

Розділ 3. Шахтні водовідливні установки

Тема 3.1. Відцентрові насоси

План:

- 3.1.1. Будова водовідливної установки.
- 3.1.2. Будова відцентрового насоса.
- 3.1.3. Типи коліс.
- 3.1.4. Способи врівноваження осьового зусилля.
- Явище кавітації.
- Консольні насоси.

3.1.1. Водовідливна установка з відцентровим насосом (рис. 39) складається з насоса 1, двигуна 2, пускача 3, підвідного 4 і напірного 5 трубопроводів. На підвідному трубопроводі розміщена приймальна сітка 6 і клапан 7, на напірному – засув 8 і зворотній клапан 9. Трубка 10 і вентиль 11 необхідні для заливки водою з напірного трубопроводу насоса і підвідного трубопроводу. Заливку можна проводити через горловину 12. Трубка 13 з засувом 14 необхідні для випускання води при ремонті. З допомогою вакуумметра 15 вимірюється розрідження, а манометром 16 – тиск на виході з насоса. Через кран 17 випускають повітря з насоса при заливці.

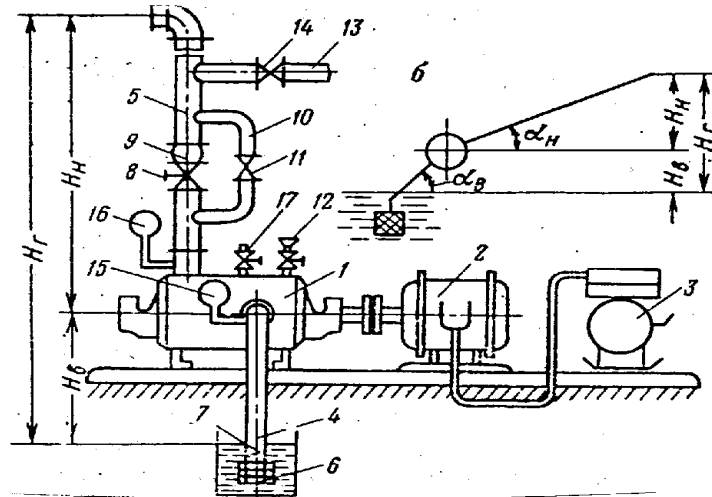


Рис. 39. Водовідливна установка з відцентровим насосом

3.1.2. На рис. 40 показана схема трьохступінчатого відцентрового насоса. На валу 1, який спирається на підшипники 2, з допомогою шпонок 3 закріплені робочі колеса 4, 5, 6, які разом з валом утворюють ротор насоса. З підвідного патрубка 7 через підвід 8 рідина поступає в колесо 4 і направляючий апарат 9. Проїшовши колеса 5 і 6 і напрямні апарати 10 і відвід 11, через патрубок 12 рідина подається в напірний трубопровід.

Вал ущільнюють пеньковою набивкою з притискними втулками 13. З'єднання вала з двигуном здійснюють муфтою 14.

Найбільше розповсюдження в шахтній практиці знайшли секційні насоси в яких кожна секція складається з колеса і направляючого апарата. В загальну конструкцію вони з'єднані стяжними шпильками. Позитивним є можливість з'єднувати секції в необхідній кількості і отримання різних тисків. Недолік – ускладнений доступ до коліс.

Існують насоси з осьовим роз'єднанням. В них полегшується внутрішній огляд і ремонт, але конструкція збільшує розміри і масу.

По розміщенню вала робочі колеса бувають горизонтальні і вертикальні. Найбільше розповсюдження мають горизонтальні насоси.

3.1.3. Робочі колеса насосів бувають односторонні і двосторонні. Тобто з одностороннім і двостороннім підводом до них рідини (рис. 41). Односторонні робочі колеса застосовують в одноступінчатих і багатоступінчастих насосах, а двосторонні – в деяких одноступінчатих насосах.

Розрізняють закриті і відкриті робочі колеса. В закритих колесах (рис. 41, а) з

одностороннім підводом рідини ведучий 1 і ведений 2 диски, між якими розміщені лопатки 3, зв'язані з втулкою 4, яка насаджена на вал. В закритих двохсторонніх колесах (рис. 41, б) ведені диски 1 і 2 лопатками 3 з'єднані з втулкою 4. Диски лопатки і втулка відливаються разом. В відкритих робочих колесах (рис. 41, в) є тільки ведучий диск 1 з втулкою 2 і лопатками 3.

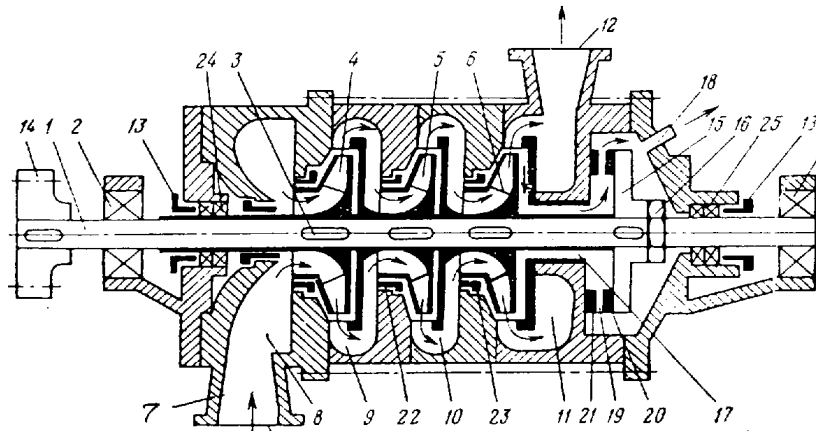


Рис. 40. Схема відцентрового насоса

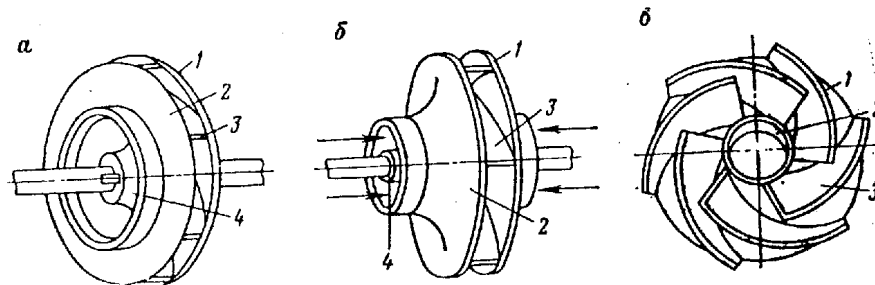


Рис. 41. Робочі колеса відцентрових насосів

З умови міцності диски потовщуються в напрямі втулки. Діаметр колеса не перевищує звичайно 800 мм, колова швидкість на вихідному діаметрі відлитих чавунних коліс 35...40 м/с.

