсолютная шероховатость Δ= 3,0 мм

d/Δ = 0.1/0.003 = 33.3

20 d/Δ = 667; 500 d/Δ = 16667.

Таким образом

Re = 40322 > 16677,

что соответствует области квадратичного трения, поэтому λ= 0,11(Δ/d)0,25

Применим формулу Альтшуля:

λ = 0,11\*(68/40322+0,003/0,10) 0,25 = 0,0473

3.5 Вычислим коэффициент А:

А = 8/3,14²\*9,81\*0,14\*(0,0473\*((40+600)/0,1)+4+2\*,07+6) = 8/0,0097\*416,72 = 343600

Имеем h тр.пот = 343600 \* Q²

3.6 Сделаем таблицу характеристики трубопровода с учетом геометрического напора

H = Hг + AQ²,

задаваясь произвольными значениями расхода:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Q, л/с | Q м³/с | Hтр. пот., м | Hг + hтр. пот. ,м |
| 0 | 0 | 0 | 10 |
| 4 | 0,004 | 5,5 | 15,5 |
| 5 | 0,005 | 8,6 | 18,6 |
| 10 | 0,01 | 34,4 | 44,4 |
| 15 | 0,015 | 77,31 | 87,31 |

3.7 С учетом геометрического напора Hг строим характеристику трубопровода. По заданному расходу воды находим режимную точку 1. Определяем потребный напор Hпотр. = Hг + AQ² = 14,16 м.

4. Ориентируясь на параметры режимной точки 1 - Q = Qзад = 4л/с = 14,4 м³/ч

H = Hпотр = 14,16 м.,

По каталогу подбираем центробежный насос, кривая подачи которого проходит через режимную точку или выше нее. При отсутствии каталога (как в нашем случае) используем сводный график полей центробежных насосов типа К(КМ):

Выбираем насос типа К20/18 с диаметром рабочего колеса = 200 мм. Используя технические данные насоса, строим кривую подачи насоса К20/18. Графически определяем рабочую точку насоса 2: пересечение характеристики трубопровода с кривой подачи насоса. Находим параметры рабочей точки 2.

1. Расход Q2 = 4,3 л/с, напор = 16,4 м, КПД = 69%, полезная мощность n2 = γ\*Q2\*H2 = 9810\*0,0043\*16,4 = 0,7 кВт

Где γ – удельный вес жидкости = 9810 н/м³.

Затраченная мощность Nзатр. = N2/η2\*100% = 0.7/69\*100% = 1

Удельная мощность Nуд = Nзатр/Q2 = ¼,3 = 0,23кВт\*с/л = 0,06 кВт\*ч/м³

Вакуумметрическая высота всасывания hвак.вс. = hвс.вак.доп. = 7,0м.

Максимально допустимая геометрическая высота всасывания насоса hг. вс.мах = hвак вс доп - V²вс/2g – hвс пот.,

где Hвак вс доп – допустимая вакуометрическая высота всасывания насоса, соответствующая рабочей точке насоса, Vвс – скотрость во всасывающей трубе, hтр пот – потери напора во всасывающем трубопроводе при конкретной подаче насоса(Q2).

hг мах вс = = hвак вс доп - V²вс/2g – hвс пот = hвак вс доп - V²вс/2g\*(λвс\*lвс/dвс + ζкл + ζпов) = hвак вс доп – 8Q²/π²gd4 (λвс\* lвс/dвс + ζкл + ζпов) = 7,0 – 8\*0,0043²/3,14² \* 9,81 \* 0,14 (0,0473 \* 40/0,1 + 4 + 0,7) = 7,0-0,36 = 6,44 м.

Окончательно выбираем геометрическую высоту всасывания насоса с учетом возможных колебаний уровня воды в источнике hг вс ‹ hг вс мах на 20% -30%. Тогда hг вс = 4,9м - 5,6м.

1. При необходимости можно произвести регулирование подачи насоса одним из известных способов. Регулирование подачи насоса заключается в изменении положения рабочей точки. Это достигается двумя способами:
	* изменение характеристики трубопровода
	* изменение кривой подачи насоса.

Изменить характеристику трубопровода можно изменяя коэффициент А в формуле. Наиболее просто это достигается путем регулирования потерь напора при закрытии и открытии задвижки (дросселирование). Однако дросселирование является экономически не выгодным, так как при данном способе происходят дополнительные затраты энергии. При закрытии задвижки изменяется значение коэффициента сопротивления задвижки.

