**Р А С Ч Е Т**

**НАПОРНОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ**

**СИСТЕМЫ**

Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР Тамбовский институт химического машиностроения

РАСЧЕТ НАПОРНОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Учебные задания к курсовой расчетно-графической работе для студентов: заочного факультета специальности 1004

Тамбов 1988

УДК 622.671 ÷ 621.671.2

Расчет напорной гидравлической системы: Учебные задания/ Сост. Панков Б.В., Кузьмин С.Н., Лысенко К.В. Тамбовский ин-т хим. маш. Тамбов, 1988, 12 с.

Работа содержит варианты заданий для расчета разветвленной напорной трубопроводной системы при неустановившемся движении жидкости и ее насосной подачей. Особое внимание уделено расчету эксплуатационных параметров насосов, работающихна сеть.

Методические указания предназначены для студентов заочного факультета специальности 1004.

Утверждено редакционно-издательским советом института.

Составители: Панков Б.В.

Кузьмин СН.

Лысенко К.В.

Рецензенты: Толчеев Г. Г., к.т.н.

Долгунин В.Н., к.т.н.

ВВЕДЕНИЕ

Целью курсовой расчетно-графической работы является расчет напорной гидросистемы с использованием характеристик насосов, гидролиний и других элементов. При выполнении работы студент должен выработать умение самостоятельно осуществлять технические расчеты различного типа напорных гидравлических систем, научиться работать со специальной и справочной литературой.

Студенты заочного факультета задание на курсовую работу выбирают по номерам двух последних цифр зачеткой книжки: по предпоследней цифре выбирается номер задания: для цифр 0, 1, 2 -задание № 1; для цифр 3, 4, 5 - задание № 2; для цифр 6, 7-задание № 3; для цифр 8, 9 - задание № 4; по последней цифре выбирается номер варианта.

Выполнению курсовой работы предшествует изучение основной части курса по разделам гидравлики и гидравлическим машинам. Особое внимание следует обратить на разделы: уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости, режимы движения жидкости, виды гидравлических потерь, формула Дарси, график Колбрука, потери напора на местных сопротивлениях, гидравлический расчет трубопроводов, центробежные насосы, характеристика центробежных насосов, основы теории подобия насосов, работа насоса на сеть.

Настоящие методические указания разработаны на основании программы "Гидравлика, гидравлические машины и гидропривод" для инженерно-технических специальностей высших учебных заведений (М.Высшая школа, 1984).

Курсовая расчетно-графическая работа по курсу "Гидравлика, гидравлические машины и гидропривод" должна содержать: пояснительную записку и графическую часть.

Работа должна быть оформлена на обеих сторонах листа писчей бумаги формата А4 (210x297 мм). Титульный лист должен содержать название института, кафедры, расчетно-графического задания, шифр группы и задания, фамилию и инициалы студента и преподавателя, год. На первой странице записки вычерчивается расчетная схема с буквенными обозначениями всех заданных размеров. Под схемой выписываются все исходные данные, включая табличные значения.

Все расчеты должны выполняться в пояснительной записке с указанием размерности полученного результата и сопровождаться пояснительным текстом. Расчеты необходимо проводить в международной системе единиц измерений (СИ), справочные данные и расчетные формулы необходимо сопровождать ссылками на литературу.

Графическая часть работы выполняется в объеме одного листа формата А2 (420х594 мм). На листе изображаются схема насосной установки, напорная и пьезометрическая линии со всеми необходимыми построениями и обозначениями. Так же приводятся паспортные данные (характеристики) центробежного насоса, а также его характеристики при заданном числе оборотов, характеристики с подрезанным рабочим колесом и характеристики сети. Оформление графической части работы выполняется в соответствии с требованиями ЕСКД.

Листы пояснительной записки и графической части работы подшиваются в папку скоросшивателя.

ЗАДАНИЯ.

З а д а н и е № 1

h2

h1

H1

H

l2

l1d1

d2

l4d4

l3d3

b

Ф

Центробежный насос перекачивает воду при *t* = 10 0С, *ρ* =1000 кг/м3, *ν* = 1,3∙10-6м2/с из открытого нижнего бака в закрытый верхний бак. Трубы новые холоднотянутые стальные, эквивалентная шероховатость ΔЭ=0,02 ÷ 0,1. На всасывающей линии установлен фильтр "Ф" с обратным клапаном. Предполагая, что движение жидкости в сети насосной установки неустановившееся, определить:

I. Гидравлические характеристики центробежного насоса при заданной частоте вращения.

2. Эксплуатационные параметры ( Q, H, N, η) насоса при *h1≤h≤h2* вентиль "В" полностью открыт.

