

**628.1
Д 560**

**Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет**

О. Г. Добровольська

**ВОДОПОСТАЧАННЯ
ПРОМИСЛОВИХ
ПІДПРИЄМСТВ**

**Методичні вказівки
та завдання до самостійної роботи**

*для студентів
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»*

ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	4
1 Ціль і тема контрольної роботи	5
2 Склад контрольної роботи.....	5
3. Методичні вказівки до виконання роботи	5
 ДОДАТОК А.....	6
ДОДАТОК Б.....	7
ДОДАТОК В	9
ДОДАТОК Г.....	10
ДОДАТОК Д.....	12
 ЛІТЕРАТУРА.....	14

ВСТУП

Самостійна робота студентів полягає відпрацюванні навичок з вибору методів водопідготовки, складанні технологічних схем очистки води та визначення складу споруд, що забезпечують необхідний ефект поліпшення якості води при мінімальній величині приведених витрат на будівництво й експлуатацію.

Розкриваючи обрану тему, студент під керівництвом викладача працює над аналізом технології виробничого процесу, визначенням параметрів вихідних даних для складання технологічної схеми водопостачання та вибору споруд і обладнання. В результаті студент повинен навчитись: здійснювати інформаційний пошук; виконувати аналіз, узагальнювати результати ознайомлення з літературними, відомчими, статистичними даними, проектними розробками; складати науковий звіт (реферат); складати доповідь й рецензії за оглядовими рефератами для виступу на семінарі (конференції).

Самостійна робота сприяє оволодінню методами водопідготовки у виробництві, розвитку раціонального мислення, оптимальній організації робочого часу, набуттю практичних навичок, необхідних для написання та оформлення наукових робіт, умінню аналізувати законодавчі та нормативні акти і спеціальну періодичну та наукову літературу в будівельній галузі.

Методичні вказівки призначено для підготовки магістрів за освітньо-професійною програмою «Водопостачання та водовідведення» зі спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Завдання : Розрахувати напірні фільтри для прояснення води

Інформація до розв'язання

Розрахунок напірних фільтрів

В прикладі, який нами розглядається, концентрація зважених речовин становить 15,0 мг/л. В цьому випадку необхідно передбачити споруди для прояснення води. Приймаємо вертикальні напірні фільтри, які серійно випускаються промисловістю. Необхідні для розрахунку дані наведені в табл.

Вертикально напірні фільтри випускаються шести типорозмірів діаметрами 1; 1,5; 2; 2,6; 3; 3,4 м і з висотою шару завантаження 1 м.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики напірних фільтрів

Матеріал завантаження	Крупність зерен завантаження	Коефіцієнт неоднорідності	Швидкість фільтрування, м/г, при режимах	
Пісок кварцовий	0,8...2,0	1,5...1,7	8...10	10...12
Те саме	0,5...1,25	2,0...2,2	5,5...6,0	6,0...7,5
Антрацит дроблений	0,8...1,8	2,0	8,0...10,0	10...12

Для розрахунку приймаємо фільтри з антрацитовим завантаженням і крупністю зерен 0,8...1,8 мм.

1.1.1.2. Розрахунок площі фільтрів

Приймаємо одношарові фільтри вертикального типу із завантаженням антрацитом крупністю 0,8...1,8 і висотою шару завантаження 1 м.

Загальна площа фільтрування з урахуванням власних потреб

$$F_{o.f} = \frac{Q_{o.f}}{V_n} = \frac{216}{8} = 27,0 \text{ м}^2 \quad (1.1)$$

де V_n – швидкість фільтрування при нормальному режимі, м/г.

Вибираємо фільтри діаметром 3,0 м і площею фільтрування 7,1 м².

$$n = \frac{27,0}{7,1} = 3,8 \approx 4.$$

Тоді число фільтрів

Завдання Скласти балансову схему оборотного циклу очистки стічних вод від газоочисток доменного виробництва та виконати розрахунок її елементів. Вихідні дані приведені в таблиці 1.

Інформація до розв'язання

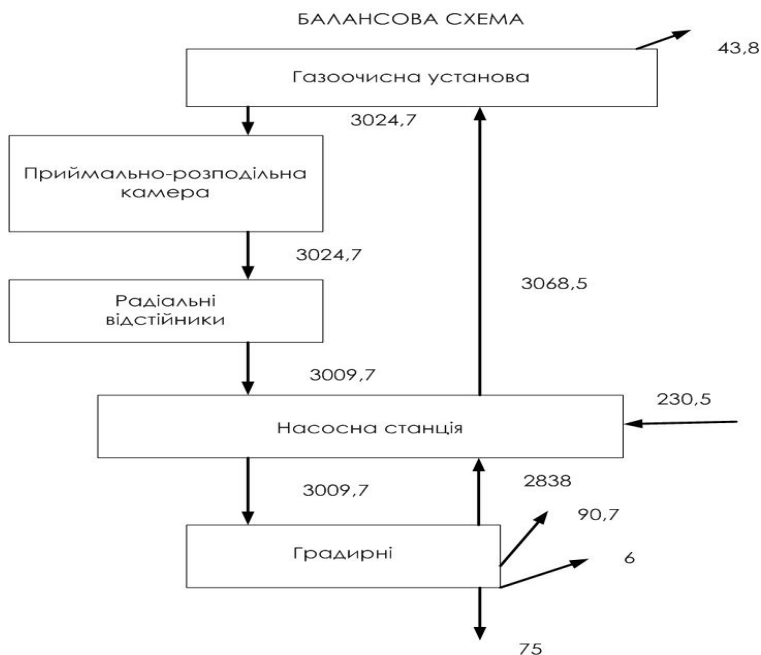


Рисунок 1 – Балансова схема

Розрахункова витрата оборотної води в системі водопостачання кожного виробництва визначається за формулою:

$$Q_p = \frac{n_v \cdot N \cdot K_{год}}{T}, \quad (1)$$

де n_v - норма водоспоживання (кількість води на одиницю продукції), $\text{м}^3/\text{т}$;

$K_{год}$ - коефіцієнт годинної нерівномірності

T - кількість годин роботи виробництва за рік, год

Втрати води в оборотному циклі:

$$P_{вир} = P_1 + P_2 + P_3, \quad (2)$$

де P_1 і P_2 – безповоротні втрати оборотної води при охолодженні на випаровування і винос вітром, %;

P_3 – величина продувки, %.

Втрати води в охолоджувачі залежать від типу охолоджувача, кліматичних умов, температур води на вході й виході з цеху і категорії водоспоживача.

Втрати води на випаровування в градирнях, % :

$$P_{вир} = 1,6 \cdot x \cdot \Delta t, \quad (3)$$

де x – частка теплоти, що віддається охолоджуючою водою, за рахунок її випаровування в градирні (влітку 1,0, взимку – 0,5, весною і восени – 0,75);

Завдання: Визначити витрату гріючої пари і площу поверхні нагрівання однокорпусної установки для концентрування розчину їдкого натру.

Вихідні дані для розрахунку

1. Витрата розчину $G = 2500$ кг/ч.
2. Початкова (вихідна) концентрація розчину $X_{поч} = 5\%$.
3. Кінцева концентрація розчину $X_{кін} = 40\%$.
4. Тиск гріючої пари $P_{г.п} = 0,6$ МПа.
5. Тиск вторинної пари $p_{вт} = 0,015$ МПа.
6. Розчин надходить в установку підігрітим до температури 100°C .

Подача установки по випарюваній воді

$$W = G (1 - (X_{поч} / X_{кін})) = \frac{2500}{3800} \times \left(1 - \frac{5}{40}\right) = 0,6 \text{ кг/с.}$$

Перевіряємо кінцеву концентрацію випареного розчину:

$$X_{кон} = G X_{поч} / (G - W) = \frac{2500 \times 0.05}{2500 - 2160} = 0,36 = 36\%$$

Надалі розрахунок можна виконувати на 1 кг розчину, що надходить на випарювання:

$$w = W / G = \frac{2160}{2500} = 0,86 \text{ кг.}$$

Питома теплоємність розчину при початковій концентрації

$$C = (C_{сух} X_{поч} + (100 - X_{поч})) / 100 = \frac{4.13 \times 5 + (100 - 5)}{100} = 1,15 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)},$$

де $C_{сух}$ – питома теплоємність речовини в чистому виді, кДж/(кг·К),

$$C_{сух} = 4,13 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}.$$

Температурну депресію знаходять по довідкових матеріалах [2], $\Delta_+ = 28^\circ\text{C}$.

Гідростатичну і гідравлічну депресію можна прийняти

$$\Delta r + \Delta_{гидр} = 2^\circ\text{C}.$$

Тоді сумарна депресія

$$\Sigma \Delta = \Delta_+ + \Delta r + \Delta_{гидр} = 28,0 + 2,0 = 30^\circ\text{C}.$$

Завдання

Розрахувати установку реагентного пом'якшення води і розробити технологічну 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 ; рміст Ca^{2+} ; рміст Mg^{2+} ; галамутність вихідної води M_i ; кольоровість початкової води; рН вихідної води; температура води t ; вимоги до пом'якшеної води:

- жорсткість загальна залишкова J_0
- допустима каламутність M_1

Визначаємо загальну жорсткість води. Визначаємо карбонатні жорсткість води. Визначаємо некарбонатну жорсткість води.

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

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

$$D_u = 28 \left(\frac{\text{CO}_2}{22,01} + \frac{\text{HCO}_3^-}{61,02} + \frac{\text{Mg}^{2+}}{12,16} + \frac{D_k}{e} + 0,5 \right) \text{ мг/л}$$

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

Завдання

Вихідні дані: розрахувати 3-х ступінчасту установку для глибокого знесолення води. Витрата Q .