Лопатки коліс загнуті назад з кутом виходу 145...150 °С. Вони профілюються по дузі кола або по логарифмічній спіралі і мають товщину 3...8 мм. К. К. Д. насоса залежить від чистоти обробки поверхні, числа і довжини лопаток, закономірності зміни площі поперечного перерізу. Звичайно на колесі розміщують 6...9 лопаток.

В шахтних насосах частіше застосовують закриті колеса, відкриті доцільно використовувати при транспортуванні забруднених рідин.

По коефіцієнту швидкохідності робочі колеса ділять на тихохідні ($n_s = 40... 80$), нормальні ($n_s = 80...150$) і швидкохідні ($n_s = 150...300$).

3.1.4. В зв'язку з виникненням при роботі насоса осьового зусилля, яке діє на ротор і направлене вздовж осі насоса в сторону всмоктування, необхідний пристрій для врівноважування. Під дією осьової сили ротор намагається зсунути в сторону всмоктування. Це може привести до великого тертя між ротором і корпусом, швидкому зношуванню деталей, зниженню К. К. Д.

Для усунення осьового зусилля в одноступінчатих насосах застосовують двостороннє робоче колесо, в якому осьова сила врівноважена в наслідок симетрії, а при односторонніх робочих колесах – упорний підшипник і отвори в колесі (в ведучому диску). В багатоступінчастих насосах застосовують гідравлічний розвантажувальний пристрій або симетричне розташування коліс.

Найбільше розповсюдження знайшли гідравлічні розвантажувальні пристрої (рис. 40). Гідроп'ята 15 закріплені на валу гайкою 16. Частина рідини виходить через щілину 17 в розвантажувальну камеру, діє на гідроп'яту, потім виходить через трубку 18. Рівновага осьової і зрівноважувальної сили встановлюється автоматично. Витрата води через

розвантажувальний пристрій складає 1,5...3 % подачі насоса.

На рис. 42 показано схеми врівноваження осьового зусилля за рахунок симетричного розташування робочих коліс. При двох поточному насосі (рис. 42) колеса 1, 2 і 3, 4 утворюють дві групи 5 і 6, причому колеса між собою з'єднанні послідовними каналами, а групи коліс – паралельно. В одно поточному насосі (рис. 42) всі колеса з'єднані послідовно.

3.1.5. Якщо абсолютний тиск рідини при виході її в робоче колесо виявиться меншим тиску пароутворення, почнеться явище кавітації. При цьому в місцях найменшого тиску в колесі утворюються простори заповнені паром і газом. Ці бульбашки переміщуються в область високого тиску. В утворені пустоти з великими швидкостями направляються частинки рідини, вдаряються і розрушають поверхні деталей. Прискорюється також корозія.

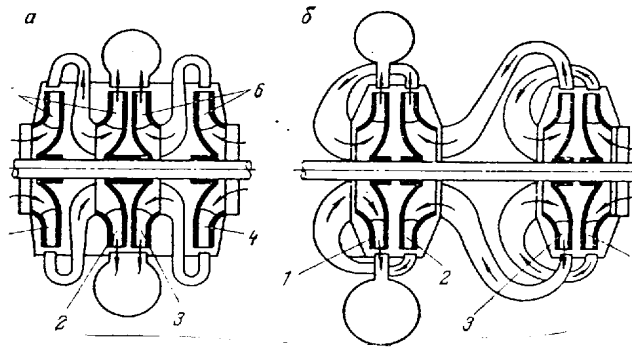


Рис. 42. Симетричне розміщення робочих коліс в насосі

Кавітація виникає при великій висоті всмоктування. Тому першим способом боротьби з кавітацією, є зменшення висоти всмоктування. Допустима висота всмоктування

$$H_{в}^{доп} \leq (0,8...0,75) H_{в}^{кр}, \quad (38)$$

Критична висота всмоктування

$$H_{в}^{кр} = p_o / \rho \cdot g - p_n / \rho \cdot g - v_n^2 / 2 \cdot g - h_n - h_l, \quad (39)$$

де p_a – атмосферний тиск, Па, p_n – тиск пароутворення, v_n – швидкість рідини при вході в насос, h_n і h_l – втрати напору.

Способами боротьби з кавітацією є також застосування стійких матеріалів (легованих сталей з високим вмістом хрому і нікелю), а також робота насоса з підпором, коли насос розміщено нижче рівня резервуара.

3.1.6. Консольні насоси випускаються розмірів 2К - 6, 3К - 6, 4К - 6, 4К - 8 (перша цифра – діаметр вихідного патрубку а мм, зменшений в 25 раз, К – консольний, остання цифра коефіцієнт швидкохідності, зменшений в 10 раз). Подача в м³/год і напір в м становлять відповідно: 20 і 31,45 і 54,90 і 87,90 і 55 К. К. Д. 0,64...0,73. Вакууметрична висота всмоктування 5...6 м.

Консольний насос (рис. 43) складається з спірального корпуса 1, відлитого разом з напірним патрубком 2, робочого колеса 3, вала 4 з муфтою 5, опорного кронштейна 6 підвідного патрубка 7. Вал кріпиться на підшипниках 8, на виході встановлено сальникове ущільнення 10 з гідрозатвором. В корпусі і кришці насоса встановлені ущільнюючі кільця 9.

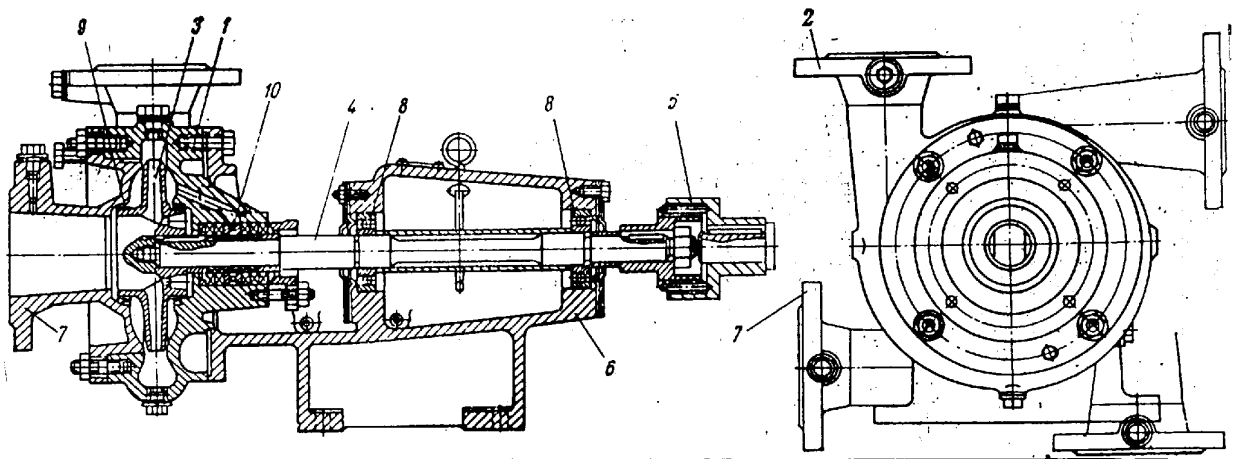


Рис. 43. Консольний насос

Контрольні питання до теми 3.1:

- 3.1.1. Яка арматура розміщена на підвідному трубопроводі?
- 3.1.2. Яка арматура розміщена на напірному трубопроводі?
- 3.1.3. З чого складається ротор відцентрового секційного насоса?
- 3.1.4. Як відбувається врівноваження осьового зусилля в гідравлічному розвантажувальному пристрої?
- 3.1.5. В чому суть явища кавітації?
- 3.1.6. З чого складається консольний насос?