Экономически целесообразно регулировать подачу изменением кривой подачи насоса, которое достигается путем изменения частоты вращения рабочего колеса насоса, уменьшением диаметра лопаток рабочего колеса.

1. Совместная работа насосов используется при:
* неудаче подобрать один насос, обеспечивающий оптимальные условия работы;
* необходимости увеличения подачи рабочей насосной станции;
* возникновении внештатного режима работы насосной станции.

При совместной работе обычно используются одинаковые насосы, которые включаются последовательно или параллельно в общий трубопровод. При последовательном соединении, нагнетательный патрубок первого насоса присоединяют ко всасывающему патрубку второго насоса. При параллельной работе, каждый насос имеет свой всасывающий трубопровод и общий нагнетательный трубопровод.

Рассмотрим параллельное и последовательное соединение при подключении к основному насосу дополнительного той же марки с целью увеличения подачи.

При параллельном включении берем произвольные значения q на кривой подачи одного насоса и удваиваем их. Соединив полученные точки строим суммарную кривую подачи и находим ее пересечение с характеристикой трубопровода точка 3’. Данная точка определяет суммарную подачу насосов.

Подключение дополнительного насоса изменяет режим работы первоначально работавшего насоса. Образуется новая гидравлическая система. При крутой характеристики трубопровода выигрыш в подаче, при параллельном соединении насосов, уменьшается, и параллельное включение насосов становится неэффективным. Определим параметры одного насоса в рабочей точке 3’ при совместной работе 2х насосов:Q3 = 7,2 л/с; напор = 71м; КПД = 65%; полезная мощность = 9810\*0,0072\*71 = 5014,8 кВт; затраченная мощность = 5014,8/65\*100% = 80кВт; удельная мощность = 0,0111кВт\*ч/м³; вакуумметрическая высота всасывания = 7,4м;

Максимально допустимая высота всасывания насоса = 7,4-8\*0,0072/3,14²\*9,81\*0,14\*(0,0473\*40/0,1+4+0,7) = 7,4-0,97 = 6,43м.

При последовательном соединении одинаковых насосов производят аналогичное построение. В нашем случае рабочая точка при данном соединении выходит за рамки оптимальной работы.

Составим таблицу, которая включает в себя значения подачи, напора, КПД, мощностит, удельной энергии для всех рассматриваемых режимов:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Режим работы насосов | Qр, л/с | Hр, м | η р,% | N, Вт | Nзатр, Вт | Nуд, Вт\*с/л | Hдоп вак, м |
| Один насос с открытой задвижкой | 4,3 | 16,4 | 69 | 700 | 1000 | 230 | 7,0 |
| Два насоса, соединенных параллельно | (7,2)14,4 | 71 | 65 | (2507,4)5014,8 | (40)80 | 11,1 | 7,4 |
| Два насоса, соединенных последовательно | Рабочая точка выходит за область оптимальной работы. |

В скобках казаны параметры одного насоса, работающего в совместном режиме.

1. Удельная мощность характеризует затраты на перекачку воды. Работа насосов с прикрытой задвижкой или в схеме параллельного и последовательного соединений, всегда приводит к росту затрат. В нашем случае, для увеличения подачи насосной станции необходимо использовать схему параллельного соединения насосов, так как при последовательном соединении рабочая точка выходит из области оптимальной работы на кривой подачи насоса. При этом резко снижается КПД насоса и допустимая вакуометрическая высота всасывания.
2. Выбрав марку насоса, найдем максимально допустимую геометрическую высоту всасывания насоса для первого режима работы – один насос с открытой задвижкой:

hг мах вс = = hвак вс доп - V²вс/2g – hвс пот = hвак вс доп - V²вс/2g\*(λвс\*lвс/dвс + ζкл + ζпов) = hвак вс доп – 8Q²/π²gd4 (λвс\* lвс/dвс + ζкл + ζпов) = 7,0 – 8\*0,0043²/3,14² \* 9,81 \* 0,14 (0,0473 \* 40/0,1 + 4 + 0,7) = 7,0-0,36 = 6,44 м.

Окончательно выбираем геометрическую высоту всасывания насоса с учетом возможных колебаний уровня воды в источнике hг вс ‹ hг вс мах на 20% -30%. Тогда hг вс = 4,9м - 5,6м.