Аналіз води: Катіони:

Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , Fe^{3+}

Аніони:

Cl^{-} , SO_4^{2-} , HCO_3^{-}

Інформація до розв'язання

Розрахунок аніонитових фільтрів 1-го ступеня

Для фільтрів 1-го ступеня розрахункова обмінна здатність слабоосновних аніонітів АН-2Ф у вологому стані становить = 550г-екв / м³ (приймають по табл.5). Розрахункову швидкість фільтрування визначають за формулою:

$$v_p = \frac{E_{раб} \times h_a - 5 h_a \times A}{T \times A + 0.02 \times E_{раб} \times \ln A - 0.1 \ln A},$$

де h_a – висота завантаження аніонітових фільтрів 1-го ступеня, що дорівнює 2,5м;

A – вміст аніонітів сильних кислот у вихідній воді ($A = Cl^{-} + SO_4^{2-} = 2.37 + 14.63$ г-екв/м³);

T – тривалість роботи кожного фільтру між регенераціями:

$$T = (24/n) - t_1 - t_2 - t_3,$$

n – число регенерацій за добу (приймаємо 2...3);

t_1 – тривалість розпушування аніоніта (0,25ч);

t_2 – тривалість пропуску через аніоніт розчину лугу для регенерації (дорівнює 1,5 год);

t_3 – тривалість відмивання аніоніту після регенерації (дорівнює 3 год).

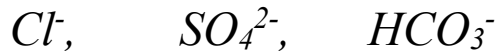
Завдання

Вихідні дані: розрахувати 3-х ступінчасту установку для глибокого знесолення води. Витрата Q .

Аналіз води: Катіони:



Аніони:



Розрахуємо загальну мінералізацію води:

$$M = \sum K + \sum A$$

Інформація для розв'язання

Н-катионітові фільтри завантажують сильнокислотним катіонітом КУ-2-8.

Розрахунок катіонітових фільтрів 1-го ступеня

Об'єм Н-катионітових фільтрів 1-го ступеня розраховуємо за формулою:

$$W = a_1 Q_{\text{сут}} \sum [K] / (n E_{\text{раб}}),$$

де a_1 – коефіцієнт врахування води на власні потреби установки (можна прийняти 1,1...1,35);

$Q_{\text{доб}}$ – корисна витрата (знесоленої води), м³/доб;

$\sum [K]$ – сума катіонів у вихідній воді, г-екв/м³;

n – число фільтроциклів за добу;

$$E_{\text{раб}} = a_{\text{э}}^H E_{\text{полн}} - 0,5 q_y \sum [K]$$

$a_{\text{э}}^H$ – коефіцієнт ефективності регенерації;

$E_{\text{полн}}$ – повна обмінна здатність катіоніту, що дорівнює КУ1 – 600...650г-экв/м³, КУ2-8 – 1500...1700г-экв/м³;

q_y – питома витрата освітленої води на відмивання 1 м³ Н-катионіту.

Тоді при $E_{\text{повн}}=1500$ г-екв/м³ и $q=4...5$ м³/м³

При висоті завантаження $h=2,5$ м, сумарна площа фільтрів буде:

Завдання

Розрахувати катіонітові фільтри першого ступеня очистки для продуктивності очисної станції Q , м³/доб.

Розрахунок фільтрів першого ступеня

При розрахунку слід мати на увазі, що в установці повинно бути не менше двох робочих фільтрів і додатково один резервний. Оскільки в нашому прикладі твердість води досить висока (10 мг-екв/л), а залишкова твердість не повинна перевищувати 0,01 мг-екв/л, приймаємо двоступінчасту схему Na-катіонування.

Знаходимо необхідний об'єм катіоніта:

$$W = \frac{Q_{1\text{ст}}^{Na} \cdot T_o}{E_p^{Na} \cdot a}$$

де $Q_{1\text{ст}}^{Na}$ – витрата води на фільтри першого ступеня, м³/год,

$$Q_{1\text{ст}}^{Na} = 180 \cdot 1,1 = 198 \text{ м}^3/\text{год}$$

T_o – загальна твердість вихідної води, г-екв/м³:

E_p^{Na} – робоча ємність катіоніта, г-екв/м³

$$E_p^{Na} = \alpha_e \cdot \beta \cdot E_n - 0,5 \cdot g_y \cdot T_o$$

α_e – коефіцієнт ефективності регенерації залежно від питомої витрати солі /по табл. 1.7 приймаємо 150 г-екв, тому $\lambda=0,74$;

β – коефіцієнт, що враховує зниження обмінної ємності катіоніта по Ca^{2+} ; Mg^{2+} за рахунок вмісту Na^+ (приймаємо по табл. 1);

E_n – повна обмінна ємність катіоніта, г-екв/м³;

g_y – питома витрата води на відмивання катіоніта (по табл.1.6 приймаємо 4м³/м³);

a – число регенерацій катіоніта на добу (не більше трьох, приймаємо 2).

Підставляючи числові значення в першу формулу, отримуємо

Завдання: Розрахувати прямоточну з природною циркуляцією багатокорпусну випарну установку для концентрування розчину хлористого кальцію.

Вихідні дані для розрахунку

1. Початкова витрата розчину $G_{поч} = 7$ т/г.
2. Початкова (вихідна) концентрація розчину $X_{поч} = 3\%$.
3. Кінцева концентрація розчину $X_{кін} = 40\%$.
4. Розчин в установку надходить підігрітим до температури кипіння $t_{поч} = 100^\circ\text{C}$.
5. Обігрів здійснюється насиченою водяною парою з тиском $P_{з.н} = 0,8$ МПа.
6. Тиск у барометричному конденсаторі $P_{б.к} = 0,01$ МПа.
7. Висота гріючих труб $H_{тр} = 5$ м.
8. Відбір екстрапарі не здійснюється.

