

## Завдання для самостійного виконання до ЗМ 6

### на тему «Розрахунок та вибір конструкції гідроциклону»

**Мета занять:** закріпити навички роботи з нормативною та технічною літературою, пошуку розрахункових параметрів для проектування та розрахунку гідроциклонів різного типу, отримання навичок гідравлічного розрахунку гідроциклонів.

**Завдання 1.** Вибрати гідроциклон та орієнтовно розрахувати параметри його роботи. Призначення: класифікація хвостів першої стадії флотації з метою відокремлення відвального зливу та піску, які надходять на додаткове подрібнення та флотацію. На обробку надходить пульпи  $Q_n$ , м<sup>3</sup>/год з вмістом твердої фази  $a$ , % густиною 2.8 г/см<sup>3</sup>. Пульпа надходить в гідроциклон самопливом під напором  $H$  8,5 м. вод. ст. До зливу треба видалити матеріал, що вміщує 80% часток розміром –  $\vartheta$ , мм.

### Приклади розв'язання завдань.

Завдання 1.

Вихідні дані:  $Q_n = 85,8$  м<sup>3</sup>/год;  $a = 44$  %,  $\vartheta = 0,074$  мм.

За таблицею В.1 визначається, що для заданої продуктивності 85,8 м<sup>3</sup>/год (1430 л/хв) потрібний один гідроциклон діаметром 350 мм. Продуктивність гідроциклону визначаємо за формулою:

$$Q = 15.5 \cdot K_D \cdot K_\alpha \cdot d_{\text{нит}} \cdot d_{\text{зл}} \cdot \sqrt{P_{\text{вх}}}, \quad (1)$$

де  $d_{\text{нит}}$  – еквівалентний діаметр отвору для живлення, м;

$d_{\text{зл}}$  – діаметр зливного патрубку, м;

$P_{\text{вх}}$  – тиск на вході, МПа.

$d_{\text{нит}}$  – діаметр зливного патрубку, м;  
 $K_D = 0.79 + \frac{0.045}{0.0379 + \tan \frac{\alpha}{2}}$  (2)

Для визначення розмірів живлючого та розвантажувального отворів знаходиться вираз  $d_{\text{зл}} \cdot d_{\text{нит}}$ , враховуючи, що гідроциклон стандартний з кутом конусності 20°, для якого  $K_D = 1.05$ ,  $K_\alpha = 1.00$ . Тиск на вході в гідроциклон визначається з умови  $P_{\text{вх}} = 0.85 \cdot \rho_n$ , де  $\rho_n$  – щільність вихідної пульпи. Звідки

$$P_{\text{вх}} = 0.85 \cdot \frac{1}{0.56 + \frac{0.44}{2.8}} = 1.18 \text{ кгс/см}^2$$

Приймається  $P_{\text{вх}} = 1 \text{ кгс/см}^2$ , тоді

$$1430 = 15.5 \cdot 1 \cdot 1.05 \cdot d_{\text{nut}} \cdot d_{\text{zl}} \cdot \sqrt{1}$$

$$d_{\text{nut}} \cdot d_{\text{zl}} = 88$$

$$\text{Звідси } d_{\text{nut}} = 0.8 \cdot d_{\text{zl}}, \text{ значить } d_{\text{zl}}^2 = \frac{88}{0.8} = 110 \text{ см}^2, \quad d_{\text{zl}} = 10.5 \text{ см}; \quad d_{\text{nut}} = 8.4 \text{ см}.$$

Ці розміри відповідають стандартним. Приймається розвантажувальне відношення  $= 0.4$ , визначається крупність граничного зерна за формулою:

$$\delta_z = 1.5 \cdot \sqrt{\frac{d_{\text{zl}} \cdot D \cdot a}{\Delta \cdot K_D \cdot \sqrt{P_{\text{вх}}} \cdot (\rho_m - \rho_{\text{ж}})}}, \quad (3)$$

де  $D, d_{\text{zl}}, \Delta$  — діаметр відповідно гідроциклону, зливного патрубку та насадки, см;

$a$  — вміст твердої фази у живленні, %;

$\rho_m, \rho_{\text{ж}}$  — щільність твердої та рідинної фази у пульпі, г/см<sup>3</sup>;

1.5 — емпіричний коефіцієнт.

$$\delta_z = 1.5 \cdot \sqrt{\frac{35 \cdot 44}{0.4 \cdot 1.05 \cdot \sqrt{1} \cdot 1.8}} = 68 \text{ мкм}.$$

Визначається вихід зливу та піску за рис. 7.