Тема 3.2. Гвинтові насоси

План:

- 3.2.1. Гвинтові насоси.
- 3.2.2. Ерліфт.
- 3.2.3. Гідроелеватор.

3.2.1. Гвинтові насоси відносяться до групи об'ємних насосів, в яких процеси всмоктування і нагнітання відбувається завдяки зміні об'єму камери, в якій знаходиться рідина.

На шахтах застосовуються гвинтові насоси ІВ6/5, ІВ20/5, ІВ20/10, (ІВ - одногвинтовий, чисельник подача в л на 100 об/с, знаменник тиск в МПа). Для частоти обертання 1450 об/хв насоси забезпечують відповідно подачу 6,17 і 17 м³/год, напір 50, 50, 100 м, К. К. Д.- 0,48, 0,6, 0,64, потужність 1,8, 3,5, 7,2 кВт. Висота всмоктування 6 м.

Основними частинами насоса (рис. 45) являються стальна обойма 1, резиновий статор 2, стальний ротор 3, карданний вал 4. Ротор виконаний у вигляді однозаходного гвинта, статор представляє двохзаходну спіраль з кроком в два рази більшим кроку ротора. Діаметр статора менший діаметра ротора на 0,4 – 0,7 мм. Центри перерізів ексцентричні відносно осі обертання, завдяки цьому утворюється порожнина, яка переміщається вздовж осі, утворюється розрідження і проходить всмоктування по патрубку 5, а по 6 – нагнітання.

Карданний вал за допомогою привідного вала 7 і пружної муфти з'єднаний з валом електродвигуна за допомогою пальців 9 ведучої і веденої муфт. Сильфон 12 захищає шарнір 6 від піску. Ущільнення вала здійснюється за допомогою сальника, який складається з втулки 13, набивки 14 і сталюого кільця 15. Вал 7 розміщений на двох радіально-упорних підшипниках 16, які сприймають осьове зусилля, вони знаходяться в гніздах опорної станини 17.

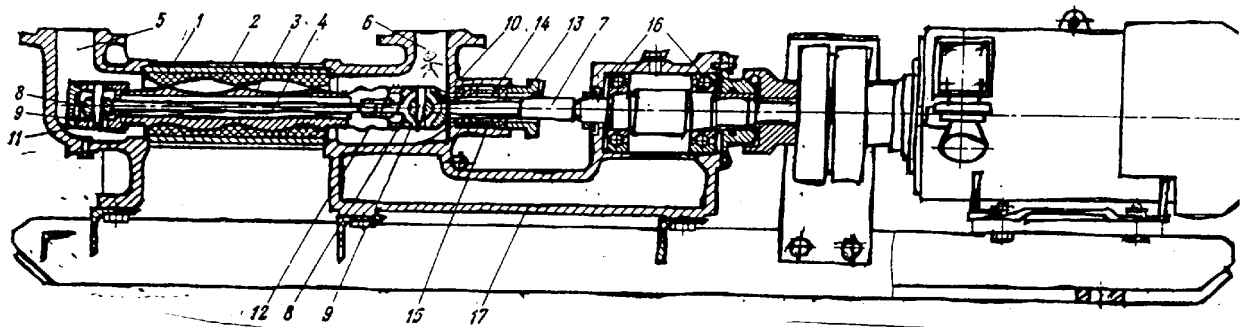


Рис.45. Гвинтовий насос 1В

Завдяки резиновому статору можна перекачувати забруднені рідини. Вода змащує ротор і статор, без неї запуск проводити не можна. Для заливки насоса підвідна і напірна сторони з'єднані перепускною трубою з вентилем. Крім цього отвори патрубків повернуті вгору. Перепускна трубка використовується також для регулювання подачі.

Подача гвинтового насоса визначається за формулою

$$Q = 60 \cdot \alpha_n \cdot 4 \cdot e \cdot l_{ш} \cdot D \cdot n. \quad (40)$$

де $\alpha_n = 0,7 \dots 0,8$ – коефіцієнт подачі, який враховує втрати води, e – ексцентриситет, $l_{ш}$ – подвоєний крок ротора, або крок статора, D – діаметр перерізу ротора, n – частота обертання ротора. $e = 5 \dots 6$ мм, $l_{ш} = 70 \dots 80$ мм.

3.2.2. Ерліфт – повітряний підйомник, в якому для транспортування води використовується повітря. Стиснене повітря від компресора 1 (рис. 46) по трубі 2 подається до форсунки 3, яка розміщена нижче рівня води. В трубі 4 утворюється легка водоповітряна суміш, яка витісняється стовпом рідини в резервуарі до повітрівідділювача 6 на поверхню.

Вихідними даними для розрахунку ерліфта є його подача Q (м³/год), геометрична висота подачі H г/м і глибина занурення форсунки $H_{п.ф.}$. Відносна величина занурення форсунки

$$a_{п.ф.} = H_{п.ф.}/H = 0,3 \dots 0,8 \quad (41)$$

Звідки глибина занурення форсунки $H_{п.ф.} = a_{п.ф.} \cdot H$. Для нормальної роботи ерліфта компресор повинен розвивати тиск $p_k = (1,1 \dots 1,2) \cdot H_{п.ф.} \cdot 10^4$ (Па). Необхідна кількість повітря

$$V = \alpha \cdot Q / 60 \quad (42)$$

Відносна витрата повітря α і діаметр Підйомної труби визначається по номограмі рис. 47. Переваги ерліфтів являються: простора будови, малі габарити, відсутність рухомих частин, розміщення основного обладнання на поверхні, безпека роботи, можливість перекачування забруднених рідин. Недоліки: невисокий К. К. Д. (0,2...0,4) і значне занурення форсунки.