3. Характеристику сети насосной установки при *h1≤h≤h2*.

4. Графическую зависимость изменения эксплуатационных параметров насосной установки от времени заполнения верхнего бака Q(τ), H(τ), N(τ), η(τ), при n=const.

5. Расходы жидкости в параллельных ветвях нагнетательного трубопровода насосной установки при *h1≤h≤h2*

6. Величину местного сопротивления вентиля "В" при расходе жидкости в правой части ветви вдвое меньше, чем в левой.

7.Во сколько раз необходимо изменить частоту вращения центробежного насоса для увеличения и уменьшения подачи в 1,25 раза. Чему в этом случае равны остальные параметры (H,N) насосной установки.

8. Во сколько раз необходимо изменить частоту вращения насоса для увеличения (уменьшения) его напора в 1,5 раза. Чему в этом случае равны остальные параметры (Q, H) насосной установки.

9.Параметры (Q, H, N) насоса после подрезки колеса насоса до диаметра Д2Г. Как изменятся параметры при параллельной работе двух таких насосов?

10. Построить напорную и пьезометрическую линии насосной установки при уровне жидкости в верхнем баке *h*. Определить по графику пьезометрический напор жидкости при входе в центробежный насос и в узловой точке.

Таблица 1.

Исходные данные по вариантам

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №№ задания | №№ вариантов | Марка  насоса | D2 | n | d1 | l1 | d2 | l2 | d3 | l3 | d4 | l4 | h1 | h2 | D2П | H | H1 | h | α |
| мм | об/  мин | мм | м | мм | м | мм | м | мм | м | м | м | мм | м | м | м | гр |
| Задание № 1 | 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 | Х80-50-200К  Х80-50-200К  Х80-50-200К  Х150-125-315Л  Х150-125-315Л  Х150-125-315Л  АХ125-80-250  АХ125-80-250  АХ125-80-250  АХ125-80-250 | 200  200  200  315  315  315  250  250  250  250 | 2600  2650  2550  1350  1220  1370  1400  1350  1380  1360 | 80  80  100  150  175  150  125  125  150  150 | 1,5  2  1,5  1,1  1,2  1,3  1,2  1,4  1,5  1,4 | 70  60  60  125  125  125  80  100  100  80 | 4  5  108  7  8  3  2  3  2 | 70  60  70  100  100  125  80  80  80  100 | 1812  14  15  10  12  4  5  4  3 | 70  70  70  100100  80  60  80  70  60 | 9  8  5  11  9  8  3  4  3  5 | 0  0,2  0,3  0  0,2  0,4  0,3  0,4  0,2  0,4 | 1  1,5  1,4  1  0,8  0,9  1,8  1,3  1,6  1,4 | 180  182  178  300  305  295  240  235  238  235 | 20  19  20  15  14  16  10  9  10  9 | 2  1,8  1,9  1,6  1,4  1,5  2  1,8  1,9  1,6 | 0,9  1,3  1,1  0,9  0,8  0,8  0,7  0,8  1  0,9 | -  -  -  -  -  -  -  -  -  - |
| Задание № 2 | 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 | АХ(0)65-40-200  АХ(0)65-40-200  АХ(0)65-40-200  ХВ-50-200К  ХВ-50-200К  ХВ-50-200К  ХВ-50-200К  Х150-125-315Л  Х150-125-315Л  Х150-125-315Л | 200  200  200  200  200  200  200  315  315  315 | 2800  2750  2800  2800  2700  2700  2750  1400  1380  1350 | 65  65  80  80  100  80  100  150  150  175 | 3  3  3  5  4  4  3  1,5  1,7  1,6 | 40  50  40  50  60  50  60  125  125  125 | 30  25  25  27  28  29  31  25  25  24 | 35  40  35  40  40  40  40  100  80  80 | 4  4  3  5  4  3  5  6  5  7 | 40  40  40  40  50  40  5  100  100  80 | 6  5  3  1  1  2  1  4  5  4 | 8  9  5  4  3  4  3  5  6  5 | 1  1  0,6  0,7  0,8  0,6  0,5  0,9  1  0,9 | 190  185  182  180  182  188  185  300  295  305 | -  -  -  -  -  -  -  -  -  - | -  -  -  -  -  -  -  -  -  - | -  -  -  -  -  -  -  -  -  - | 32  40  50  35  44  49  46  28  36  32 |

При уровне *hi* в верхнем баке давление равно атмосферному, сжатие воздуха в верхнем баке происходит по изометрическому закону.

