

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 1,2

Расчет рабочего колеса насоса

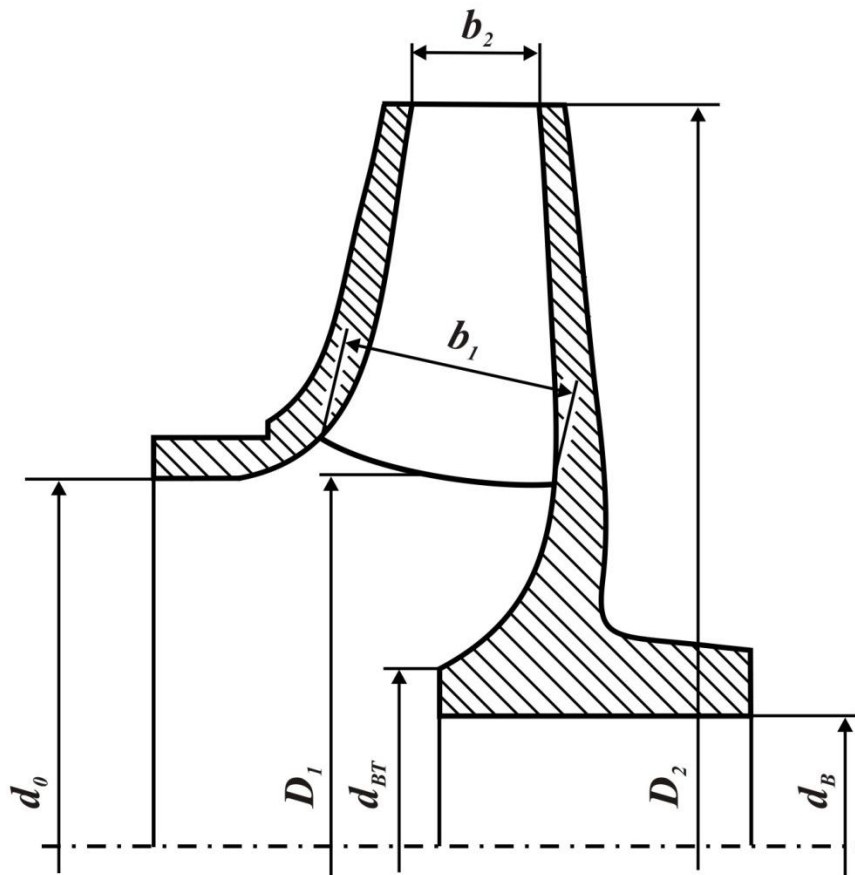
Рассчитать рабочее колесо насоса для подачи воды плотностью ρ при избыточных давлениях на выходе p_n и на входе $p_{вс}$. Заданы: производительность насоса Q и скорость вращения вала n .

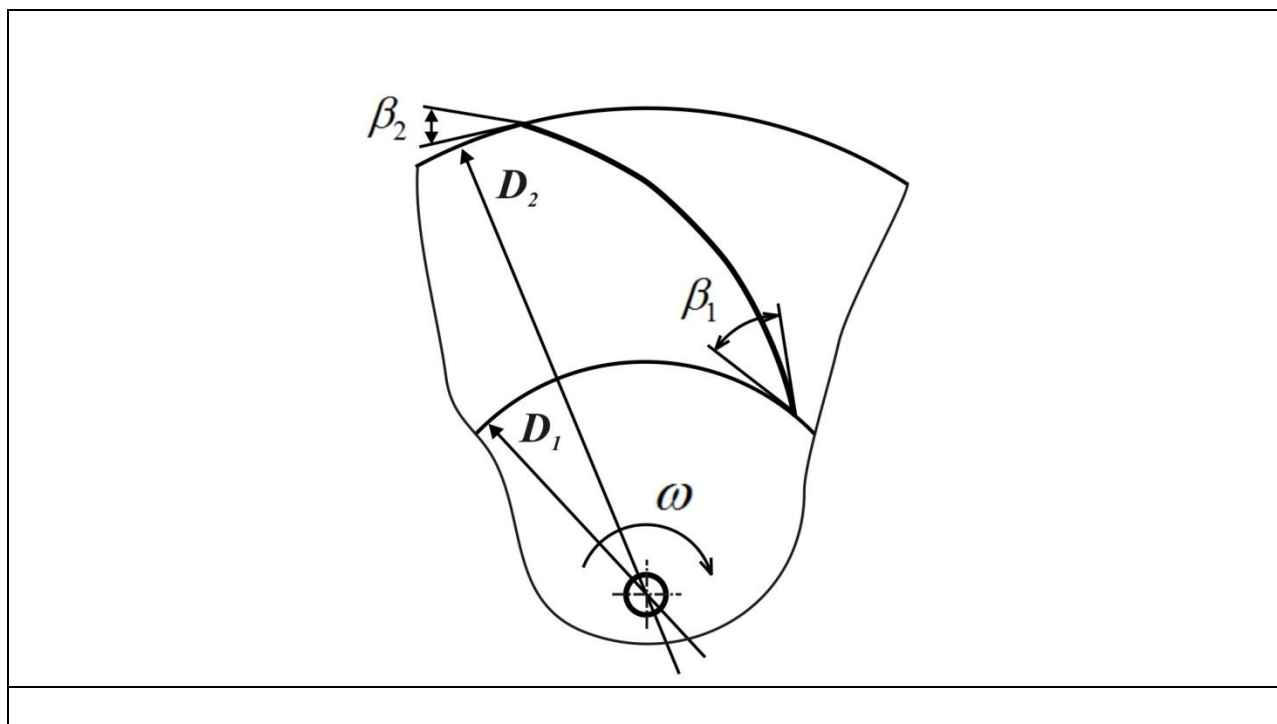
Вычислить мощность насоса N , объемный $\eta_{об}$, гидравлический η_z , механический $\eta_{мех}$ и общий КПД.

