



Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет

5294 Методичні вказівки
до практичної роботи на тему
«Розрахунок параметрів гідравлічного тарана»
з дисципліни **«Спеціальні гідромашини»**
для студентів спеціальності
131 *«Прикладна механіка»*
(освітня програма «Гідравлічні машини, гідроприводи
та гідропневмоавтоматика»)
усіх форм навчання

Суми
Сумський державний університет
2022

Методичні вказівки до практичної роботи «Розрахунок параметрів гідротарана» з дисципліни «Спеціальні гідромашини» / укладачі: В. О. Панченко, О. В. Івченко. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 20 с.

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки

Зміст

	С.
Вступ	4
1 Водне джерело – канал, річка, водосховище	4
2 Попередні обстеження	5
3 Опис конструкції гідротарана	6
4 Методика гідравлічного розрахунку.....	9
5 Приклад гідравлічного розрахунку гідротарана, установленого на водовипуску з басейну	13
Список літератури	19

Вступ

Гідравлічний таран – це водяний насос, який використовує енергію гідравлічного удару в короткому трубопроводі для підймання води.

Перші досліди з гідравлічним ударом проводили брати Монгольф'єр у 1793 році у Франції. Ідея виникла під час проведення досліду зі скляною трубкою U-подібної форми, один кінець якої був з'єднаний із посудиною, наповненою водою, а інший – з атмосферою. У місці згинання є отвір, через який виходила вода. Під час різкого закриття отвору рівень у другому кінці трубки зі стрибком підіймався вище від рівня в посудині, тобто кінетична енергія рухомого потоку за амплітудою короткочасно перевищувала амплітуду потенційної енергії.

Якщо замкнути трубу заповнити водою, розмістити горизонтально, надати прискорення, а потім зупинити миттєвим ударом об перепону, то імпульс маси води в десятки разів перевищить ту силу, яка надала прискорення. Такий пристрій використовували вояки під час облоги фортець і міст, які мали стіни і міцні ворота. Так з'явилася назва «гідравлічний таран» – механізм, який використовує силу гідравлічного удару.

1 Водне джерело – канал, річка, водосховище

Водні джерела можна класифікувати:

- за типом поперечного перерізу – прямокутний, трапецеїдальний, параболический, радіальний або довільної форми;
- нахилом дна – з малим, великим, з рівномірним і нерівномірним нахилом;
- розрізом поздовжнього перерізу – з перепадом, з колодязем, з підпірною спорудою і скидом. Підпорні споруди, зі свого боку, можуть бути щитовими і водозливними;
- за розміщенням траси ділянки каналу – у виїмці, у насипу, піввиїмці-півнасипу;
- матеріалом водопровідного русла – земляні, гравійно-галечникові, кам'яні, бетонні, сталеві, комбіновані;

– енергетичним станом потоку – спокійні, бурхливі і надбурхливі.

Водосховища можуть бути з водовипуском відкритого типу, з трубчастим переїздом, водозливом і шатного типу.

Водяне джерело може працювати впродовж сезону з повним перерізом, неповним перерізом і з малою глибиною. Канали можуть мати як однобічне, так і двобічне розміщення водовипусків щодо поздовжньої осі каналу.

2 Попередні обстеження

До початку будівельних і монтажних робіт проводять обстеження об'єкта, на якому буде встановлено гідравлічний таран.

Важливим показником можливості застосування гідротарана є нахил місцевості i

$$i = \frac{H_2 - H_1}{l}, \quad (1)$$

де $H_2 - H_1 = \Delta H$ – висота падіння (різниця вертикальних відміток), м;

H_1 – нижня відмітка;

H_2 – верхня відмітка;

l – відстань по горизонталі між двома вимірюваними точками, м.

Конкретну прив'язку до місцевості гідравлічного тарана виконують безпосередньо на місці. З допомогою геодезичних приладів визначають:

- нахил дна і поверхні води водного джерела (i);
- мінімальну та максимальну витрату води у джерелі (Q , л/с);
- наявність різких перепадів траси джерела;
- наявність гідротехнічних споруд;
- максимальну відмітку точки споживання води (h , м);
- відстань до точки споживання води (l , м).

Після оброблення матеріалів пошукових робіт розробляють проєкт, у якому проводять гідравлічні розрахунки, розрахунки гідротарана, розрахунки гідравлічних втрат на тертя, вибирають діаметр відвідного трубопроводу, розробляють конструкцію гідротехнічної споруди.