Подача установки по випарюваній воді

$$W = \frac{7000}{3600} \left(1 - \frac{3}{40} \right) = 6475 \text{ кг/год} = 1,8 \text{ кг/с}.$$

Інформація до розв'язання

Розподіл концентрацій розчину по корпусах установки буде залежати від співвідношення навантажень по випарюваній воді у кожному апараті. На підставі практичних даних можна прийняти масові кількості випарюваної води по корпусах у наступному співвідношенні: $1:2:3 = 1,0:1,1:1,2$.

Тоді масова витрата випарюваної води у першому корпусі

$$W_1 = \frac{6475 \times 1}{3600(1 + 1,1 + 1,2)} = 0,545 \text{ кг/с},$$

у другому

$$W_2 = \frac{1,1 \times W}{3,3} = 0,599 \text{ кг/с},$$

у третьому

Підсумкове завдання . Розробка технологічної схеми водопостачання промислового підприємства

Розробити технологічну схему водопідготовки для промислового підприємства.

Таблиця 1 – Вихідні дані

Вихідні дані	Номер варіанту											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Витрата води Q , м ³ /доб	15000 000	8000	12000	3000	5000	10000	18000	3000	6000	14000	17000	9000
Підприємство	Метал ургійн ий комбін ат	Консе рвний завод	Хлібн ий комбін ат	Конди терсь ка фабри ка	Вироб ницт во добри в	Цукро вий завод	Тексти льна фабри ка	Вироб ництв о цегли	Дерев ообро бний комбін ат	Консе рвний завод	Хлібн ий комбін ат	Пряди льна фабри ка

$$W_3 = \frac{1.2 \times W}{3.3} = 0,654 \text{ кг/с.}$$

Разом $W = 1,779 \text{ кг/с} = 1,8 \text{ кг/с.}$

Потім визначають концентрацію розчину по корпусах, використовуючи рівняння теплового балансу. З першого корпуса в другий перейде розчину:

$$G_1 = C_{\text{поч}} - W_1 = \frac{7000}{3600} - 0.545 = 1,94 - 0,545 = 1,395 \text{ кг/с.}$$

Концентрація розчину

$$X_1 = G_{\text{поч}} X_{\text{поч}} / (G_{\text{поч}} - W_1) = \frac{1.94 \times 3}{1.94 - 0.545} = 4,17\%$$

Із другого корпуса в третій перейде розчину

$$G_2 = G_{\text{поч}} - W_1 - W_2 = 1,94 - 0,545 - 0,599 = 0,796 \text{ кг/с.}$$

Концентрація розчину

$$X_2 = \frac{1.94 \times 3}{0.796} = 7,3\%$$

Із третього корпуса виходить розчину

$$G_{\text{кін}} = G_{\text{поч}} - W = 1,94 - 1,8 = 0,14 \text{ кг/с.}$$

з концентрацією

$$X_{\text{кін}} = \frac{1.94 \times 3}{0.14} = 41,5 \%$$

що відповідає завданню.

Розрахунок перепаду тиску по корпусах

З вихідних даних видно, що загальний перепад тиску в установці дорівнює різниці тисків гріючої пари і пари в барометричному конденсаторі:

$$\Delta p = 0,8 - 0,01 = 0,79 \text{ МПа.}$$

Попередньо загальний перепад тисків розподіляємо між корпусами установки нарівно, тобто на кожний корпус можна прийняти

$$\Delta p = 0,79:3 = 0,263 \text{ МПа.}$$

Тоді абсолютні тиски розподіляться по корпусах у такий спосіб:

- у третьому корпусі $P_3 = 0,01 \text{ МПа}$ (задане),

- у другому $P_2 = 0,01 + 0,263 = 0,273$ МПа; у першому $P_1 = 0,273 + 0,263 = 0,536$ МПа.

Тиск гріючої пари

$$P_{\Sigma.n} = 0,536 + 0,263 = 0,799 \approx 0,8 \text{ МПа},$$

що відповідає завданню.

Знаходимо температури насичених пар води й питомі теплоти паротворення для прийнятих тисків (табл. 1.13).

Таблиця 1.1 - Температури насичених пар води й питомі теплоти паротворення

Температура насиченої пари, С	Питома теплота паротворення
гріюча пара, $t_{1200} = 169,6$;	$r_1 = 2057$ кДж/кг;
у першому корпусі $t_{2200} = 153,2$;	$r_2 = 2113$ кДж/кг ;
у другому $t_{3200} = 121,7$;	$r_3 = 2156$ кДж/кг ;
у третьому $i = 45,4$;	$r_4 = 2190$ кДж/кг.

Розрахунок температурних втрат

Знаходимо температури кипіння розчинів при атмосферному тиску (табл.1.14) і визначаємо температурну депресію по корпусах згідно.