За кривою 1 граничному зерну крупністю 68 мкм відповідає вихід зливу 42%, а вихід піску - 58%. Визначається навантаження на піскову насадку. Кількість твердої фази у живленні:

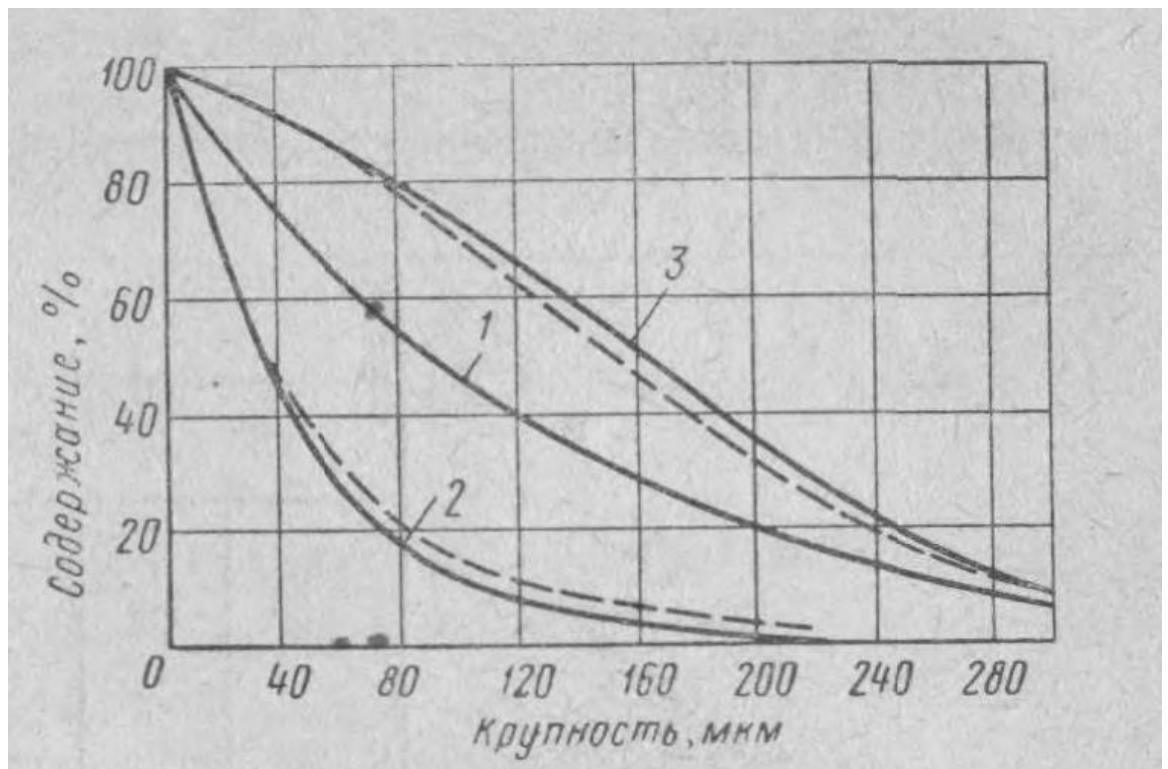


Рисунок 1. Характеристика крупності продуктів гідроциклону: 1-живлення; 2-злив; 3-піски.

$$\frac{\alpha'}{\rho_m} = \frac{55,8}{44} + \frac{52,7}{2,8} \quad (4)$$

де  $\alpha'$  – співвідношення твердої та рідинної фази у вихідній пульпі.  
Тобто кількість піску та зливу, відтодіне дорівнює

$$T_{зл} = 52,7 \cdot 0,42 = 22,2 \text{ т / год}$$

Навантаження на піскову насадку при її діаметрі:  $\Delta = 0,4 \cdot d_{зл} = 0,4 \cdot 10,5 = 4,2 \text{ см}$  становить  $\frac{30,5}{0,786 \cdot 4,2^2} = 2,2 \text{ т / см}^2 \text{ год}$ .