У даних методичних вказівках розглянуті дві модифікації гідравлічного тарана:

- перша – спрощена з одним ударним і одним нагнітальним клапаном (згідно з патентом на винахід KG № 417);

- друга – з додатковим зворотним клапаном на вході (згідно з патентом на винахід KG № 521 і Євразійського патенту № 003722).

Першу модифікацію застосовують за достатньо високих робочих напорів, а другу – за недостатнього робочого напору, але необхідності створення високого тиску у відвідному нагнітальному трубопроводі. Друга конструкція забезпечує витрату на 45 % вищу, ніж перша, але її вартість зростає у приблизно такому самому відношенні.

3 Опис конструкції гідротарана

На рисунку 1 зображено поздовжній переріз і загальний вигляд у плані гідротарана, встановленого на водному джерелі 1, перегородженому перемичкою 2.

Гідравлічний таран складається з живлячого трубопроводу 3, у кінцевій частині якого розміщена ударна камера круглого поперечного перерізу 4. Усередині камери на виході встановлений армований еластичний у формі еліпсу ударний клапан 5, який перекриває водовипускний отвір 6. Клапан у момент закриття стикається з нахиленим опорним сидлом 7. У верхній частині камери 4 встановлений патрубок 8, який жорстко закріплений у пласкому опорному сидлі 9 з отвором, яке зверху перекриває армований еластичний клапан 10, розміщений усередині повітряного ковпака 11, приєднаного до нагнітального трубопроводу 12. На вході живлячого

трубопроводу 3 розміщене опорне сидло 13 зі зворотним клапаном 14 і регульованим обмежувачем відкриття 15.

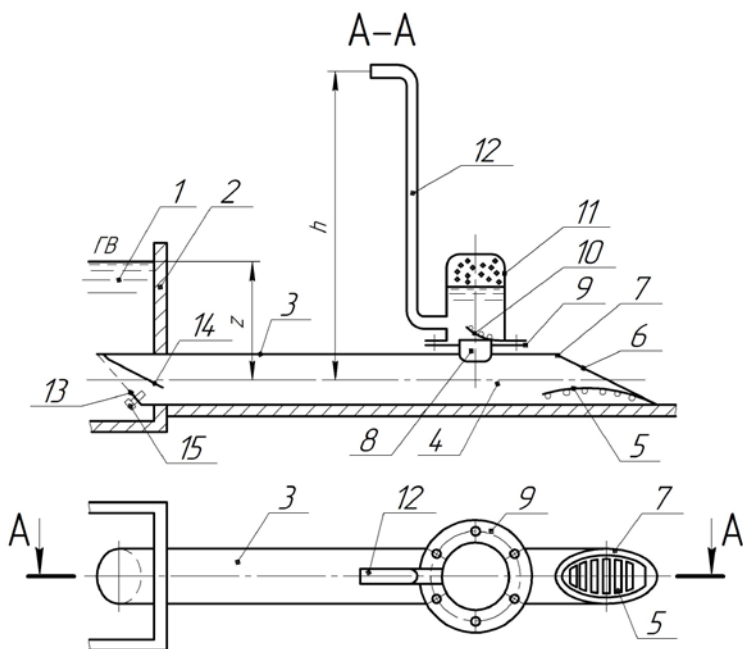


Рисунок 1 – Поздовжній розріз гідротарана

Пристрій працює в такий спосіб. Перемичка 2, установлена на водяному джерелі 1, створює між рівнем верхнього і нижнього б'єфів гідравлічний перепад (робочий напір) H . Під дією цього перепаду відкривається зворотний клапан 14 і вода надходить у живлячий трубопровід 3, камеру 4 і через водопропускне вікно 6 опорного сидла 7 далі в нижній б'єф. Водночас ударний клапан 5 опущений униз і спирається армованими пластинами на нижню циліндричну поверхню камери, утворюючи по лінії поздовжнього перерізу сферичний контур. Потік, отримуючи прискорення, вільно, без опору, рухається всередині камери 4. Контактуючи із клапаном 5, потік на верхній його поверхні створює розрідження, тобто ефект ежекції, спричиняючи підняття клапана і миттєве його закриття.