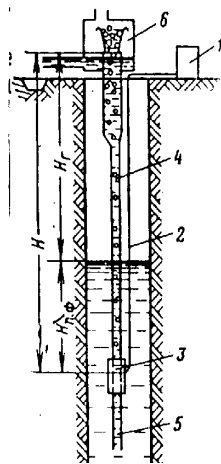


Рис. 46. Ерліфт
Гідроелеватор

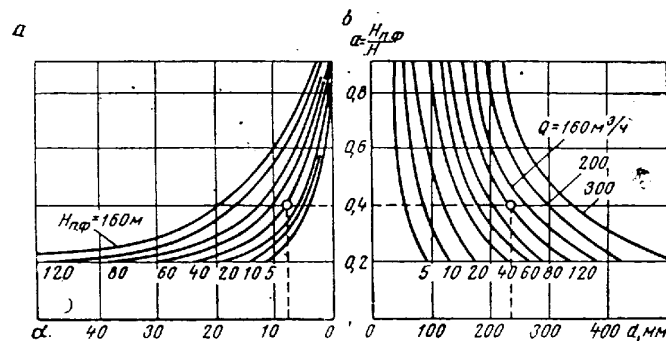


Рис.47. Номограма для розрахунку ерліфта.

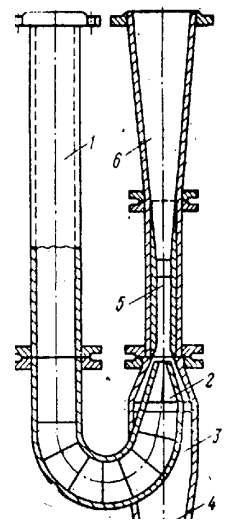


Рис. 48.

a – глибин занурення, b – подачі.

3.2.3. Гідроелеватор – водоструменевий насос, а якому використовується енергія робочої води, що подається стаціонарним насосом. Робоча рідина по трубопроводу 1 (рис. 48) і

виходить з великою швидкістю через насадку 2. В камері 3 створюється розрідження і в цю зону по трубопроводу 4 всмоктується відкачувана рідина. Вона зміщується в горловині 5 з робочою рідиною і подається в дифузор 6.

Перевагами гідроелеватора є простота конструкції, невеликі габарити, відсутність рухомих частин, можливість відкачки пульпи, мінімальні затрати на обслуговування.

Недолік гідроелеватора – низький К. К. Д. (0,4 і менше).

Контрольні питання до теми 3.2:

3.2.1. Чому дорівнює подача гвинтового насоса, діаметром перерізу $D = 0,1$ м подвоєний крок ротора $l_{ш} = 80$ мм, ексцентриситет $e = 5$ мм, частота обертання $n = 1500$ об/хв, коефіцієнт подачі $\alpha_n = 0,8$? 1. $150 \text{ м}^3/\text{хв}$, 2. $1,34 \text{ м}^3/\text{хв}$, 3. $13,8 \text{ м}^3/\text{хв}$.

3.2.2. Відносна глибина занурення форсунки $a_{п.ф.} = 0,4$. Відстань від форсунки до поверхні $H = 100$ м, яка глибина занурення форсунки $H_{п.ф.}(м)$ і який тиск повинен створювати компресор p_k (Па)?

40, $(4,4 \dots 4,8) 10^5$. 2. 4, $(44 \dots 48) 10^5$. 3. 40, $(1,1 \dots 1,2) 10^4$.

3.2.3. За рахунок чого здійснюється всмоктування рідини, що відкачується в гідроелеваторах?

Тема 3.3. Насосні камери і водозбірники. Сумісна робота насосів

План:

3.3.1. Послідовне з'єднання насосів.

3.3.2. Паралельне з'єднання насосів.

3.3.3. Насосні камери і водозбірники.

3.3.1. При послідовному з'єднанні, який необхідний для збільшення напору установки, один насос всмоктує воду з приймального колодязя і нагнітає її в підвідний патрубок другого насоса.

Сумарна характеристика насосів отримується сумуванням ординат характеристик кожного насоса (рис. 49). Робочий режим отримуємо як точку перетину сумарної характеристики насосів з характеристикою трубопроводу.

3.3.2. Для паралельного з'єднання насосів, яке необхідне для збільшення подачі установки, кожен насос всмоктує воду з водозбірного резервуару і подає її в спільний напірний трубопровід (рис. 50).

Сумарна характеристика отримується сумуванням абсцис характеристик кожного насоса. Робочий режим – це точка перетину сумарної характеристики з характеристикою трубопроводу.

3.3.3. Насосна камера – це спеціальна гірнича виробка, в якій розміщені насоси і пускозахистна апаратура, апаратура автоматизації, напірний і всмоктуючий трубопровід, допоміжне обладнання.

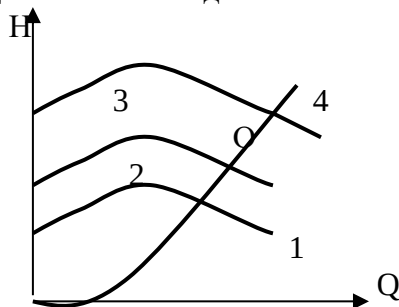


Рис. 49. Діаграма роботи послідовно з'єднаних насосів

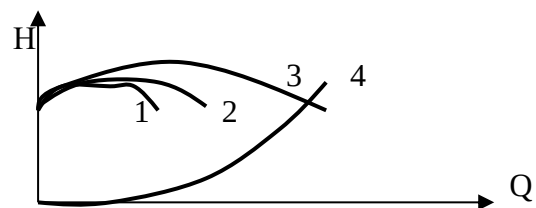


Рис. 50. Діаграма роботи паралельно з'єднаних насосів

Розміщення насосної камери в межах навколоствольного двору показано на рис. 51

а.

Камера 1 водовідливної установки в межах навкоlostвольного двору показана на рис. 51 а. водовідливної установки закріплюється бетоном і з'єднується з навкоlostвольним двором 2 ходками 3, із стволом – ходком 4, який виходить в ствол на висоті не менше 7 м вище рівня навкоlostвольного двору. До камери прилягають два крила водозбірника – це резервуари для збору і освітлення шахтної води. Відносно камери крила водозбірника мають одностороннє (5, 6) або двостороннє (6, 7) розміщення. Крила водозбірника пройдені похило: при спряженні з відкаточною виробкою 8 ці рівні співпадають, при спряженні з камерою їх рівень нижче на 5-6 м рівня насосної камери. В камерах 9 встановлені лебідки для чистки водозбірника. Спряження крил водозбірника з камерою 1 показано на рис. 51 б. 10- приймальний колодезь для підвідних трубопроводів насосів. Всі резервуари відділені один від одного бетонними стінками і можуть з'єднуватися трубами 11 при відкриті засувки 12. Засувки дозволяють закрити доступ води до насосів з крил водозбірника, відкрити доступ води до приймального колодезя з одного чи другого або двох відразу крил водозбірника.

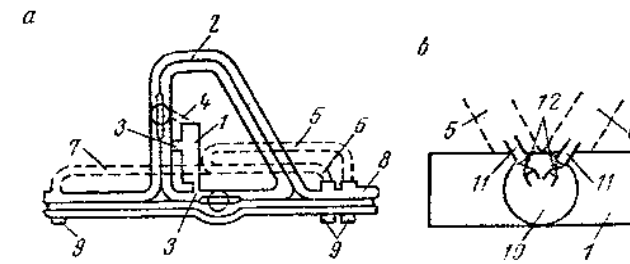


Рис. 51. Схеми: а – насосної камери і водозбірника, б – спряження водозбірника з приймальним колодезем.