З а д а н и е № 2 (рис. 2, табл. 1)

Центробежный насос прокачивает спирт при *t* = 20°С, *ρ* =790 кг/м3, *ν* = I,5⋅I0-6 м2/с из открытого нижнего бака в открытые верхние баки.

h2

h1

d2

l1d1

Ф

B

d1





l3

d3

l4

d4

α

Трубы эмалированные, эквивалентная шероховатость ΔЭ=0,009 мм. На нагнетательной линии имеется внезапное сужение, а на всасывающей фильтр "Ф" с обратным клапаном. Определить:

I. Гидравлические характеристики центробежного насоса.

2. Характеристику сети насосной установки при открытом вентиле "В".

3. Подачу, напор, полезную мощность, КПД, насоса.

4. Как следует изменить частоту вращения насоса для изменения подачи в 1,5 раза. Как изменяется при этом напор имощность насоса?

5. Во сколько раз необходимо изменить частоту вращения насоса, чтобы его напор изменился в 1,3 раза? Как изменяется подача и полезная мощность насоса?

6. Расходы жидкости в ветвях насосной установки при открытом вентиле "В".

7.Степень закрытия вентиля "В" при условии, что расход в правом ответвлении равен 30 *%* расхода жидкости, проходящей через насос.

8. Параметры насоса (Q, Н , N) после подрезки колеса центробежного насоса до диаметра DГП. Как изменятся параметры при последовательной работе двух таких насосов?

9. Построить напорную и пьезометрические линии насосной установки для заданной частоты вращения и определить по графику пьезометрический напор жидкости при входе в насос и в узловой точке насосной установки, приняв рассчитанную в п. 7 степень закрытия вентиля.

З а д а н и е № 3 (рис. 3, табл. 2)

h2

l4

R

l1d1

d2

Ф

h3

l3d3

B

d1









А

d2

d2



h1

Центробежный насос перекачивает керосин при t = 40 °C, *ρ* =785 кг/м3, *ν* = 2⋅I0-6 м2/с из открытого нижнего бака в открытый промежуточный бак, из которого он перетекает в правый и нижний баки. Трубыновые оцинкованные, эквивалентная шероховатость ΔЭ=0,07 ÷ 0,1 м. Верхний бак снабжен переливным устройством, не позволяющим жидкости подниматься в верхнем баке выше уровня (на рис. 3 не показано). На нагнетательной линии имеется внезапное сужение, два резких поворота трубопровода на 900, а на всасывающей линии фильтр "Ф" обратным клапаном.

Предполагая, что движение жидкости в сети насосной установки и трубопроводах установившееся, определять:

1. Гидравлические характеристики центробежного насоса при заданной частоте вращения.

2. Характеристику сети насосной установки.

3. Эксплуатационные параметры (Q, H, N, η) насоса при заданной частоте вращения.

4. Давление в сечении, проходящем через точку А сети насоса.

5. Диаметр *d4* из условия, что расход в линии *l4,* в 1,5 раза превышает расход в линии *l3* при степени закрытия вентиля "В" равной 1/8. Какой расход жидкости будет проходить при этом через переливное устройство?

6. Во сколько раз следует изменить частоту вращения центробежного насоса, чтобы его подача изменилась в 1,8 раза. Каковы при этой будут напор насоса и потребляемая мощность?

7. Во сколько раз следует изменить частоту вращения центробежного насоса для изменения его напора в 2 раза, как изменяются Q и N?

8. Эксплуатационные параметры (Q, H, N, η) при параллельной работе двух насосов данной марки при увеличении на 10 % частоты вращения. То же для последовательного соединения насосов.

9. Параметры насоса (Q, H, N, η) после подрезки колеса до диаметра D2П. Как изменятся параметры при последовательной работе двух таких насосов.

10. Построить напорную и пьезометрическую линии насосной установки для заданной частоты вращения и определить по графику пьезометрический напор жидкости при входе в центробежный насос и в задней части восходящего участка нагнетательного трубопровода.

Таблица 2.