Потік зупиняється, спричиняючи гідравлічне явище, – прямий гідравлічний удар у живлячому трубопроводі 3, створюючи надлишковий тиск. Частина потоку через патрубок 8 безперешкодно спрямовується до отвору опорного сідла 9, відкриваючи нагнітальний клапан 10 і надходить у повітряний ковпак 11, стискаючи повітря у верхній частині ковпака. Одночасно ударна хвиля розповсюджується до вхідної частини живлячого трубопроводу 3 і, впливаючи на зворотний клапан 14, закриває його, знижуючи викидання води назад у джерело води, і одразу ж відбивається. Після прямого гідравлічного удару, згідно із законом гідравліки, відбувається падіння тиску («відкат») у живлячому трубопроводі 3 і камері 4, унаслідок чого ударний клапан 5 відходить від опорного сідла 7 і лягає на нижню частину циліндричної поверхні камери 4, а нагнітальний клапан 10 закривається. Порція води у повітряному ковпаку потрапляє в «пастку», оскільки нагнітальний клапан 10 унеможливує зворотний рух води в камеру 4. Стиснуте повітря у ковпаку 11 розширюється і витискує по нагнітальному трубопроводу 12 воду угору.

Далі цикл повторюється за принципом – «розгін – нагнітання – відкат», тобто потік води знову проходить через зворотний клапан 14, розганяється, закриває ударний клапан 5, відбувається гідравлічний удар, тиск у камері 4 і живлячому трубопроводі 3 підвищується у 30–40 разів порівняно з робочим напором H , зворотний клапан 14 стримує викид води у верхній б'єф, посилює тиск і потужність нагнітання води в повітряний ковпак 11. Потім тиск падає, нагнітальний клапан закривається, повітря в ковпаку розширюється і нагнітає воду нагору. Якщо труба 3 коротка і фаза ударної хвилі менша за час падіння ударного клапана 5, то за допомогою регульованого обмежувача 15 досягають часткового скидання ударної хвилі рівно настільки, щоб розгін не попереджав повне відкриття клапана 5. На ударному клапані 5 установлений регульовальний болт, який слугує для налаштування величини ходу клапана.

4 Методика гідравлічного розрахунку

Вихідні дані:

H – робочий напір – різниця рівнів води верхнього та нижнього б'єфів у разі затопленого витікання (витікання під рівень рідини) або різниця рівнів верхнього б'єфу з центром живлячої труби на виході в разі вільного витікання, м;

D – зовнішній діаметр живлячої труби гідронасоса, м;

d – внутрішній діаметр живлячої труби гідронасоса, м.

Порядок розрахунку

1. Визначити площу поперечного перерізу живлячої труби, м^2

$$S = \frac{\pi d^2}{4}. \quad (2)$$

2. Визначити витрату води живлячої труби гідронасоса

$$Q = \mu S \sqrt{2gH}, \quad (3)$$

де μ – коефіцієнт витрати.

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \zeta + \lambda \frac{l}{D}}}, \quad (4)$$

де $\sum \zeta = \zeta_{\text{вх}} + \zeta_{\text{кл}}$ – сума місцевих втрат на вході ударної труби і на виході в ударному клапані гідросистеми;

λ – коефіцієнт опору по довжині (у першому наближенні можна взяти $\lambda = 0,025$).

Згідно з довідковою літературою беремо:

$\zeta_{\text{вх}} = 1,06$ – з урахуванням наявності решітки для утримування сміття;

$\zeta_{\text{кл}} = 9,55$ – як для випадку раптового звуження в перерізі опорного сидла.

3. Процес розрахунку гідротарана складається з чотирьох циклів: часу розгону потоку, часу закриття клапана, часу нагнітання і часу відкриття клапана.

3.1. Час розгону потоку, с

$$t_p = \frac{Q \cdot l}{g \cdot H \cdot S}. \quad (5)$$

3.2. Час закриття клапана t_3 залежить від швидкості потоку води V у трубі і ходу клапана a .