Приймальну сітку слід розміщати на 0,5 м нижче мінімального рівня води, щоби не було підсмоктування повітря і 0,5 м вище дна колодезя, а також 0,3 м від стінок, щоби не було попадання в насос твердого осаду.

Рівень насосної камери повинен бути на 0,5 м вищим рівня корінного штреку.

Згідно правил безпеки водозбірник головної водовідливної установки складається не менш ніж з двох крил, а вмістимість відповідає 4-х годинному притоку, а дільничної – 2-х годинному нормальному притоку.

Поперечний переріз водозбірника відповідає перерізу одношляхового штреку для місткості до 1500 м³, для більшої місткості – двошляховому.

Приймальні колодезі – круглі, закріплені бетоном, між стінкою колодезя і фундаментом насосної установки повинні бути не менше 200 мм. Для освітлення води дно колодезя повинно бути на 1...1,5 м нижче рівня водозбірника. Доцільно застосовувати водозбірники з очисними резервуарами, який складається з трьох камер.

Контрольні питання до теми 3.3:

3.3.1. Послідовне з'єднання насосів потрібне для збільшення:

1. подачі; 2. напору; 3. напору і подачі.

3.3.2. Паралельне з'єднання насосів потрібне для збільшення:

Подачі, 2. Напору, 3. Напору і подачі.

3.3.3. Водозбірник головної водовідливної установки повинен мати місткість:

1. 400 м³, 2. 2 – х годинний нормальний притік. 3. 4 – х годинний нормальний притік.

Тема 3.4. Трубопровід водовідливних установок

План:

3.4.1. Матеріали і з'єднання труб.

3.4.2. Арматура трубопроводів. Прокладка труб.

3.4.3. Розрахунок трубопроводів.

3.4.1 Для виготовлення трубопроводів застосовують сталеві стандартні безшовні

гарячедеформовані труби. Для запобігання корозії поверхні труб застосовують антикорозійне полімерне покриття або захисна краска.

Для перекачування води з підвищеною кислотністю внутрішні поверхні труб захищають свинцевим, пластмасовим або дерев'яним покриттям.

Перспективним є застосування поліетиленових і вінілпластових труб. Існує досвід їх експлуатації при 1,5 ...2 МПа.

Між собою труби, а також з фасованими частинами з'єднуються за допомогою фланців і болтів. Рухомі фланці 1 (рис. 52 а) впираються в наварні кільця труб 2 і стягуються болтами 3. Між кільцями вставляють прокладку з гуми, при великих напорах застосовують м'які метали.

3.4.2. На підвідному трубопроводі встановлюють приймальну сітку з клапаном, на напірному – засув, зворотній клапан і компенсатори.

Приймальна сітка 1 (рис.52 б) і клапан 2 з'єднані в одне ціле. Для з'єднання з підвідним трубопроводом сітка має фланець 3. Клапан буває шарнірним, тарілковим, кульовим, сумарна площа отворів в сітці повинна бути в 3 – 4 рази більша площі поперечного перерізу трубопроводу.

Засув (рис. 52 б) складається з запірної частини 1, нарізного шпінделя 2, кришки 3, сальника 4, маховичка 5 і фланців 6 для з'єднання з трубами.

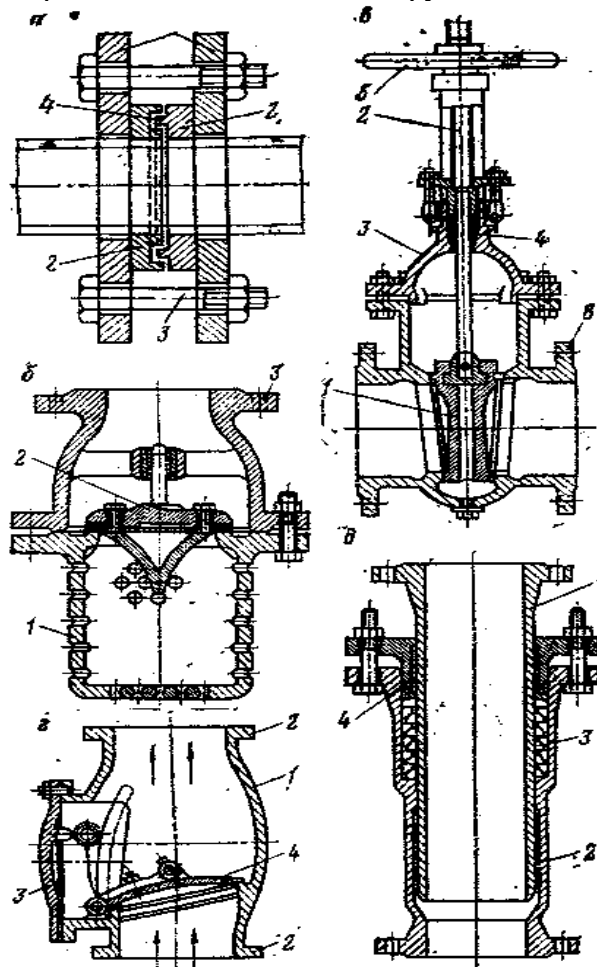


Рис. 52. Фланцеве з'єднання і арматура трубопроводу

Зворотній клапан (рис.52 г) складається з корпуса 1 з фланцями 2, кришки 3 і шарнірного клапана 4.

У випадку зміни температури в стволі для значної довжини трубопроводу в ньому виникають температурні напруження, для усунення яких застосовують телескопічні сальникові компенсатори (рис. 52, д). Він складається з двох труб, які входять одна в другу. Сальникова набивка із просмоленої пеньки або шкіри утримується втулкою 4.

У місці виходу трубопроводу в ствол встановлюється опорне коліно (рис. 53, а). Для

розвантаження трубопроводу від власної ваги, його ділять на ділянки по 150...250 м. Кожна ділянка в нижній частині має опорний стілець (рис. 53, б), а у верхній частині – компенсатор. Труби підтримують також хомутами (рис. 53, в), які виключають згин. Відстань між хомутами залежить від діаметра труби. Для діаметру 100 мм – 8м, 150 – 12, 200 – 15, 250 – 19,5, 300 – 22,5.

Для прокладання трубопроводів використовують фасонні частини. На поворотах – коліна, в місцях розгалужень – трійники, при переході на інший діаметр – конусні переходи.

Трубопроводи у виробках прокладаються так, щоб вони були доступні для огляду і ремонту.