Исходные данные по вариантам

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №№ вариантов | Марка  насоса | D2 | n | d1 | l1 | d2 | l2 | d3 | l3 | l4 | R | h1 | h2 | h3 | D2П |
| мм | об/  мин | мм | м | мм | м | мм | м | м | м | м | м | м | мм |
| 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 | Х80-50-200К  Х80-50-200 К  Х80-50-200 К  Х80-50-200 К  Х80-50-200 К  АХ(0)65-40-200  АХ(0)65-40-200  АХ(0)65-40-200  АХ(0)65-40-200  АХ(0)65-40-200 | 200  200  200  200  200  200  200  200  200  200 | 2800  2750  2800  2750  2800  2800  2750  2750  2800  2750 | 80  100  100  80  100  65  80  80  65  65 | 2  1,8  2,1  2,1  2  1,6  1,8  1,7  1,6  1,9 | 50  60  80  50  60  40  50  60  40  50 | 21  21  20  20  19  21  17  19  19  18 | 20  20  25  20  25  25  25  20  20  20 | 22  21  20  20  19  19  17  19  19  18 | 5  6  7  8  5  6  7  8  5  6 | 0,2  0,2  0,2  0,2  0,2  0,1  0,1  0,1  0,1  0,1 | 12  12  11  10  10  8  10  12  13  7 | 10  10  10  11  10  12  8  8  7  12 | 0,9  1,1  1,2  1,4  1,1  1,0  1,1  1,2  1,0  1,3 | 188  185  182  180  181  182  183  184  182  181 |

Таблица 3.

Исходные данные по вариантам

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №№ вариантов | Марка  насоса | D2 | h | d1 | l1 | d2 | d3 | d4 | d5 | h1 | h2 | α1 | α2 | α3 | α4 | D2П |
| мм | об/  мин | мм | м | мм | мм | мм | мм | м | м | гр. | гр. | гр. | гр. | мм |
| 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 | Х150-125-315Л  Х150-125-315Л  Х80-50-200 К  Х80-50-200 К  АХ125-80-250  АХ125-80-250  АХ(0)65-40-200  АХ(0)65-40-200  АХ(0)65-40-200  АХ(0)65-40-200 | 315  315  200  200  250  250  200  200  200  200 | 1380  1350  2800  2750  1350  1370  2800  2700  2750  2800 | 150  175  80  100  125  150  65  80  80  65 | 4  3  4  3  2  3  4  3  2  3 | 125  125  50  50  80  80  40  40  50  40 | 40  60  20  30  30  30  20  25  25  30 | 50  40  30  30  20  25  25  20  30  20 | 40  40  30  20  30  35  20  30  20  15 | 2,0  3,0  3,3  2,3  4,0  3,4  3,0  3,8  2,6  2,4 | 6,1  4,9  4,8  5,4  4,1  4,2  4,9  4,1  5,0  5,1 | 20  30  24  32  26  31  28  32  29  30 | 24  36  41  38  40  44  39  40  42  31 | 39  43  45  45  32  34  40  32  41  40 | 28  35  35  32  28  39  29  34  34  38 | 300  295  185  182  228  230  190  187  186  184 |

З а д а н и е № 4 (рис. 4, табл. 3)

Центробежный насос перекачивает воду при t = 10 °C, *ρ* =1000 кг/м3, *ν* = 1,3⋅I0-6 м2/с по сифонному трубопроводу. Трубы новые холоднотянутые стельные, эквивалентная шероховатость ΔЭ=0,02 ÷ 0,1. На всасывавшей линии установлен фильтр "Ф" с обратным клапаном, а на нагнетательной - вентиль "В" (степень закрытия - 1/8) и внезапное сужение или расширение.

h2

h1

d2

l1d1

Ф

К

d1





α1

α4

α3

l5d5

l4d4

l3d3

α2

Предполагая, что движение жидкости в сети насосной установки установившееся, определить:

I. Гидравлические характеристики насоса при заданной частоте вращения.

2. Характеристику сети насосной установки.

3. Эксплуатационные параметры насосной установки (Q, H, N, η) при заданной частоте вращения.

4. Расходы жидкости в параллельных ветвях нагнетательного трубопровода.

5. В каких параллельных ветвях сложного трубопровода следует установить местные сопротивления (диафрагмы) и какова должна быть величина их коэффициентов местных сопротивлений, чтобы расходы жидкости в параллельных ветвях сложного трубопровода были бы равны.