Швидкість потоку води, м/с

$$V = \frac{Q}{S}. \quad (6)$$

Час закриття, с

$$t_3 = \frac{a}{V}. \quad (7)$$

3.3. Час нагнітання (фаза гідроудару)

$$\tau = 2 \frac{l}{C}, \quad (8)$$

де l – довжина ударної труби;

C – швидкість поширення ударної хвилі у трубі, м/с.

$$C = \frac{C_p}{\sqrt{1 + \frac{\varepsilon}{E} \psi}}, \quad (9)$$

де C_p – швидкість поширення звуку в рідині (для води $C_p = 1425$ м/с);

ε – модуль об'ємної пружності рідини (для холодної води $\varepsilon = 2,1 \cdot 10^4$ кгс/см²);

E – модуль пружності матеріалу стінок трубопроводу (для сталі $E = 2,1 \cdot 10^6$ кгс/см²);

ψ – безрозмірний коефіцієнт, який враховує деформованість стінок водоводу.

Для тонкостінного, однорідного трубопроводу

$$\psi = \frac{D}{\delta}, \quad (10)$$

де D – зовнішній діаметр живлячої труби, мм;

δ – товщина сталевих стінок ударної труби, мм.

У спрощеному вигляді формула (9) набуває вигляду

$$C = \frac{C_p}{\sqrt{1 + 0,01 \frac{D}{\delta}}}. \quad (11)$$

3.4. Час відкривання клапана, с

$$t_{\text{від}} = \sqrt{\frac{2a}{g}}, \quad (12)$$

де a – величина переміщення (ходу) ударного клапана.

Час повного циклу визначають як суму часу розгону, часу закриття ударного клапана, фази гідроудару і часу відкату

$$T = t_p + t_3 + \tau + t_{\text{від}}. \quad (13)$$

4. Імпульс підвищення тиску в момент гідравлічного удару за формулою Богомоллова, кг/м²

$$p = \rho_6 \cdot C \cdot V \frac{\tau}{t_3}, \quad (14)$$

де ρ_6 – густина води, кг/м³.

5. Площа живого перерізу отвору нагнітального клапану, м²

$$S = \frac{\pi d_\kappa^2}{4}, \quad (15)$$

де d_κ – діаметр отвору верхнього опорного сідла нагнітального клапана.

6. Об'єм порції води, яка викидається в повітряний ковпак через отвір нагнітального клапана за один гідравлічний удар, м³

$$W = \mu_1 \cdot S \cdot \tau \sqrt{2g(\Delta H - H_z)}, \quad (16)$$

де $\mu_1 = 0,6$ – для випадку витікання через отвір d із тонкою кромкою;

H_z – геодезична висота підйому води, м.

7. Витрата води в повітряний ковпак гідротарана, м³/с

$$q = \frac{W}{T}. \quad (17)$$

8. Частота ударів за хвилину, удар./хв

$$n = \frac{60}{T}. \quad (18)$$

9. Гідравлічні втрати напору на тертя по довжині напірного трубопроводу як за ламінарного, так і за турбулентного режиму течії у трубах круглого перетину за формулою Дарсі – Вейсбаха, м

$$H_{mp} = \lambda \frac{l_m}{D_m} \cdot \frac{V^2}{2g}, \quad (19)$$

де λ – коефіцієнт опору по довжині;

l_m – довжина ділянки труби, м;

D_m – діаметр нагнітальної труби, м;

V – середня швидкість течії, м/с;

g – прискорення вільного падіння, м/с².

Коефіцієнт опору по довжині за формулою Альтшуля

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta_E}{D_m} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}, \quad (20)$$

де Δ_E – абсолютна шорсткість стінки трубопроводу, м;

Re – безрозмірне число Рейнольдса.

Число Рейнольдса для труб круглого перерізу

$$\text{Re} = \frac{Vd}{\nu}, \quad (21)$$

де ν – кінематична в'язкість (для води за температури +10 °С кінематична в'язкість $\nu = 1,31 \cdot 10^{-6}$ м²/с).

10. Необхідна висота підйому

$$H_u = H_z + H_{mp}. \quad (22)$$

11. За допомогою отриманого значення H можна знайти об'єм викиду в ковпак за формулою (16) та величину подачі води на задану висоту з урахуванням гідравлічних втрат на тертя в нагнітальному трубопроводі за формулою (17).

5 Приклад гідравлічного розрахунку гідротарана, встановленого на водовипуску з басейну

Водовипуск (рис. 2) складається з головного шандору (затвору) 1, водобійного колодязя 2, сталевого трубчастого переїзду 3, колодязя для гасіння 5 із другим шандором 4.