Питоме навантаження на піскову насадку в середньому складає  $0,5 \div 2,5 \text{ т / год на } 1 \text{ см}^2$ . Розрахункове навантаження в межах нормативного.

Загальна кількість води в пульпі  $85,8 - \frac{52,7}{2,8} = 66 \text{ м}^3 / \text{год}$

При навантаженні на піскову насадку  $2,2 \text{ т / год}$  можна прийняти вміст твердої фази у піску  $b = 70\%$ , тоді кількість води, що видаляється з піском, дорівнює

$$30,5 \cdot \frac{30}{70} = 13 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Тобто разом із зливом видаляється  $66 - 13 = 53 \text{ м}^3 / \text{год}$ ,

а вміст твердої фази у зливі

$$\frac{22,2}{22,2 + 53} = 29,2\%$$

$$\frac{53}{67} = 0,791 = 79,1\%$$

Враховуючи, що крупність зливу задається вмістом класу - 0,074 мм, а його вміст у живленні становить 44%, то видалення цього класу у злив становить

$$\varepsilon_{-0,074} = \frac{42 \cdot 80}{44} = 76,4\%$$

$$\text{Вміст класу } 0,074 \text{ мм знаходиться з рівняння балансу}$$

$$g_{-0,074} = \frac{44 \cdot 100 - 42 \cdot 80}{58} = 17,9\%$$

Додаток А.  
Таблиця А1

Вихідні дані

Показники	Одиниці вимірювання	Величина показника при останній цифрі залікової книжки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N	меш.	6300	9500	7900	5500	9600	1300 0	1420 0	1700 0	2060 0	1500 0
n	л/доб люд	180	200	220	190	200	230	230	250	260	240
L	м	1400	1450	1500	1600	1700	1800	1900	2200	2100	2000
F	га	70	72,5	75	80	85	90	110	120	115	85
Z		0,12	0,125	0,113	0,135	0,14	0,150	0,16	0,155	0,13	0,125
V	м/с	1,15	1,17	1,14	1,19	1,21	1,23	1,25	1,24	1,22	1,18
q <sub>1</sub>	л/с	4	5	4	3	1	2	1	3	1	3
H	м	3	3,5	4,0	4,5	5,0	3,5	3,5	4,0	4,5	5,0
l <sub>1</sub>	м	14	15	19	16	22	19	21	18	20	17
α	разів	2,0	1,8	1,6	1,7	2	1,9	2	1,7	2	1,8
l <sub>2</sub>	м	140	160	170	130	120	140	150	160	170	180
Q	м <sup>3</sup> /доб	1300	1400	1500	1700	1800	1900	2100	2000	2200	1650
C <sub>зав</sub>	мг/л	750	800	450	600	550	450	680	580	700	800
C <sub>нафт</sub>	мг/л	150	350	200	250	180	190	220	240	260	270