6. Чему равно давление в критической точке "К" сифонного трубопровода при наличии насоса и без него? При последовательной работе двух насосов указанной марки?

7. Во сколько раз необходимо изменить частоту вращения насоса, чтобы его подача изменилась (увеличилась или уменьшилась) в 1,8 раза? Чему в этом случае равны остальные параметры насоса (H, N)?

8. Во сколько раз необходимо изменить частоту вращения, чтобы напор насоса изменился в 1,6 раза? Чему в этом случае равны остальные параметры насоса (Q, N)?

9. Параметры насоса (Q, H, N) после подрезки колеса центробежного насоса до диаметра D2П.

10. Построить напорную и пьезометрическую линии насосной установки для заданной частоты вращения и определить по графику пьезометрический напор жидкости при входе в центробежный насос и в средней части восходящего участка нагнетательного трубопровода.

Рис.5. Насос Х80-50-200-К Рис.6. Насос Х150-125-315Л

0

5

15

20

40

60

η,%

25

35

0

100

200

60

0

4

8

0

10

20

1450 об/мин

Раб.

зона

Н, м

N, кВт

Δhд, м

Δhд

Q, м2/с

Q, л/с

N

η

Н

30

20

40

30

0

0

10

20

40

60

η,%

40

50

60

0

10

40

60

80

0

4

4

8

8

12

0

16

10

20

2900 об/мин

Раб.

зона

Н, м

N, кВт

Δhд, м

Δhд

Q, м2/с

Q, л/с

N

η

Н

20

40

η,%

2

10

60

0

Δhд

5

20

4

Q, л/с

2

Q, м2/с

0

80

60

40

20

Рис.7. Насос АХ125-80-250

η

1450 об/мин

2

Раб.зона

Н, м

Насосы с характеристиками

а

8

6

4

Δhд, м

N, кВт

Н

18

14

6

N

10

22

б

*а* и *б* выпускаются

по специальному заказу.

30

0

0

10

20

40

60

η,%

20

50

40

0

50

100

150

2

2

4

4

6

0

8

2

4

2900 об/мин

Раб.зона

Н, м

N, кВт

Δhд, м

Δhд

Q, м2/с

Q, л/с

N

η

10

6

8

а

б

Рис.8. Насос АХ//-40-200

Коэффициенты местных сопротивлений

1. Вход в трубку при острых кромках ξвх=0,5.

2. Выход из трубы в резервуар больших размеров ξвых = 1.

3. Внезапное сужение (ω1 и ω2 - площади сечений труб).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0,01 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 |
| ξв.с. | 0,5 | 0,45 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 |

4. Фильтр с обратным клапаном ξф=0,6.

5. Коэффициент сопротивления вентиля "В"

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Степень закрытия вентиля | 0 | 1/8 | 1/4 | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 | 7/8 | 1 |
| ξвент | 0 | 0,07 | 0,26 | 0,81 | 2,06 | 5,52 | 17 | 98 | ∞ |

Условные обозначения

*Q -* расход жидкости, м3/с; *Н* - напор, м; *N -* мощность, кВт; *η* -КПД; ρ - плотность жидкости, кг/м3; *ν* - коэффициент кинематической вязкости, м2/с; *τ* - время, с; D2- внешний диаметр рабочего колеса насоса, мм; D2П - внешний диаметр рабочего колеса после подрезки, мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидравлика, гидромашины и гидропривод: Учеб. для машиностроительных вузов.-/Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. Изд.2-е, перераб. -М.: Машиностроение, 1982.-423 с.

2. Вильнер Я.М., Ковалев Я.Т., Некрасов Б.Б. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам. -Минск: Высшая школа, 1976, -154 с.

3. Угинчус А.А. Гидравлика и гидравлические машины. -Харьков: Изд-во Харьковского университета, 1966.-339 с.

4. Некрасов Б.Б. Гидравлика и ее применение на летательных аппаратах. -Машиностроение, 1967.- 368 с.

5. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям.- М.: Машиностроение, 1975.- 559 с.

6. Сборник задач по машиностроительной гидравлике /Бутаев Д.А., Калмыкова З.А., Подвидз Л. Г. и др. под ред. И.И. Куколевского и Л.Г. Подвидза.- М.: Машиностроение, 1982.- 464 с.

7. Машиностроительная гидравлика. Примеры расчетов/В. В. Ванина, И.Д. Динесенко, А.Л.Столяров. -Киев: Высш, шк., 1987. -208 с.