В насосній камері є 2 напірних трубопроводи, які закріплені колектором. Кожен із трьох насосів має свій підвідний трубопровід. Напірні трубопроводи насосів оснащені зворотними клапанами і під'єднанні до колектора. Для великих притоків води передбачається 3 напірних стави і 5 насосів.

З насосної камери напірні стави виходять в похилий з'єднуючий ходок, далі в трубне відділення ствола шахти. Прокладка труб включає в себе: підготовку, доставку труб, монтаж труб і арматури, випробовування і складання документації по задачі в експлуатацію. Трубопроводи через 200 м повинні бути заземлені.

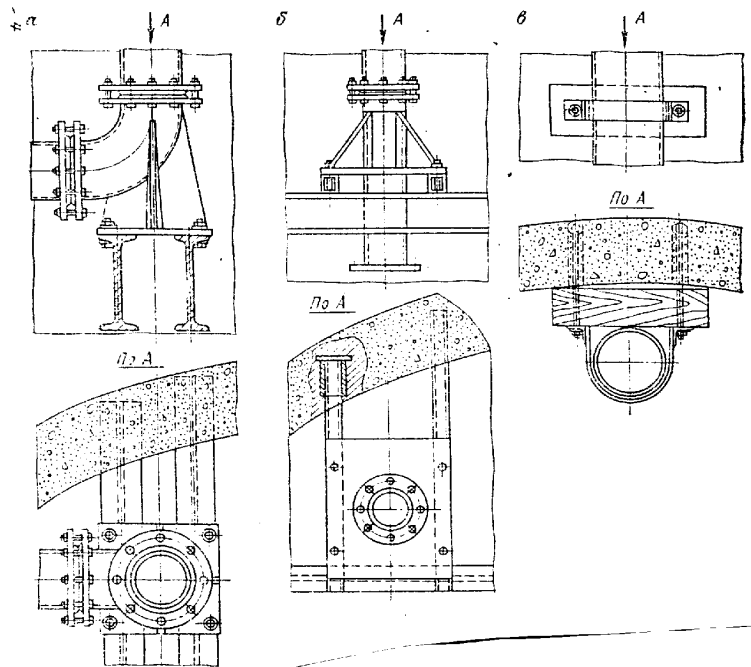


Рис. 53. Пристрої для кріплення труб в стволі: а – опорне коліно, б – опорний стілець, в – хомут.

3.4.3. При розрахунку трубопроводу визначають: діаметр напірного і підвідного трубопроводів, втрати напору і товщину стінок.

З достатньою точністю оптимальний діаметр трубопроводу можна визначити за формулою

$$d_{\text{опт}} = k \cdot 0,0131 \cdot Q^{0,476}, \quad (43)$$

де k – коефіцієнт, який залежить від числа напірних трубопроводів (при двох трубопроводах – $k = 1$, при трьох $k = 0,752$), Q – оптимальна подача насоса в $\text{м}^3/\text{год}$.

По знайденому діаметру вибирають стандартні труби по табл. П5 (1). Діаметр підвідного патрубку приймають на 25...50 мм більшим.

Втрати напору розділяють на втрати напору по довжині і місцеві в фасонних частинах і арматурі трубопроводу.

Втрати напору по довжині визначають за формулою:

$$h_{\text{л}} = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}, \quad (44)$$

де λ - коефіцієнт гідравлічного тертя. Для труб, що були в експлуатації, його можна визначити за формулою Шевелєва

$$\lambda = 0,021/d^{0,3}, \quad (45)$$

де l – довжина труби, d – внутрішній діаметр труби, м, v – швидкість води, м/с, $g = 9,8 \text{ м}^2/\text{с}^2$ – прискорення вільного падіння.

Місцеві втрати напору визначаються за формулою

$$h_m = \xi \frac{v^2}{2g}, \quad (46)$$

де ξ - коефіцієнт місцевого опору, який залежить від виду опору, визначається по таблицях. Сумарні втрати напору визначається за формулою

$$\Sigma h = (\lambda_n \cdot l_n / d_n + \Sigma \xi_n) \cdot v_n^2 / 2 \cdot g + (\lambda_n \cdot l_n / d_n + \Sigma \xi_n) \cdot v_n^2 / 2 \cdot g. \quad (47)$$

Напір насоса

$$H = H_r + \Sigma h. \quad (48)$$

Товщина стінки труби

$$\delta = 100 (k_1 D p + (\alpha_1 + \alpha_2) T) / (100 - k_c), \quad (49)$$

де $k_1 = 2,27$ для сталі 20, $k_1 = 2,52$ для сталі Ст. 3, D – зовнішній діаметр труби, м, p – тиск в МПа. α_1 – швидкість корозійного зношування зовнішньої поверхні труби (у випадку ведення вибухових робіт в шахті $\alpha_1 = 0,25$ мм/рік, у випадку їх відсутності $\alpha_1 = 0,15$ мм/рік). α_2 – швидкість корозійного зношування внутрішньої поверхні труб ($\alpha_2 = 0,1$ – для нейтральних і лужних вод, $\alpha_2 = 0,2$ для вод з кислотним показником рН = 6...7, $\alpha_2 = 0,4$ – для рН = 5...6). T – кількість років служби трубопроводу. k_c – коефіцієнт, який враховує мінусовий допуск товщини стінки ($k_c = 15\%$ для товщини стінки до 15 мм, $k_c = 12,5\%$ для товщини стінки від 15 до 30 мм).

Контрольні питання до теми 3.4:

- 3.4.1.1. Які матеріали застосовують для виготовлення трубопроводів?
- 3.4.1.2. Як з'єднуються між собою ділянки труби?
- 3.4.1.3. Яка арматура застосовується на підвідному трубопроводі?
- 3.4.1.4. Яка арматура застосовується на напірному трубопроводі?
- 3.4.1.5. Як кріпляться труби в стволі?
- 3.4.1.6. Який оптимальний діаметр труби, якщо продуктивність $Q = 300 \text{ м}^3/\text{год}$?
1. 0,28 м, 2. 0,198 м, 3. 0,09 м.
- 3.4.1.7. Як визначаються втрати напору?
- 3.4.1.8. Як визначається товщина стінки труби?

Тема 3.5. Вимірювальні прилади для контролю роботи насосних установок

План:

- 3.5.1. Прилади для вимірювання напору.
- 3.5.2. Прилади для вимірювання подачі.
- 3.5.1. Вимірювання тиску проводять пружинними манометрами (рис. 54), які встановлюють на напірному патрубку насоса. Вони складаються з овальної латунної трубки 1, один кінець якої запаяний і з'єднаний за допомогою сектора і шестірні зі стрілкою 2. Другий кінець відкритий і підключається до трубопроводу.

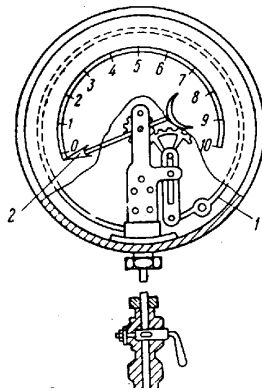


Рис. 54. Манометр.