$q_2$	м <sup>3</sup> /год	500	400	350	65	700	800	670	900	820	450
Dset	м	30	24	30	24	18	40	30	24	18	40
$q_{set}$	м <sup>3</sup> /год	1200	600	1500	750	400	1800	1100	800	500	1700
$q_n$	м <sup>3</sup> /год	70,8	62,3	54,8	45,6	90,2	76,5	85,5	100,5	72,4	84,5
$a$	%	36	42	35	54	47	38	46	39	42	46
$\vartheta$	мм	0,065	0,054	0,078	0,065 2	0,054 9	0,071 4	0,073	0,082	0,079	0,085
$q_{нод}$	т/год	42,7	32,7	45,5	74,2	65,2	58,2	46,5	55	64,8	72,1
$c$	%	75	80	81	76	74	72	82	85	88	78
$c_n$	%	135	139	138	140	137	132	130	140	144	138
$D_{hc}$	мм	50	63	80	100	76	50	63	80	100	76
$Q_{вх}$	л/хв	87	120	200	300	82	80	100	180	250	76
X	%	20	15	10	25	8	25	7	4	12	18
$Q_{ср.доб}$	м <sup>3</sup> /доб	1200	2500	3000	4600	6000	7500	8700	9600	1050 0	1440 0
$C_1$	мг/л	150	200	250	300	320	240	190	140	270	310
$C_2$	мг/л	200	250	300	350	400	280	350	420	280	320
$N_1$	тис.люд	195	190	185	180	175	180	187	193	191	205
$N_2$	тис.люд	95	105	90	100	97	99	85	88	90	96
$Q_1$	тис.м <sup>3</sup> /доб у	50	49	48	47	46	45	46	47	48	49
$Q_2$	тис.м <sup>3</sup> /доб у	19	20	18	19	20	18	19	20	21	22
d	мкм	50	150	150	100	100	95	90	85	80	75
$\rho_{тв}$	кг/ м <sup>3</sup>	1500	1200	1300	1400	1600	1550	1280	1200	1230	1950
$\rho_v$	кг/ м <sup>3</sup>	1000	1000	1050	980	990	1000	1010	1020	1030	1035

$\mu$	Па*с.	2	1	1,5	1,8	1,9	1,5	5,4	3,8	1,6	2,5
$\alpha$	град	45	50	55	60	46	51	56	61	47	49
$h_{яp}$	мм	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
$\delta$	мм	3	3	3	2,5	2,5	2,5	4	4	4	3,5

### Література

1. Айрапетян Т. С. Технологія очистки промислових стічних вод : конспект лекцій. Харків : ХНАМГ, 2008. 81 с.  
URL :  
[https://eprints.kname.edu.ua/6208/1/%D0%B7%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%B0\\_%D0%BF%D0%BB.2008%2C%D0%BF%D0%BE%D0%B7.112%D0%9B\\_%D0%A2%D0%9E%D0%9F%D0%A1-%D1%83%D0%BA%D1%80.pdf/](https://eprints.kname.edu.ua/6208/1/%D0%B7%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%B0_%D0%BF%D0%BB.2008%2C%D0%BF%D0%BE%D0%B7.112%D0%9B_%D0%A2%D0%9E%D0%9F%D0%A1-%D1%83%D0%BA%D1%80.pdf/)
2. Айрапетян Т. С. Спецкурс з очистки стічних вод : конспект лекцій. Харків : ХНУМГ, 2014. 90 с.  
URL :  
[https://eprints.kname.edu.ua/35734/1/2013%2019%D0%9B%20%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82\\_%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B0%D1%82%D1%8C-%D0%BF%D0%B5%D1%87.pdf](https://eprints.kname.edu.ua/35734/1/2013%2019%D0%9B%20%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82_%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B0%D1%82%D1%8C-%D0%BF%D0%B5%D1%87.pdf).
3. Бодік І., Ріддерстолп П. СТІЙКА САНИТАРІЯ В ЦЕНТРАЛЬНІЙ ТА СХІДНІЙ ЄВРОПІ – відповідаючи потребам малих та середніх населених пунктів. Global Water Partnership Central and Eastern Europe, 2007. 92 с.  
URL : [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cee\\_files/regional/sustainable-sanitation-ua.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cee_files/regional/sustainable-sanitation-ua.pdf).
4. Балыгин В. В. Насосы : каталог-справочник. Новосибирск : НГАСУ, 1999. 97 с.  
URL: [https://www.studmed.ru/balygin-vv-kryzhanovskiy-an-katalog-spravochnik-nasosov\\_2d89d2cfb55.html](https://www.studmed.ru/balygin-vv-kryzhanovskiy-an-katalog-spravochnik-nasosov_2d89d2cfb55.html).
5. Віжевська Т. В., Ковальчук В.А. Системи водовідведення промислових підприємств : методичні вказівки до практичних занять Рівне : НУВПГ. 40 с.  
URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/12900/1/03-06-78%20%20%281%29.pdf>.
6. ДБН В.2.5 – 75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди: Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство України, 2013. 219 с. <https://armis.com.ua/docs/dbn/102.1.-DBN-V.2.5-75-2013-Kanalizatsiya-Zovnishni-merezhi.pdf>.