

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №5

Розрахунок установок реагентного пом'якшення води

Питання для повторювання

1. З яких елементів складаються водень-катионітові установки?
2. З яких елементів складаються водень-натрій катионітові установки?
3. З яких елементів складаються амоній-катионітові установки?
4. За якими параметрами здійснюється вибір схеми зм'якшення?

Завдання

Розрахувати установку реагентного пом'якшення води і розробити технологічну схему. На основі розробленої схеми розрахувати матеріальний баланс витрати води і суспензій по основних споруд і скласти балансову схему.

До складу установки можуть входити:

- а) пристрій для приготування і дозування розчинів,
- б) змішувачі,
- в) камери утворення пластівців,
- г) освітлювачі зі зважених шаром осаду або вихрові реактори,
- д) фільтри.

Інформація до розв'язання

Початкові дані:

Витрата води Q;

Зміст Ca^{2+} ;

Зміст Mg^{2+} ;

Каламутність вихідної води M_i

Кольоровість початкової води;

pH вихідної води;

Температура води t;

Вимоги до пом'якшеній воді:

Жорсткість загальна залишкова J_0

Допустима каламутність M_1

Визначаємо загальну жорсткість води.

Визначаємо карбонатні жорсткість води.

Визначаємо некарбонатную жорсткість води.

Зміст у вихідній воді вільної вуглекислоти (CO_2) при заданому pH і заданій лужності Щ_0 і температурі визначаємо відповідно до вихідних параметрів.

Доза вапна (для усунення карбонатної жорсткості) в перерахунку на CaO :

$$D_u = 28 \left(\frac{CO_2}{22,01} + \frac{HCO_3^-}{61,02} + \frac{Mg^{2+}}{12,16} + \frac{D_k}{e} + 0,5 \right) \text{ мг/л}$$

де D_k – доза коагулянту $FeCl_3$ або $FeSO_4$ у перерахунку на безводну речовину в мг/л;

e - еквівалентна вага активної речовини коагулянту (для $FeCl_3$ – 54 мг-екв/л; для $FeSO_4$ – 76 мг-екв/л; для $Al_2(SO_4)_3$ – 57 мг-екв/л);

0,5 – надлишок вапна, мг/л.

Член D_k/e приймається зі знаком (+), якщо коагулянт вводять разом з вапном або після нього, і зі знаком (-), якщо коагулянт вводять раніше вапна.

Доза коагулянту визначається за формулою:

$$D_k = 3 \sqrt[3]{C},$$

где C – кількість що утворюється при пом'якшенні води суспензією в перерахунку на суху речовину, мг/л.

Кількість суспензії, що утворюється при вапняному способі пом'якшення, визначають, використовуючи залежність:

$$C_u = M_u + 50 \left(\frac{CO_2}{22,01} + 2J_k \right) + 29 \frac{Mg^{2+}}{12,16} + D_u \left(\frac{100-m}{100} \right) \text{ мг/л}$$

де m – зміст вапна в товарній продукції, %.

Потім визначаємо кількість суспензії, що утворюється при вапняно-содовому пом'якшенні води:

$$C_{u.c} = M_u + 50 (Ж_0 + Ж_к + \frac{CO_2}{22,01} + 0,5) + 29 \frac{Mg^{2+}}{12,16} + D_u \frac{100-m}{100} \text{ мг/л}$$

Визначаємо дозу соди (в перерахунку на Na_2CO_3)

$$D_c = 53 (Ж_n + \frac{D_k}{e} + 1)$$

При проектуванні установок для приготування вапняного молока необхідно передбачити: бункер для прийому вапна, дробарку, класифікатор, баки для вапняного молока з пристроями для перемішування.

Вагові кількості реагентів - вапна, соди, хлорного заліза, необхідні для пом'якшення і освітлення, розраховуємо з виразів:

$$G_u = \frac{Q \times D_u \times 100}{K_u \times 100} ; \quad G_c = \frac{Q \times D_c \times 100}{K_c \times 100} ; \quad G_k = \frac{Q \times D_k \times 100}{K_k \times 100} .$$

де K_u – вміст CaO в товарному вапні, дорівнює 70%;

K_c – вміст соди в товарному продукті, дорівнює 95%;

K_k – вміст хлорного заліза в товарному коагулянті, дорівнює 98%.

Потім підбираємо основні споруди, що входять до складу технологічної схеми, розраховуємо матеріальний баланс, а також розміри і кількість споруд та обладнання.

Рекомендується приймати змішувачі вертикальні. Ребристі і дірчасті змішувачі застосовувати недоцільно, тому що швидкість руху води в них недостатня для підтримки частинок вапна у зваженому стані і вони будуть випадати в осад у самому змішувачі.