Таблиця 1.2 - Температури кипіння розчинів при атмосферному тиску

Корпус	Концентрація CaCl_2 . %,	Температура кипіння, °С	Депресія °С
Перший	4,17	100,8	0,8
Другий	7,46	101,5	1,5
Третій	40,0	120,0	20,0

При спрощеному розрахунку температурну депресію можна не уточнювати. Отже, сумарна температурна депресія

$$\Delta g = 0,8 + 1,5 + 20,0 = 22,3^\circ\text{C}.$$

Потім розраховуємо гідростатичну депресію, що обумовлена різницею тисків у середньому шарі киплячого розчину і на його поверхні. Для цього

спочатку знаходимо за довідковим даними щільність розчину хлористого кальцію при температурі 20 °С (табл. 1.15).

Таблиця 1.3 - Щільність розчину хлористого кальцію при температурі 20 °С

Корпус	Концентрація CaCl_2 , %	Щільність, кг/м ³
Перший	4,17	1014
Другий	7,46	1033
Третій	40,0	1390

При визначенні щільності розчинів по кожному корпусу зневажають зміною її з підвищенням температури від 20°С до температури кипіння через малість коефіцієнта об'ємного розширення.

Далі визначаємо температури вторинних пар по корпусах установки (для цього гідравлічну депресію між корпусами установки приймаємо рівної 1°С):

$$t_{\text{в.н.1}} = t_{\text{з.н.2}} + \Delta_{\text{зідр}} = 153,2 + 1,0 = 154,2 ;$$

$$t_{\text{в.н.2}} = t_{\text{з.н.3}} + \Delta_{\text{зідр}} = 121,7 + 1,0 = 122,7 ;$$

$$t_{\text{в.н.3}} = t_{\text{з.н.4}} + \Delta_{\text{зідр}} = 45,4 + 1,0 = 46,4 .$$

Знаючи температури вторинних пар, знаходимо їхні тиски [3].

Температура вторинних пар, °С: $t_{\text{в.н.1}} = 54,2$; $t_{\text{в.н.2}} = 122,8$; $t_{\text{в.н.3}} = 46,4$,

Тиск, МПа: 0,54; 0,27; 0,011 відповідно.

Розраховуємо тиск у середньому шарі киплячого розчину кожного корпуса випарної установки. При бульбашковому режимі кипіння розчину перенаповнення $\varepsilon = 0,4 \dots 0,6$. Для даного випадку приймемо $\varepsilon = 0,5$.

Тоді тиск у середньому шарі кип'ятильних труб

$$P_{\text{лср}} = P_{\text{в.н.1}} + \frac{\rho_1 g H_{\text{тр}}}{2} (1 - \varepsilon) =$$

$$= 0,54 + \frac{1014 \times 9,8 \times 5}{2} (1 - 0,5) = 54,0 \times 10^4 + 1,24 \times 10^4 = 55,24 \times 10^4 \text{ Па};$$

$$P_{2\text{ср}} = 0,27 + \frac{1033 \times 9,8 \times 5}{2} (1 - 0,5) = 27,0 \times 10^4 + 1,26 \times 10^4 = 28,26 \times 10^4 \text{ Па};$$

$$P_{3cp} = 0,011 + \frac{1390 \times 9.8 \times 5}{2} (1 - 0,5) = 1,1 \times 10^4 + 1,7 \times 10^4 = 2,8 \times 10^4 \text{ Па};$$

Цим тискам відповідають наступні температури кипіння і теплоти випарування розчинника.

Таблиця 1.4 - Температури кипіння й теплоти випарування розчинника

Тиск	Температура кипіння	Теплота випару
$P_{1cp} = 0,552 \text{ МПа}$	154,6 °С	2107 кДж/кг
$P_{2cp} = 0,282 \text{ МПа}$	131,5 °С	2180 кДж/кг
$P_{3cp} = 0,028 \text{ МПа}$	66,8 °С	2189 кДж/кг

Гідростатична депресія:

у першому корпусі

$$\Delta_{1r} = t_{1cp} - t_{1en} = 154,6 - 154,2 = 0,4^\circ\text{С};$$

у другому

$$\Delta_{2r} = t_{2cp} - t_{2en} = 131,5 - 122,8 = 8,7^\circ\text{С};$$

у третьому

$$\Delta_{3r} = t_{3cp} - t_{3en} = 130,5 - 121,4 = 9,1^\circ\text{С};$$

Сума гідростатичних депресій

$$\Sigma \Delta_r = \Delta_{1r} + \Delta_{2r} + \Delta_{3r} = 0,4 + 8,7 + 9,1 = 18,2^\circ\text{С}.$$

Втрату різниці температур між корпусами приймаємо 1°С . Отже, сумарні втрати теплоти від гідравлічних депресій

$$\Sigma \Delta_{\text{гидр}} = 1 \times 3 = 3^\circ\text{С}.$$

Сумарні температурні втрати для установки в цілому

$$\Sigma \Delta t_{\text{ном}} = \Sigma \Delta_g + \Sigma \Delta_r + \Sigma \Delta_{\text{гидр}} = 22,3 + 18,2 + 3,0 = 43,5^\circ\text{С}.$$

Температури кипіння розчинів по корпусах установки:

у першому корпусі

$$t_{1к} = t_{2r} + \Delta_{1g} + \Delta_{1r} + \Delta_{1\text{гидр}} = 153,2 + 0,8 + 0,4 + 1,0 = 155,4^\circ\text{С}.$$