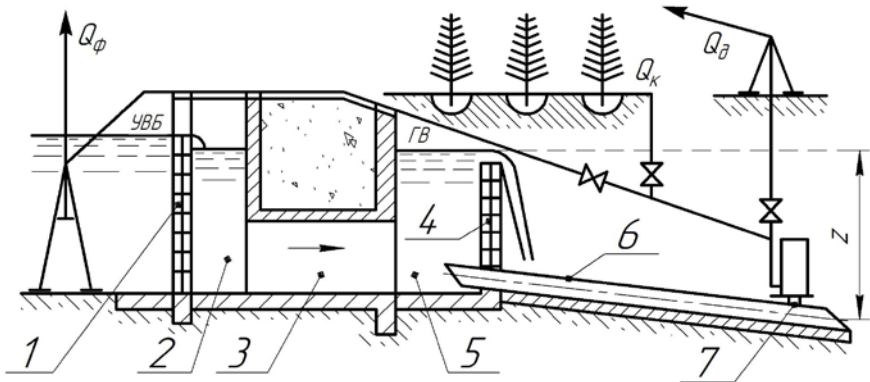


Рисунок 2 – Розрахункова схема установки гідротарана ГТ-200 на водовипуску з басейна:

Q_ϕ – витрата води фонтану; Q_κ – витрата води на краплинне зрошення; Q_δ – витрата води дощувальних насадків

Гідротаран встановлюють на другому шандорі водовипуску басейну в такий спосіб, що оголовок розміщений перед шандором 4, а живлячий трубопровід 6 і корпус гідротарана 7 закріплені на дні відповідного каналу.

Вихідні дані:

- перепад рівнів води (робочий напір) $H = 1,5$ м;
- висота першого водопідйому $h_1 = 4$ м;
- висота другого водопідйому $h_2 = 10$ м;

– довжина живлячої труби $L = 10$ м (труба сталеві із зовнішнім діаметром $D = 219$ мм, товщиною стінки $\delta = 8$ мм).

Перша висота підйому (4 м) необхідна для поливу саджанців методом крапельного зрошення, а друга (10 м) – для забезпечення роботи дощувальних насадків і фонтану під тиском в одну атмосферу.

Розрахунок

1. Розраховуємо площу поперечного перерізу трубопроводу

$$S = \frac{\pi(D - 2\delta)^2}{4} = \frac{3,14(0,219 - 2 \cdot 0,008)^2}{4} = 0,0323 \text{ м}^2.$$

2. Усталена максимальна витрата

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gz},$$

де μ – коефіцієнт витрати, який розраховують з урахуванням усіх опорів (місцевих і по довжині).

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \zeta + \lambda \frac{l}{D}}},$$

де $\zeta_{\text{вх}} = 1,06$ – коефіцієнт опору на вході;

$\zeta_{\text{кл}} = 9,55$ – коефіцієнт опору в опорному сидлі ударного клапану.

Відносна шорсткість стінок труби

$$\frac{d}{\Delta_E} = \frac{205}{0,05} = 4100.$$

У першому наближенні для розрахунку числа Рейнольдса визначають максимальну швидкість води в живлячій трубі

$$V = \mu \sqrt{2gz} = 0,62 \sqrt{19,62 \cdot 1,5} = 2,64 \text{ м/с}.$$

Тоді число Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{Vd}{\nu} = \frac{2,64 \cdot 0,205}{1,01 \cdot 10^{-6}} = 1101263.$$

Значення коефіцієнта Дарсі залежно від числа Рейнольдса $\lambda = 0,025$.

Тоді коефіцієнт витрати

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + (1,06 + 9,55) + 0,025 \frac{10}{0,203}}} = 0,279.$$

Максимальна витрата води живлячого трубопроводу за $Z = 1,5$ м

$$Q_{\text{макс}} = 0,279 \cdot 0,032 \sqrt{19,62 \cdot 1,5} = 0,048 \text{ м}^3/\text{с}.$$

3. Максимальна швидкість рідини

$$V = \frac{Q}{\omega} = \frac{0,048}{0,032} = 1,51 \text{ м/с}.$$

4. Час розгону потоку за максимальної витрати

$$t_p = \frac{Ql}{gz\omega} = \frac{0,048 \cdot 10}{9,81 \cdot 1,5 \cdot 0,032} = 1,019 \text{ с}.$$

З досвіду експлуатації гідротарана відомо, що його водоспоживання і продуктивність залежать від налаштування ударного клапана, яку виконують спеціальним регулювальним болтом. Режим задають декількома величинами витрати води у відсотках від максимального.