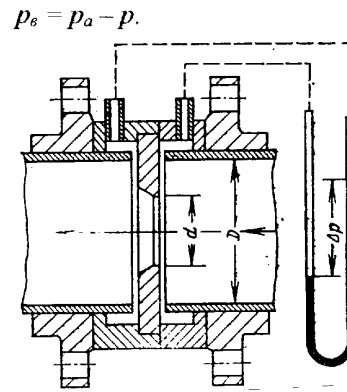


Рис. 55. Дифманометр з діафрагмою.

Манометр показує надлишковий (манометричний) тиск

$$p_m = p - p_a. \quad (50)$$

Для отримання абсолютного тиску p необхідно до манометричного додати атмосферний тиск p_a .

Вакуумметр, який вимірює розрідження (вакуум) p_v аналогічний по конструкції манометру і встановлюється на підвідному патрубку насоса

$$p_v = p_a - p. \quad (51)$$

3.5.2. Вимірювання подачі насоса проводять за допомогою механічних водомірів, а також витратомірів (дифманометрів) із застосуванням дросельних пристроїв (діафрагм).

В механічних водоміра застосовується принцип вимірювання кількості рідини за допомогою вертушки, яка з'єднана зі стрілками. Швидкість знаходять ділячи виміряну величину на час, протягом якого проводилося вимірювання.

Дифманометр (рис. 55) має діафрагму, яка являє собою тонкий диск з отвором. Принцип вимірювання базується на пропорційному співвідношенні між швидкістю і перепадом тиску, який вимірюється дифманометром.

Подача насоса ($\text{м}^3/\text{с}$) вимірюється за формулою

$$Q = \alpha A_o \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}}, \quad (52)$$

де α - коефіцієнт, що залежить від співвідношення d/D , приймається за таблицями; Δp - перепад тиску, Па; ρ - густина рідини, $\text{кг}/\text{м}^3$; $A_o = \frac{\pi d^2}{4}$ - площа отвору діафрагми, м^2 .

Контрольні питання до теми 3.5:

3.5.1. Будова манометра.

3.5.2. Якими приладами вимірюють подачу?

Тема 3.6. Електрообладнання водовідливних установок

План:

3.6.1. Умови роботи і основні типи двигунів для водовідливних установок.

3.6.2. Вибір електродвигуна і визначення витрати електроенергії.

3.6.3. Апаратура управління і автоматизації.

3.6.1. Насоси головного водовідливу працюють в досить сприятливих умовах. Їх встановлюють на в добре обладнаних камерах, на бетонних фундаментах, що забезпечує хорошу якість монтажу і стійкість насосного агрегату.

Для приводу насосів застосовують асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором напругою до 1000 В і більше. Конструкція двигунів повинна передбачати захист від попадання води, вологостійку ізоляцію обмоток і задовольняти умовам безпеки по відношенню вибуху рудникового газу і пилюки.

Для потужності до 200 кВт застосовують електродвигуни серії АО, 4А, ВР до 1 кВ; більше 200 кВт – А, АЗ, АКЗ, АП, ВАО, “Україна” напругою 6 кВ.

Найбільше розповсюдження отримали електродвигуни типу “Україна” (табл. 6) це асинхронні трьохфазні двигуни з короткозамкненим ротором, у виконанні РВ, призначені для роботи в стаціонарних підземних умовах при температурі від 2 до 40 °С, нереверсивні.

3.6.2. Вибір електродвигуна проводять по необхідній потужності

$$N = k \frac{Q \cdot H \cdot \rho \cdot g}{1000 \cdot \eta_n \cdot 3600} \text{ (кВт);} \quad (53)$$

де k – коефіцієнт запасу потужності, при $Q < 100 \text{ м}^3/\text{год}$ $k = 1,2 \dots 1,3$, при $Q > 100 \text{ м}^3/\text{год}$, $k = 1,1 \dots 1,15$, η_n – К. К. Д. насоса, Q , H – відповідно подача і напір насоса, $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ – густина води, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

Річна витрата електроенергії

$$W_p = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot H}{1000 \cdot \eta_n \cdot \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{м}}} (n_{\text{н.дн}} n_{\text{н.год}} + n_{\text{тах.дн}} n_{\text{тах.год}}), \quad (54)$$

де $\eta_{\text{дв}}$, $\eta_{\text{м}}$ – К. К. Д. електродвигуна і електромережі; $n_{\text{н.дн}}$, $n_{\text{тах.дн}}$ – кількість днів нормального і максимального притоку; $n_{\text{н.год}}$, $n_{\text{тах.год}}$ – кількість годин нормального і максимального притоку.

Електродвигуни типу “Україна”

Таблиця 6

№ п/п	Електродвигун	Р, кВт	n, об/хв	I _н , А	η, %	cos φ	I _п /I _н
1.	“Україна” – 450М2У5	200	2950	23,5	93,5	0,88	6
2.	“Україна” – 450 2У5	250	2950	29,5	93	0,88	6,5
3.	“Україна” – 500М2У5	320	2970	37	93,5	0,88	6,5
4.	“Україна” – 500 2У5	400	2950	46	94	0,88	6,5
5.	“Україна” – 450М4У5	200	1485	24,5	93	0,84	6
6.	“Україна” – 450 4У5	250	1450	30,5	93,5	0,84	6
7.	“Україна” – 500 4У5	320	1485	38,5	94,4	0,84	6
8.	“Україна” – 500 4У5	400	1485	47	94,5	0,85	6
9.	“Україна” – 560М2У5	500	2950	57,5	94	0,88	6,5
10.	“Україна” – 560 2У5	630	2970	72	94	0,89	6,5
11.	“Україна” – 560М4У5	500	1485	58,5	94,6	0,86	6
12.	“Україна” – 560 4У5	630	1485	73	94,7	0,87	6
13.	“Україна” – 630М4У5	800	1485	92	95	0,87	6,5
14.	“Україна” – 630 4У5	1000	1485	114	95,2	0,87	6,5
15.	“Україна” – 710М4У5	1250	1485	140	95,3	0,87	6

5.6.3. Схеми управління водовідливними установками передбачають місцеве, напівавтоматичне і автоматичне управління.

Схеми автоматичного управління передбачають:

заливку насоса і підвідного трубопроводу і пуск двигуна при досягненні водою в водозбірнику заданого рівня;

пуск резервного насоса при підвищенні рівня води в водозбірнику до аварійного;

відключення двигунів при зниженні рівня води в водозбірнику до заданого;

відключення несправного і включення резервного;

контроль подачі, нагріву підшипників і електродвигунів;

захист від пуску не залитого насоса, електричний захист.

Існує два способи пуску:

для закритого засуві на напірному трубопроводі (засув відкривається після закінчення розгону двигуна;

при відкритому засуві на напірному трубопроводі.