у другому

$$t_{2к} = t_{3r} + \Delta_{2g} + \Delta_{2r} + \Delta_{2\text{гидр}} = 121,7 + 8,7 + 1,0 = 131,4^\circ\text{С}.$$

у третьому

$$t_{3к} = t_{4r} + \Delta_{3g} + \Delta_{3r} + \Delta_{3зidp} = 45,4 + 20,0 + 9,1 + 1,0 = 75,5^{\circ}\text{C}.$$

№ варіанту	Вихідні дані					
	Витрата води, м³/доб	Вміст у вихідній воді, г/л				
		$CaCl_2$	$NaCl$	Na_2SO_4	$Ca(HCO_3)_2$	K_2SO_4
1.	1800	0,4	0,2	-	1,2	0,4
2.	2100	-	0,8	0,2	0,3	0,8
3.	4000	0,1	-	-	1,5	0,6
4.	3200	1,1	-	0,6	-	0,3
5.	2500	0,4	0,6	-	1,2	-
6.	3600	1,0	-	-	0,7	0,7
7.	1500	0,9	1,3	-	-	-
8.	1900	0,1	-	0,9	0,9	-
9.	2000	-	0,5	-	0,9	0,5
10.	4100	1,1	-	0,7	-	-

Підсумкове завдання . Розробка технологічної схеми водопостачання промислового підприємства

Розробити технологічну схему водопідготовки для промислового підприємства.

Таблиця 1 – Вихідні дані

Вихідні дані	Номер варіанту											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Витрата води Q , м ³ /доб	15000 000	8000	12000	3000	5000	10000	18000	3000	6000	14000	17000	9000
Підприємство	Метал ургійн ий комбін ат	Консе рвний завод	Хлібн ий комбін ат	Конди терсь ка фабри ка	Вироб ницт во добри в	Цукро вий завод	Тексти льна фабри ка	Вироб ництв о цегли	Дерев ообро бний комбін ат	Консе рвний завод	Хлібн ий комбін ат	Пряди льна фабри ка

Література

1. ДБН В.2.5 – 74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 172 с. (Інформація та документація).
2. ДБН В.2.5 – 75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 128 с. (Інформація та документація).
3. Епоян С.М. Водопостачання та очистка природних вод : навчальний посібник. Харків : Фактор, 2010. 192 с
4. Запольський А.К., Мішкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М. Фізикохімічні основи технології очищення стічних вод : підручник для внз Київ : Лібра, 2000. 551 с.
5. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води : підручник для студентів внз. Київ : Вища школа, 2005. 671 с.
6. Константинов Ю.М Технічна механіка рідини і газу : підручник. Київ : Вища школа, 2002.
7. Прутцьков Д.В. Водопостачання та водовідведення промислових підприємств : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 200 с.
8. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання : підручник для студентів вищих навчальних закладів. Київ : Знання, 2008. 735 с.

$$W = \frac{24 \cdot 200 \cdot 10}{318 \cdot 2} = 75.47 \approx 75.5 \text{ м}^3$$

Таблиця 1 – Питома витрата солі на регенерацію катіоніта

Питома витрата солі на регенерацію катіоніта, г-екв, робочої обмінної ємності	100	150	200	250	300		
Коефіцієнт ефективності регенерації катіоніта	0,62	0,74	0,81	0,86	0,9		
T_o	0,01	0,03	0,05	0,07	0,1	0,3	0,5
	0,7	1,0	3,0	5,0	7,01	10,0	
β	0,93	0,91	0,88	0,86	0,83	0,77	0,7
	0,68	0,65	0,60	0,54	0,52	0,5	

У табл. 1 $C_{Na^+} = \frac{[Na^+]}{23}$. Для даного приклада по табл. 1 $C_{Na} = \frac{1}{10} = 0.1$. Отже за табл. 1.7 знаходимо, що $\beta = 0.83$. Тоді $E_p = 0.74 \cdot 0.83 \cdot 550 - 0.5 \cdot 4 \cdot 10 \approx 318 \text{ г} - \text{екв/м}^3$.

Приймаємо висоту завантаження катіоніта 2,5 м і фільтри діаметром 3,4м. Необхідна сумарна площа фільтрів

$$F = \frac{Q_{Na}}{H_{1cm}^{Na}} = \frac{30.5}{2.5} = 30 \text{ м}^2$$

де H_{ICT}^{Na} - висота шару завантаження фільтра першого ступеня.