Определить основные геометрические характеристики рабочего колеса: диаметры вала d_v , входа на рабочие лопасти D_1 , выхода из рабочих лопастей D_2 и др.

Построить входной и выходной треугольники скоростей.

Изобразить продольный и поперечный разрез рабочего колеса в масштабе.





Примечания: указаны в описании алгоритма расчета.

Таблица 1

Исходные данные к задаче 5

вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q , м ³ /ч	370	390	360	310	350	260	280	300	250	280
t , °С	35	40	15	35	50	35	30	25	20	40
$p_{вс}$, кПа	15	10	20	25	20	30	35	35	40	40
p_n , кПа	190	180	290	210	200	190	220	210	200	230
n , об/мин	745	1450	2950	1450	940	745	1450	1450	740	960

При решении этой задачи последовательно определяются следующие величины:

1. Напор насоса, м

$$H = \frac{p_n - p_{вс}}{\rho g},$$

где $p_{вс}$ p_n соответственно давления на входе в насос и на выходе (нагнетание) из него, Па; ρ —плотность нефти, кг/м³. Определяется по среднему давлению $p_{ср} = 0,5 \cdot (p_n + p_{вс})$ и заданной температуре воды t .

2. Коэффициент быстроходности, об/мин

$$n_s = 3,65 \cdot \frac{n \sqrt{Q}}{H^{3/4}},$$

где Q - подача (производительность) насоса, м³/сек; H - в м; n - в об/мин.

3. Объемный КПД

$$\eta_{об} = \frac{1}{1 + a n_s^{-0,66}}$$

где $a = 0,68$.

4. Приведенный диаметр входа в рабочее колесо, м

$$D_{1np} \approx 4,25 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q}{n}},$$

где Q - в м³/сек.

При двухстороннем подводе жидкости под корень необходимо подставлять $Q/2$.

5. Гидравлический КПД вычисляется по любой из нижеприведенных формул

$$\eta_z = 1 - \frac{0,42}{(\lg D_{1np} - 0,172)^2},$$

где D_{1np} - в мм.

6. Механический КПД определяется ориентировочно по эмпирической формуле

$$\eta_{мех} = \frac{1}{1 + \frac{820}{n_s^2}}.$$

7. Общий (полный) КПД насоса $\eta = \eta_z \cdot \eta_{об} \cdot \eta_{мех}$.

8. Полезная мощность насоса, кВт $N_n = \frac{\rho Q g H}{1000}$,

где Q - в м³/с.

9. Мощность на валу насоса, кВт $N = \frac{N_n}{\eta}$.

10. Диаметр вала в месте посадки рабочего колеса определяется по условиям скручивания, м

$$d_g = 0,365 \sqrt[3]{\frac{N}{n \tau_{don}}},$$

где N - в кВт; n - в об/мин;

τ_{don} - допустимое напряжение кручения, МПа.

Вал насоса работает в основном на скручивание, но частично нагружен поперечными и центробежными силами, обусловленными небалансом ротора. Поэтому допустимое напряжение кручения принимается относительно небольшим $\tau_{don} = 12 \dots 15$ МПа.

11. Диаметр ступицы (втулки) рабочего колеса, м

$$d_{cm} = (1,2 \dots 1,4) \cdot d_g.$$

12. Диаметр входа в рабочее колесо, м

$$D_0 = \sqrt{D_{1np}^2 + d_{cm}^2}.$$

13. Диаметр входа на рабочие лопасти, м $D_1 = D_0 + 0,02$.

14. Длина ступицы, м $l_{cm} = (1 \dots 1,5) \cdot d_{cm}$.

15. Окружная скорость на входе в межлопастной канал (на диаметре D_1), м/с

$$u_1 = \frac{\pi D_1 n}{60}.$$

16. Скорость входа в рабочее колесо, м/с

$$c_0 = \frac{4 \cdot Q}{\eta_{об} \pi (D_0^2 - d_{cm}^2)},$$

где Q - в м³/сек.