Переваги першого способу – плавне підвищення швидкості, виключена можливість гідравлічного удару, невеликий час пуску.

Другий спосіб застосовують в установках середньої і малої подачі. Переваги цього способу – швидкий запуск і нескладна схема автоматизації.

Гідравлічна схема автоматизації передбачає наступні варіанти:
постійно заповнений водою, постійно готовий до роботи насос;
заповнення насоса і підвідного трубопроводу перед пуском;
застосування насосів, які працюють з підпором.

Контрольні питання до теми 3.6:

3.6.1. Визначити потужність двигуна насоса для подачі води в кількості $Q = 300 \text{ м}^3/\text{год}$, на висоту $H = 600 \text{ м}$, прийняти $g = 10 \text{ м/с}^2$, $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

1. 300 кВт; 2. 550 кВт; 3. 1100 кВт.

Що повинна забезпечувати схема автоматизації?

Тема 3.7. Ремонт і експлуатація водовідливних установок

План:

3.7.1. Експлуатація водовідливних установок.

3.7.2. Ремонт водовідливних установок.

3.7.1. Водовідливна установка відноситься до служби головного механіка шахти і обслуговується машиністами, що пройшли спеціальний курс навчання. В роботі машиніст керується інструкцією, в якій вказані його обов'язки. Під час роботи машиніст повинен звертати увагу на наступне: кількість води, що витікає з трубки розвантажувального пристрою, не повинна перевищувати 3...6% від нормальної подачі, а її підігрів не більше 2°C ; температура підшипників не повинна перевищувати 80°C ; коливання стрілок манометра і вакуумметра можуть бути викликані явищами кавітації через перевищення допустимої висоти всмоктування і засмічення приймальної сітки, а також підсмоктуванням повітря через нещільності.

На головних водовідливних установках необхідно вести "Книгу огляду і обліку роботи водовідливної установки".

Для очистки труб необхідно періодично спускати воду із ставу і промивати зверху струменем води під тиском. Застосовують також кульки-їжаки або спеціальні снаряди, які переміщують разом з водою. Ефективним є використання канатів з підвішеними кульками, який переміщається за допомогою лебідки.

Один раз в рік роблять хімічний аналіз води і її притік. Степінь насичення солями кальцію і магнію вимірюється в градусах жорсткості. Один градус жорсткості відповідає вмісту 10 мг окису кальцію або 14 мг окису магнію в 1 л води. Вода до 10° жорсткості називається м'якою, а вище – жорсткою.

Хімічні властивості води оцінюються показником рН. Вода рахується слабо кислою при $\text{pH} = 5...7$, сильно кислою при $\text{pH} < 5$, слабо лужною при $\text{pH} = 8...10$ і сильно лужною при $\text{pH} > 10$.

Для очистки жорсткої води перед постуванням її в насос додають вапняне молоко. Кислота може бути нейтралізована вапном, вапняним молоком чи каустичною содою.

3.7.2. Планово-попереджувальний ремонт водовідливної установки встановлюється в проведенні поточного і капітального ремонтів. Об'єм робіт встановлюється по результатах оглядів, які проводяться щоденно обслуговуючим персоналом і щотижня – головним механіком. Виявлені дефекти записують в "Книзі огляду і обліку роботи водовідливних установок".

Під час поточного ремонту проводять: зовнішній огляд, підтяжку послаблених кріплень, усунення дрібних дефектів, зміну набивки всіх сальників, промивку підшипників, огляд електричної і контрольно-вимірювальної апаратури, огляд всіх кранів, болтів і гумових втулок з'єднуючих муфт, розбирання двигуна і очистка статора і ротора від пилуки.

Під час капітального ремонту проводяться всі операції поточного ремонту, крім цього проводять: очистку від осаду робочих коліс, направляючих апаратів, корпусу і вала насоса, заміна зношених деталей, після збирання насоса – перевірка правильності роботи на протязі 2...4 год.

Поточний ремонт проводять бригадою слюсарів електромеханічної служби шахти, а капітальний – ремонтними заводами.

Під час випробування водовідливної установки досліджують основні параметри: подачу насоса, висоту всмоктування, напір, потужність, К. К. Д., частоту обертання вала, температуру підшипників, характеристику відцентрового насоса.

Контрольні питання до теми 3.7:

3.7.1. Що входить в обов'язки машиніста водовідливних установок?

3.7.2. Які роботи проводять при поточному і капітальному ремонті водовідливних установок?

Тема 3.8. Проектування водовідливних установок

План:

3.8.1. Вихідні дані при розрахунку.

3.8.2. Розрахунок водовідливної установки.

3.8.1. Вихідними даними для розрахунку водовідливної установки являються нормальний $Q_{н.п.}$ і максимальний $Q_{м.п.}$ притік води; геометричний напір H_r і фізико-хімічні властивості води.

3.8.2. Для розрахунку водовідливної установки вибирають насос по розрахунковій подачі

$$Q = \frac{24 \cdot Q_{н.п.}}{20} \quad (55)$$

Визначають необхідну кількість робочих коліс

$$Z_k = \frac{11 \cdot H_z}{H_k}, \quad (56)$$

де H_k – напір, який створює одне робоче колесо.

Напір для нульової подачі

$$H_0 = Z_k \cdot H_{к.о.}, \quad (57)$$

де $H_{к.о.}$ – напір одного колеса для нульової подачі.

Далі проводять перевірку по умові стійкої роботи

$$H_r \leq 0,95 \cdot H_0. \quad (58)$$

Визначають оптимальний діаметр трубопроводу по формулі (43) і приймають діаметра напірного і підвідного трубопроводу по ГОСТу 8732-78. Товщину стінки визначають за формулою (49), За формулою (44) визначають втрати напору по довжині, по формулі (46) – місцеві по формулі (47) – сумарні. Характеристику зовнішньої мережі будують згідно рівняння

$$H = H_r + R \cdot Q^2, \quad (55)$$

де $R = \frac{\Sigma h}{Q^2}$ - стала зовнішньої мережі.

На характеристику зовнішньої мережі накладають характеристику насоса. Точка перетину цих характеристик являється робочим режимом насоса. Для цієї точки встановлюють подачу, напір, К. К. Д. і допустиму висоту всмоктування.

За формулою (53) визначають потужність двигуна і вибирають найближчий за таблицею 6. За формулою (54) визначають витрату електроенергії.

К. К. Д. насосної установки визначають за формулою

$$\eta_y = \eta \cdot \eta_d \cdot \eta_t, \quad (56)$$

де η - К. К. Д. насоса, η_d – К. К. Д. двигуна, η_t – К. К. Д. трубопроводу.

Розміри водозбірника і насосної камери встановлюють у відповідності з вказівками п. 3.3.3.

Контрольні питання до теми 3.8:

3.8.1. Вихідні дані для розрахунку водовідливних установок.

3.8.2. Порядок розрахунку водовідливної установки.