

Расчетно-графическая работа

«Движение жидкости в трубопроводах»

От пункта А проложена водопроводная сеть к потребителям с последовательным и параллельным соединением стальных трубопроводов (рисунок 1). Трубопровод А-Д заканчивается задвижкой. Трубопровод А-Г на последнем участке имеет равномерно распределенный путевой объемный расход q . Водопровод А-В имеет кольцевое соединение.

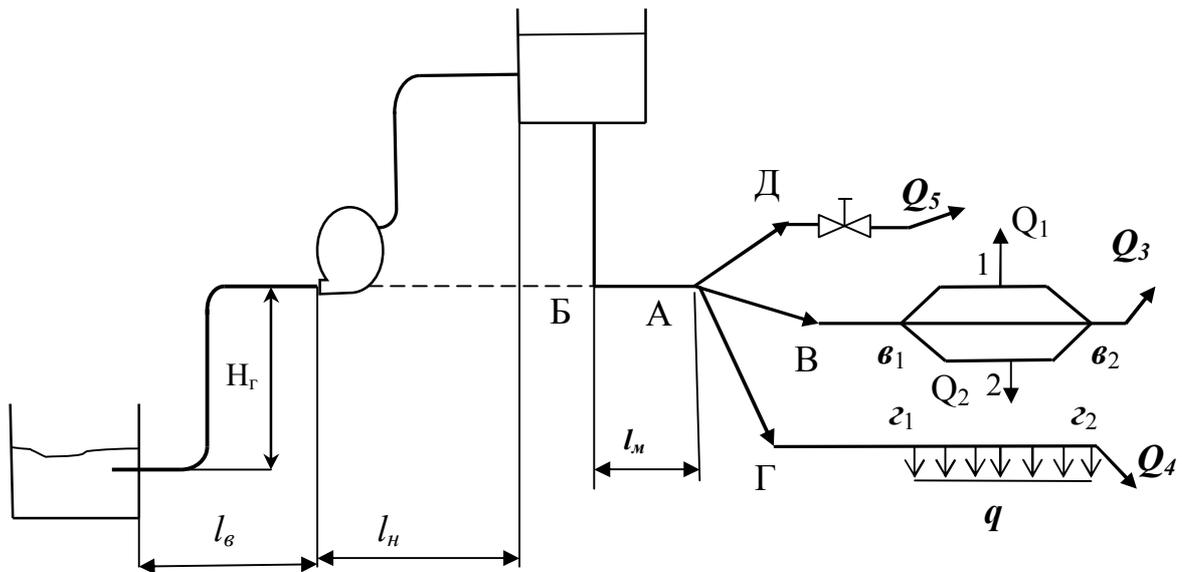


Рисунок 1 - Схема водоснабжения

Вода в систему подается из емкости (водонапорная башня, точка Б, рисунок 1), в которой поддерживается постоянный уровень центробежным насосом, допустимый вакуум насоса равен $H_v = 4$ м.

1 Определить

1.1 распределение расхода воды в параллельных ветвях водопровода АВ

1.2 потери напора в сети водопровода, при заданных длинах участков водопроводов и расходах в сети;

1.3 повышение давления в водопроводе АГ при внезапном закрытии задвижки.

2 Произвести выбор насоса и построить характеристику водопроводной сети, определить рабочую точку насоса.

Исходные данные для расчета приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1 - Исходные данные - длины участков водопровода

вариант	Длины участков, м												
	БА	АВ	В _{в1}	в _{1в2}	в _{1 1 в2}	в _{1 2 в2}	АГ	Г _{г1}	г _{1г2}	АД	l _в	l _н	l _м
1	1000	500	30	70	120	160	95	55	80	120	100	50	600
2	1500	1200	35	60	110	110	80	65	100	90	65	90	120
3	5000	2500	40	50	90	140	85	70	90	85	75	85	150
4	1200	8000	45	40	100	120	60	90	85	70	90	80	700
5	2500	4000	90	30	200	140	65	70	95	80	85	75	450
6	8000	3000	60	80	140	130	90	40	60	100	110	150	300
7	4000	1500	80	45	95	150	70	80	70	130	90	120	350
8	3000	2000	70	55	80	125	50	55	50	110	60	110	400
9	6000	1000	65	65	130	180	100	40	55	60	50	160	500
10	2000	6000	85	75	115	145	110	60	75	130	70	100	200

Таблица 2 - Исходные данные - значение расходов

Номер варианта	Q ₁	Q ₂	Q ₃	q	Q ₄	Q ₅
	л/с			л/(с м)		
1	6	60	54	1,5	15	45
2	10	45	72	1,8	23	30
3	4	18	80	2,1	51	35
4	15	24	60	3,2	30	20
5	23	32	18	2,6	12	60
6	51	65	24	1,4	65	45
7	30	14	45	3,6	40	18
8	12	76	30	1,2	54	24
9	65	40	35	2,4	72	32
10	40	36	20	2,8	80	15

Алгоритм решения

1 Водопроводная сеть разбивается на части:
 часть 1 - до водонапорной части (точка Б, рисунок 1), часть 1.1 - всасывающий трубопровод (до насоса), часть 1.2 - напорный водопровод;
 часть 2 - за водонапорной башней, магистральный водопровод.

2 Определяется суммарный расход сети, суммируя расходы жидкости Q_i и q·l₁₂₂.

3 Расчет всасывающего водопровода, участок 1.1.