Далі визначаємо число робочих фільтрів:

$$n = \frac{F}{f} = \frac{30.5}{9.1} = 3.3 \approx 4$$

Приймаємо чотири робочих фільтра й один резервний. Потім визначаємо швидкості фільтрування води:

$$\text{при нормальному режимі } V_n = \frac{Q_{1ct}^{Na}}{f \cdot n} = \frac{200}{9.1 \cdot 4} = 5.5 \text{ м/год};$$

$$\text{при форсованому режимі } V_\phi = \frac{Q_{1ct}^{Na}}{f \cdot (n-1)} = \frac{200}{9.1 \cdot 3} = 7 \text{ м/год}.$$

При низьких швидкостях фільтрування знижується обмінна ємність катіоніта. У нашому прикладі швидкості досить низькі, тому необхідно зменшити кількість фільтрів і розрахувати швидкості фільтрування при трьох робочих фільтрах:

$$V_H = \frac{200}{9.1 \cdot 3} = 7.7 \text{ м/год} < 15 \text{ м/год}$$

$$V_H = \frac{200}{9.1 \cdot 2} = 11 \text{ м/год} < 25 \text{ м/год}$$

Необхідна кількість регенерацій

$$a = \frac{24 \cdot Q_{\text{лcm}} \cdot I_o}{f H_{\text{клcm}} E_p^{Na} n} = \frac{24 \cdot 200 \cdot 10}{9.1 \cdot 2.5 \cdot 3 \cdot 318} = 2.2$$

Таким чином, доцільно прийняти три робочих фільтра й один резервний. Кількість регенерацій: дві (при збільшенні витрати солі на регенерацію до 200г/ г-екв) або три, що відповідає нормам [1].

Таблиця 1 – Вихідні дані

Вихідні дані	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Витрата води Q , м ³ /доб	15000	8000	12000	3000	5000	10000	18000	3000	6000	14000

Література

1. ДБН В.2.5 – 74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 172 с. (Інформація та документація).
2. ДБН В.2.5 – 75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 128 с. (Інформація та документація).
3. Епоян С.М. Водопостачання та очистка природних вод : навчальний посібник. Харків : Фактор, 2010. 192 с
4. Запольський А.К., Мішкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М. Фізикохімічні основи технології очищення стічних вод : підручник для внз Київ : Лібра, 2000. 551 с.
5. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води : підручник для студентів внз. Київ : Вища школа, 2005. 671 с.
6. Константинов Ю.М Технічна механіка рідини і газу : підручник. Київ : Вища школа, 2002.
7. Прутцьков Д.В. Водопостачання та водовідведення промислових підприємств : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 200 с.
8. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання : підручник для студентів вищих навчальних закладів. Київ : Знання, 2008. 735 с.

$$\Sigma F_{HI} = W / h$$

Швидкість фільтрації води в нормальному режимі:

$$v = Q / F$$

Розрахунок катіонітових фільтрів 2-го ступеня

Для катіонітових фільтрів 2-й ступеня:

$$E_{раб} = a_{\vartheta} E_{полн} - 0,5 q C_{Na},$$

де C_{Na} – вміст натрію в воді, що надходить на фільтри 2-го ступеня, внаслідок проскоку у фільтрат 1-го ступеня. Величина C_{Na} приймається (с запасом) рівному концентрації у вихідній воді.

При питомій витраті H_2SO_4 , рівній 100г/г-екв, $a_{\vartheta} = 0,85$;
 $q=8...10\text{м}^3/\text{м}^3$ катіоніту.

Водень-катіонітові фільтри 3-й ступеня приймаємо без розрахунку, рівнозначно 2-го ступеню. Швидкість фільтрації води через Н-катіонітові фільтри 1-го ступеня повинна бути не більше 25 м / год, а при форсованому режимі - не більше 30 м / год. Для фільтрів 2-й і 3-го ступеня цю величину можна збільшити до 40 ... 60 м / год.

Вихідні дані

Таблиця 1 – Варіанти завдань

№ варіанту	Вихідні дані					
	Витрата води, м ³ /доб	Вміст у вихідній воді, г/л				
		$CaCl_2$	$NaCl$	Na_2SO_4	$Ca(HCO_3)_2$	K_2SO_4
1.	1800	0,4	0,2	-	1,2	0,4
2.	2100	-	0,8	0,2	0,3	0,8
3.	4000	0,1	-	-	1,5	0,6
4.	3200	1,1	-	0,6	-	0,3
5.	2500	0,4	0,6	-	1,2	-
6.	3600	1,0	-	-	0,7	0,7
7.	1500	0,9	1,3	-	-	-

8.	1900	0,1	-	0,9	0,9	-
9.	2000	-	0,5	-	0,9	0,5
10.	4100	1,1	-	0,7	-	-

Література

1. ДБН В.2.5 – 74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 172 с. (Інформація та документація).
2. ДБН В.2.5 – 75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 128 с. (Інформація та документація).
3. Епоян С.М. Водопостачання та очистка природних вод : навчальний посібник. Харків : Фактор, 2010. 192 с
4. Запольський А.К., Мішкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М. Фізикохімічні основи технології очищення стічних вод : підручник для внз Київ : Лібра, 2000. 551 с.
5. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води : підручник для студентів внз. Київ : Вища школа, 2005. 671 с.
6. Константинов Ю.М Технічна механіка рідини і газу : підручник. Київ : Вища школа, 2002.
7. Прутцьков Д.В. Водопостачання та водовідведення промислових підприємств : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 200 с.
8. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання : підручник для студентів вищих навчальних закладів. Київ : Знання, 2008. 735 с.