При $Q = 100\%$ – $t_p = 1,019$ с.

При $Q = 50\%$ – $t_p = 0,509$ с.

При $Q = 25\%$ – $t_p = 0,255$ с.

Швидкість руху потоку.

При $Q = 100\%$ – $V = 1,51$ м/с.

При $Q = 50\%$ – $V = 0,755$ м/с.

При $Q = 25\%$ – $V = 0,377$ м/с.

5. Визначити швидкість поширення ударної хвилі

$$C = \frac{C_p}{\sqrt{1 + \frac{\varepsilon}{E} \cdot \frac{D}{\delta}}} = \frac{1425}{\sqrt{1 + \frac{2,1 \cdot 10^4}{2,1 \cdot 10^6} \cdot \frac{219}{8}}} = 1\,263,3 \text{ м/с}.$$

6. Фаза удару (час дії гідравлічного удару)

$$\tau = \frac{2l}{C} = \frac{2 \cdot 10}{1263,3} = 0,0158 \text{ с.}$$

7. Час закриття ударного клапана

$$t_3 = \frac{a}{V},$$

де $a = 0,203$ м – максимальний хід ударного клапана (відстань між центром клапана і опорним сидлом).

При $Q = 100\%$:

$$V = 1,51 \text{ м/с, } a = 0,203 \text{ м, } t_3 = \frac{0,203}{1,51} = 0,134 \text{ с.}$$

При $Q = 50\%$:

$$V = 0,755 \text{ м/с, } a = 0,1015 \text{ м, } t_3 = \frac{0,1015}{0,755} = 0,134 \text{ с.}$$

При $Q = 25\%$:

$$V = 0,377 \text{ м/с, } a = 0,051 \text{ м, } t_3 = \frac{0,051}{0,377} = 0,134 \text{ с.}$$

Як можна бачити, за різних параметрів налаштування ударного клапана час його закриття однаковий.

8. Визначити час відкриття ударного клапана (час відкату)

$$\text{При } Q = 100\% - t_{\text{відкр}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,203}{9,81}} = 0,203 \text{ с.}$$

$$\text{При } Q = 50\% - t_{\text{відкр}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,101}{9,81}} = 0,14 \text{ с.}$$

$$\text{При } Q = 25\% - t_{\text{відкр}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,051}{9,81}} = 0,1 \text{ с.}$$

9. Визначити час повного циклу як суму усіх часових параметрів.

$$\text{При } Q = 100\% - T = 1,01 + 0,0158 + 0,134 + 0,203 = 1,363 \text{ с.}$$

$$\text{При } Q = 50\% - T = 0,51 + 0,0158 + 0,134 + 0,14 = 0,799 \text{ с.}$$

$$\text{При } Q = 25\% - T = 0,025 + 0,0158 + 0,134 + 0,1 = 0,275 \text{ с.}$$

10. Частота ударів у хвилину.

$$\text{При } Q = 100 \% - n = \frac{60}{1,363} = 44,02 \text{ уд./хв.}$$

$$\text{При } Q = 50 \% - n = \frac{60}{0,799} = 75,1 \text{ уд./хв.}$$

$$\text{При } Q = 25 \% - n = \frac{60}{0,275} = 218 \text{ уд./хв.}$$

11. Тиск у момент гідроудару.

$$\begin{aligned} \text{При } Q = 100 \% - p &= 101,9 \cdot 1,51 \cdot 1263,3 \frac{0,0158}{0,134} = \\ &= 22\,919,7 \text{ кг/м}^2, \text{ або } 2,29 \text{ кг/см}^2. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{При } Q = 50 \% - p &= 101,9 \cdot 0,75 \cdot 1263,3 \frac{0,0158}{0,134} = \\ &= 11\,384 \text{ кг/м}^2, \text{ або } 1,14 \text{ кг/см}^2. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{При } Q = 25 \% - p &= 101,9 \cdot 0,377 \cdot 1\,263,3 \frac{0,0158}{0,134} = \\ &= 5\,722,3 \text{ кг/м}^2, \text{ або } 0,572 \text{ кг/см}^2. \end{aligned}$$

Отриманим тискам відповідають висоти водяного стовпа

$$H_1 = 22,9 \text{ м}, H_2 = 11,4 \text{ м}, H_3 = 5,72 \text{ м}.$$

12. За діаметра отвору нагнітального клапана $d = 0,130 \text{ м}$, площа його перерізу становить $\omega = 0,0133 \text{ м}^2$. Визначити об'єм викиду води в повітряний ковпак під час підйому на висоту $H = 4 \text{ м}$ за один гідравлічний удар і витрату води.