Розрахунок установки з вихровими реакторами

Вихровий реактор (спірактор) являє собою резервуар у вигляді усіченого конуса з верхньою циліндричною частиною. Реактор має невеликий кут конусності (15 ... 20 °) і приблизно на половину всієї висоти заповнений контактною масою - кварцовим піском або мармуровою крихтою діаметром 0,2 ... 0,3 мм. Під час роботи реактора контактна маса знаходиться у зваженому стані .Вихідні дані:

Витрата води Q

Вміст зважених речовин

Вміст Mg^{2+}

вміст HCO_3^-

Величина карбонатної жорсткості повинна складати 85% від загальної жорсткості води.

Тоді площа верхнього поперечного перерізу на рівні водовідвідних пристроїв повинна бути:

$$f_v = q_c / v_v$$

де f_v – площа верхнього поперечного перетину реактора, м²;

q_c - секундна витрата, м³;

v_e - швидкість руху води у верхній частині реактора, м/с.

(Можна прийняти $v_e=0,004\dots0,006$ м/с)

Діаметр верхньої частини буде дорівнювати:

$$d_e = \sqrt{\frac{4f_e}{\pi}}$$

Діаметр нижнього перетину реактора приймаємо 0,2м.

Швидкість руху води в нижній частині реактора приймають зазвичай 0,8 ... 1,0 м / с.

У нашому випадку:

$$v_n = q_c / f_n$$

f_n - площа нижнього поперечного перерізу реактора, м².

Якщо прийняти більший діаметр нижньої частини, то отримаємо низькі швидкості руху води, в цьому випадку в нижню частину реактора встановлюють конічну вставку.

Кут конусності приймають 15 ... 20 °. Тоді висота усіченого конуса буде дорівнювати:

$$h_{y.k} = 1/2 (d_e - d_n) \operatorname{ctg} 20/2$$

Об'єм реактора:

$$W = 1/3 \times h_{y.k} (f_{\text{в}} + f_{\text{н}} + \sqrt{f_{\text{в}} + f_{\text{н}}})$$

Приймається висота завантаження реактора контактною масою, яка дорівнює:

$$h_3 = 0,5 h_{y.k.}$$

Діаметр реактора на висоті завантаження відносно нижнього перетину дорівнюватиме:

$$d_1 = (h_3 - \text{tg} \alpha/2)^2 + d_{\text{н}}$$

где α – кут конусності.

Обсяг реактора в межах заповнення його контактної масою визначаємо за формулою (1).

Насичення водою контактної маси в займаному нею обсязі реактора складе:

$$P_{\text{в}} = 100 - \frac{G_{\text{к}}}{W_1 \times q_0 \times 1000} 100 \%,$$

де q_0 – питома вага контактної маси, $q_0=1,65$.

Витрата води Q , м ³ /доб	20000	10000	5000	3000	7000	12000	18000	4
Вміст зважених речовин, мг/л	10	12	14	15	10	12	14	

Таблиця 3 – вміст вільної вуглекислоти (в мг / л) у вихідній воді

Загальна лужність води Σ , мг-екв/л	Вміст вільної вуглекислоти CO ₂ у воді при температурі 10 ° С, солес									
	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4
0,5	18	14	10	8	7	6	5	4	3	2
0,6	21	16	13	10	8	7	6	5	4	3
0,7	24	18	15	12	10	8	7	5	4	3
0,8	28	21	18	14	11	9	7	6	5	4
0,9	32	24	20	15	13	10	8	6	5	4
1,0	36	27	23	17	14	11	9	7	5	4
1,1	39	30	25	19	15	12	9	7	6	5
1,2	43	33	27	21	17	13	10	8	6	5
1,3	47	36	29	23	18	14	11	8	7	6
1,4	0	39	31	24	19	15	12	9	8	6
1,5	54	41	33	26	21	17	13	10	8	7
1,6	58	44	36	28	22	18	14	11	9	7
1,7	61	47	38	30	23	20	15	11	10	7
1,8	64	50	40	31	25	21	16	12	11	8
1,9	68	52	42	33	26	22	17	13	11	9
2,0	72	55	44	35	28	23	18	14	12	10
2,5	90	69	56	44	35	28	23	18	14	12
3,0	108	83	67	53	42	34	27	22	17	14
3,5	-	97	79	62	49	39	31	25	19	16
4,0	-	111	90	71	56	45	35	28	22	18
4,5	-	-	100	79	63	50	40	32	25	21

5,0	-	-	-	88	70	56	44	36	28	23
5,5	-	-	-	97	77	62	48	39	31	25
6,0	-	-	-	106	85	68	53	43	33	27
6,5	-	-	-	-	92	74	57	46	36	29
7,0	-	-	-	-	99	79	61	50	39	31
7,5	-	-	-	-	106	85	66	54	42	33
8,0	-	-	-	-	-	90	70	57	44	35

Таблиця 4 – Поправка β на солевміст води при визначенні CO₂

Вміст, мг/л	100	200	300	400	500
β	1,05	1,0	0,96	0,94	0,92

Таблиця 5 – Поправка τ на температуру води при визначенні CO₂

Температура води, °C	0	5	10	15	20	30
τ	1,28	1,12	1,0	0,9	0,83	0,74