Записывается уравнение Бернулли

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2g} + h_{\Sigma} \quad (1)$$

для двух сечений трубопровода - свободного уровня поверхности воды в водоеме и линии установки насоса. Допустимый вакуум в сети принимается равный 6 м.

Значение скорости движения воды в сети ограничено по техническим условиям и находится в интервале 0,5 ... 0,8 м/с. Зная суммарный расход в сети и задавая значение скорости потока, из условия непрерывности

$$Q=VS \quad (2)$$

определяется диаметр трубопровода D_B , который затем уточняется по ГОСТ.

Коэффициент Кариолиса α находится в пределах 1,16 ... 1,12.

При определении потерь напора h_{Σ} коэффициент сопротивления движению потока λ определяется по одной из эмпирических формул

$$\lambda = \frac{1}{\left(\frac{2 \lg d}{\Delta} + 1,74\right)^2}, \quad \lambda = 0,11 \cdot \left(\bar{\Delta} + \frac{68}{Re}\right)^{0,25}, \quad \lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} \quad (3)$$

из условия, что режим движения жидкости турбулентный развитой.

Решая уравнение Бернулли, определяется высота установки насоса H_2 .

4 Расчет магистрального водопровода, участок 2.

4.1 Расчет кольцевого участка водопровода АВ

Составляется уравнение баланса расхода на участках сети для узловых точек

$$Q_{\Sigma} = q_1 + q_2 + q_3$$

При составлении уравнений баланса расходов количество неизвестных расходов всегда на единицу больше числа уравнений.

Замыкающее условие расчета кольцевого участка сети следует из уравнения Бернулли, которое устанавливает равенство потерь напора на кольцевых участках сети

$$h_1 = h_2 = h_3 \quad (4)$$

Потери напора равные

$$h = \lambda \frac{V^2 l}{2g d} \quad (5)$$

в первом приближении определяются при равных скоростях жидкости на кольцевых участках, коэффициент сопротивления принимается равным $\lambda = 0,0005$ м.

Тогда условие равенства потерь напора запишется выражением

$$A = \lambda \frac{V^2 \cdot l}{2g}$$

где

Определив значение диаметров трубопроводов, уточняется значение скорости, режим движения, значение коэффициента сопротивления, и определяется значение расхода в кольцевых участках трубопровода.

4.2 Потери напора при движении жидкости на участках сети АД, АВ, АГ определяются из условия последовательного соединения трубопроводов

$$h_l = \sum h_{li} \quad (6)$$

4.3 При внезапном закрытии задвижки на линии АД, резко повышается давление и возникает гидравлический удар, величина которого определяется из условия

$$\Delta P = \rho \cdot c \cdot V_0 \quad (7)$$

где ΔP - повышение давления, Па; ρ - плотность воды, равная 1000 кг/м^3 ; c - скорость распространения ударной волны, м/с; V_0 - скорость движения жидкости.

Скорость распространения ударной волны равна

$$(8)$$

где 1425 - скорость распространения звука в воде, м/с;

d - внутренний диаметр трубопровода, м; δ - толщина стенки трубопровода, м;

$E_{жс}$ - модуль упругости жидкости, равный для воды $2,03 \cdot 10^9$ Па;

$E_{мр}$ - модуль упругости материала трубопровода, равный $2 \cdot 10^{11}$ Па.

4.4 Определяется диктующая точка сети - наиболее удаленная (расположенная на наибольшей высоте) точка водопровода, для этого определив потери напора по длине участков сети - АД, АВ, АГ при условии заданного минимального напора в сети $H_n = 10$ м, определяется наибольшее значение необходимого напора в сети.

Необходимый напор в магистральной сети обеспечивается высотой напорной башни (рисунок 1). Строится линия изменения пьезометрического напора в магистральной сети (рисунок 2).

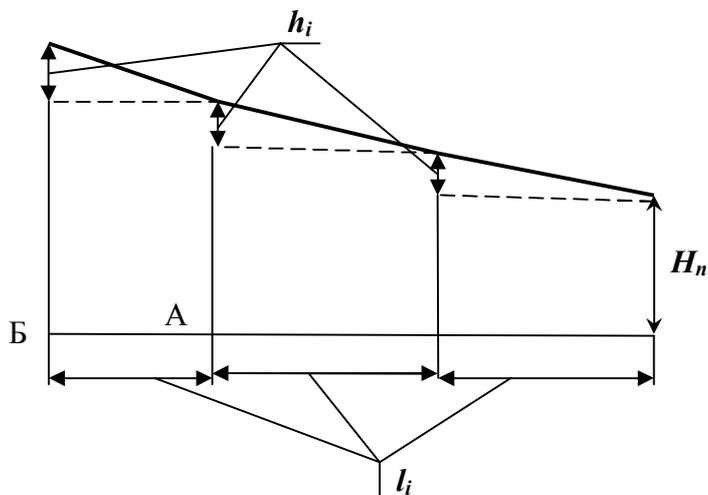


Рисунок 2 - Линия пьезометрического напора магистральной сети

5 Расчет напорной линии

Давление в сети напорной линии больше давления в магистральной линии на величину потерь в напорной линии.

6 Выбор насоса

По справочнику выбирается насос для подачи воды в водонапорную башню, зная величину необходимого расхода - суммарный расход потребителей, и необходимый напор (давление) в сети. Строится характеристика насоса, которая совмещается с характеристикой сети - изменение потерь в магистральной сети в зависимости от изменения расхода; точка пересечения - рабочая точка насоса, должна находиться в рабочей области характеристики насоса и соответствовать расчетным параметрам сети.