При $Q = 100 \% :$

$$W_1 = 0,62 \cdot 0,0133 \sqrt{19,62 \cdot (22,9 - 4)} \cdot 0,0158 = 0,0025 \text{ м}^3 = 2,5 \text{ л},$$

$$q_1 = \frac{2,5}{1,363} = 1,83 \text{ л/с}.$$

При $Q = 50 \% :$

$$\begin{aligned} W_1 &= 0,62 \cdot 0,0133 \sqrt{19,62 \cdot (11,4 - 4)} \cdot 0,0158 = 0,00157 \text{ м}^3 = \\ &= 1,57 \text{ л}, \end{aligned}$$

$$q_1 = \frac{1,57}{0,799} = 1,96 \text{ л/с.}$$

При $Q = 25 \%$:

$$W_1 = 0,62 \cdot 0,0133 \sqrt{19,62 \cdot (5,72 - 4)} \cdot 0,0158 = 0,0007 \text{ м}^3 = 0,7 \text{ л,}$$

$$q_1 = \frac{0,7}{0,275} = 2,54 \text{ л/с.}$$

13. Об'єм і витрата викиду води в ковпак за один удар під час підйому на висоту $h = 10$ м для роботи дощувальних насадок і фонтану.

При $Q = 100 \%$:

$$W_1 = 0,62 \cdot 0,0133 \sqrt{19,62 \cdot (22,9 - 10)} \cdot 0,0158 = 0,0021 \text{ м}^3 =$$

$$= 2,21 \text{ л,}$$

$$q_1 = \frac{2,21}{1,363} = 1,62 \text{ л/с.}$$

При $Q = 50 \%$:

$$W_1 = 0,62 \cdot 0,0133 \sqrt{19,62 \cdot (11,4 - 10)} \cdot 0,0158 = 0,00068 \text{ м}^3 =$$

$$= 0,68 \text{ л,}$$

$$q_1 = \frac{0,68}{0,799} = 0,85 \text{ л/с.}$$

При $Q = 25 \%$ неможливо забезпечити напір для зрошування за допомогою дощувальних установок, оскільки висота підйому 5,27 м нижче від необхідної.

Витрата води кожної дощувальної насадки становить 0,05 л/с. У першому випадку їх можна застосувати в кількості

$$n = \frac{1,32}{0,05} = 32 \text{ шт., у другому випадку} - n = \frac{0,85}{0,05} = 17 \text{ шт.}$$

Висновок: надходження води в басейн становить 25 л/с і щоб витрати не перевищували надходження, оптимальний параметр налаштування ходу ударного клапана доцільно залишити при $Q = 50 \%$, де кількість подачі води становить

$q_{cp} = 0,85$ л/с і кількість дощувальних насадок, що працюють одночасно, становить 17 штук.

Список літератури

1. Справочник по гидравлическим расчетам / под ред. П. Г. Киселева. – Москва : Энергия, 1974. – 313 с.
2. Богомолов А. И. Гидравлика / А. И. Богомолов, К. А. Михайлов. – Москва : Стройиздат, 1972. – 648 с.
3. Рогозин Г. В. Методические указания к практическим занятиям на тему: «Расчет параметров гидравлического тарана» / Г. В. Рогозин, Г. П. Фролова. – Бишкек : КРСУ, 2015. – 36 с.

Електронне навчальне видання

Методичні вказівки

до практичної роботи на тему

«Розрахунок параметрів гідравлічного тарана»

з дисципліни **«Спеціальні гідромашини»**

для студентів спеціальності

131 «Прикладна механіка»

(освітня програма **«Гідравлічні машини, гідроприводи**

та гідропневмоавтоматика»)

усіх форм навчання

Відповідальний за випуск М. І. Сотник

Редактор І. О. Кругляк

Комп'ютерне верстання В. О. Панченка

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 1,16. Обл.-вид. арк. 1,41.

Видавець і виготовлювач

Сумський державний університет,

вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.