17. Приняв $c_1 = c_{1r} = c_0$ можно построить входной треугольник (параллелограмм) скоростей и определить угол β_1

$$\beta_1 = \arctg \frac{c_1}{u_1}.$$

18. Приняв значение угла атаки $i = 0 \dots 6^\circ$ можно определить лопастной угол на входе в рабочее колесо, град

$$\beta_{1л} = \beta_1 + i.$$

19. Ширина лопасти на входе, м

$$b_1 = \frac{Q}{\pi D_1 c_1 \mu_1 \eta_{об}},$$

где Q - в м³/сек; $\mu_1 = 0,9$ – коэффициент стеснения входного сечения кромками лопаток.

20. Используя уравнение Эйлера при радиальном входе в межлопастные каналы рабочего колеса ($c_{1u}=0$) можно определить окружную скорость на выходе рабочего колеса

$$u_2 = \frac{1}{2} \cdot c_{2r} \operatorname{ctg} \beta_2 + \sqrt{\left(\frac{c_{2r} \operatorname{ctg} \beta_2}{2} \right)^2 + \frac{g \cdot H}{\eta_z}},$$

где c_{2r} - радиальная проекция абсолютной скорости на выходе из рабочего колеса, м/с. Принимается равной c_0 ;

β_2 - угол потока на выходе рабочего колеса. Принимается равным $15 \dots 25^\circ$ в зависимости от коэффициента быстроходности n_s . Чем больше последний, тем меньшим выбирается угол β_2

21. Диаметр выхода из рабочего колеса, м $D_2 = \frac{60 \cdot u_2}{\pi n}$.

22. Отношение диаметров выхода и входа $m = \frac{D_2}{D_1}$.

Полученное отношения диаметров должно находиться в диапазоне значений $1,25 \dots 3,3$.

23. С учетом условия $c_{1r} = c_{2r}$ можно вычислить ширину лопасти на выходе из рабочего колеса, м

$$b_2 = b_1 \frac{D_1}{D_2}.$$

24. Количество лопастей рабочего колеса определяется по формуле Пфлейдерера

$$z = 6,5 \cdot \frac{m+1}{m-1} \sin \frac{\beta_{1n} + \beta_{2n}}{2},$$

где $\beta_{2n} = \beta_2 + \sigma$ - угол установки лопаток на выходе из рабочего колеса, град. Здесь σ - угол отставания потока можно принять равным $5 \dots 10^\circ$.

25. Радиус гiba лопасти $r_n = \frac{r_2^2 - r_1^2}{2 \cdot (r_2 \cdot \cos \beta_{2n} - r_1 \cdot \cos \beta_{1n})}$.

26. Радиус центров гiba лопасти $R_o = \sqrt{r_2^2 + r_n^2 - 2 \cdot r_2 \cdot r_n \cdot \cos \beta_{2n}}$.

27. Хорда профиля лопасти $b_n = \frac{r_2 - r_1}{\sin \frac{\beta_{2n} + \beta_{1n}}{2}}$.

28. Относительный шаг лопастей $\bar{t}_{cp} = \frac{\pi}{z} \cdot \frac{m+1}{m-1} \cdot \sin \frac{\beta_{1л} + \beta_{2л}}{2}$.

29. Абсолютный шаг лопастей $t_{cp} = b_n \cdot \bar{t}_{cp}$.

30. Скорость $C_{2u} = gH/u_2$.

31. Скорость $C_2 = \sqrt{C_{2r}^2 + C_{2u}^2}$.

32. Находим угол α из $\sin \alpha = \frac{C_{2r}}{C_2}$ и угол α_1 из $\sin \alpha_1 = \frac{C_{1r}}{C_1}$.

33. Относительная скорость на входе в лопатки $\sqrt{\tilde{N}_r^2 + (u_1 - C_{1u})^2}$.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПИРАЛЬНОЙ КАМЕРЫ.

Оптимальная аксиальная скорость в камере в м/с $C_a = C_2/1.3$.

Максимальная площадь сечения камеры в м² $f_{\max}^{\varphi=360} = \frac{K_v \cdot Q}{C_a}$, где

$K_v = 1,05$ для насосов.

Минимальная площадь сечения камеры в м² $f_{\min}^{\varphi=0} = \frac{(K_v - 1) \cdot Q}{C_a}$.

Закон изменения сечения спиральной камеры $f^{\varphi_i} = f_{\min} + \frac{(f_{\max} - f_{\min}) \cdot \varphi_i}{360}$,

где φ_i – угол в градусах от 0 до 360.

Радиусы круглой спиральной камеры по сечениям в м $r_i = \sqrt{\frac{f_i}{\pi}}$.

Радиусы определить для сечений с углами $\varphi : 0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315$ и 360 градусов

Ширина входа в камеру за рабочим колесом в м $b_3 = b_2 + 0,05 \cdot b_2$.