Таблиця 1 – Характеристика аніонітів

Назва аніоніту	Розмір зерен, мм	Робоча обмінна ємність, г-екв/м ³	Примітка
АН – 2Ф	0,3...0,5	450-550	Стійкий в кислому середовищі до t=50°C
ЭДЭ – 10П	0,3...1,5	800	Теж
АВ - 17	0,2...1,6	650	Стійкий в кислому середовищі до t=50°C

Розрахунок аніонітових фільтрів 2-го ступеня

Для фільтрів 2-го ступеня розрахункова величина обмінної ємності:

$$E_{расч} = E_p - 0,5 q C_{SiO_3^{2-}}$$

Таблиця 2 – Залежність середньої концентрації за межрегенераційний період

Середня концентрація в мг / л в знесолений воді за межрегенераційний період	Залишкова концентрація в фільтраті аніонітових фільтрів 1-го ступеня
0,02	0,1
0,05	0,2
0,07	0,3
0,1	0,4
0,12	0,5
0,13	0,6
0,15	0,7
0,17	0,8
0,18	0,9
0,2	1,0
0,22	1,1

0,23	1,2
0,25	1,3
0,26	1,4
0,28	1,5

Таблиця 3 — Залежність робочої кремнеємності аніоніту Еде-10П від концентрації кремнієвої кислоти у вихідній воді

Залишкова концентрація в фільтраті в момент вимикання на регенерацію в мг / л	Робоча кремнеємність аніонату в г-екв / м ³ при концентрації у вихідній воді в мг / л													
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42
0,1	15	23	29	34	37	39	40	43	44	45	46	47	49	50
0,5	27	35	39	43	47	50	53	57	61	64	67	70	74	77
1,0	38	45	50	55	60	64	67	70	73	76	79	82	86	89
1,5	50	56	61	67	70	73	76	80	84	87	90	93	97	100

Замість аніоніту Еде-10П можна приймати для завантаження сільноосновним АВ-17, розрахункова кремнеємність становить 420 г-екв / м³ (табл.8), тобто вона значно вище.

Таблиця 4 — Робоча кремнеємність сільноосновних аніонітів

Назва аніоніту	Робоча кремнеємність аніоніту в г-екв/м ³ до проскоку у фільтрат в мг/л			Витрата їдкого натру на регенерацію в кг на 1м ³ аніоніту
	0,1	0,5	1,0	
ЭДЭ – 10П	32	60	84	24,5
АВ – 16	176	238	255	144
АВ - 17	420	528	562	210

Аніоніти фільтрів 3-й ступеня підбирають за швидкістю фільтрування до 30м / год і $h = 1,5$ м. Тому в даному випадку ці фільтри прийняті тих же розмірів, що і для 2-го ступеня.

Вихідні дані

Таблиця 5 – Варіанти завдань

№ варіанту	Вихідні дані					
	Витрата води, м ³ /доб	Вміст у вихідній воді, г/л				
		$CaCl_2$	$NaCl$	Na_2SO_4	$Ca(HCO_3)_2$	K_2SO_4
1.	1800	0,4	0,2	-	1,2	0,4
2.	2100	-	0,8	0,2	0,3	0,8
3.	4000	0,1	-	-	1,5	0,6
4.	3200	1,1	-	0,6	-	0,3
5.	2500	0,4	0,6	-	1,2	-
6.	3600	1,0	-	-	0,7	0,7
7.	1500	0,9	1,3	-	-	-
8.	1900	0,1	-	0,9	0,9	-
9.	2000	-	0,5	-	0,9	0,5
10.	4100	1,1	-	0,7	-	-

Література

1. ДБН В.2.5 – 74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 172 с. (Інформація та документація).
2. ДБН В.2.5 – 75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 128 с. (Інформація та документація).
3. Епоян С.М. Водопостачання та очистка природних вод : навчальний посібник. Харків : Фактор, 2010. 192 с
4. Запольський А.К., Мішкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М. Фізикохімічні основи технології очищення стічних вод : підручник для внз Київ : Лібра, 2000. 551 с.
5. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води : підручник для студентів внз. Київ : Вища школа, 2005. 671 с.
6. Константинов Ю.М Технічна механіка рідини і газу : підручник. Київ : Вища школа, 2002.
7. Прутцьков Д.В. Водопостачання та водовідведення промислових підприємств : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 200 с.
8. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання : підручник для студентів вищих навчальних закладів. Київ : Знання, 2008. 735 с.

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 не 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:

$$C_{u.c} = M_u + 50 (J_0 + J_k + \frac{CO_2}{22,01} + 0,5) + 29 \frac{Mg^{2+}}{12,16} + D_u \frac{100-m}{100} \text{ мг/л}$$

Визначаємо дозу соди (в перерахунку на Na_2CO_3)

$$D_c = 53 \left(J_n + \frac{D_k}{e} + 1 \right)$$

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.

Таблиця 1 – Вихідні дані для розрахунку з освітлювачами

Вихідні дані	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Витрата води Q , м ³ /доб	15000	8000	12000	3000	5000	10000	18000	3000	6000	14000
Вміст Ca^{2+} , мг/л	175	120	70	200	220	50	120	140	180	150
Вміст Mg^{2+} , мг/л	30	25	15	10	18	32	40	35	30	22
Каламутність вихідної води, мг/л	300	250	170	60	350	400	420	390	90	220

Вміст бікарбон атів HCO_3^- , мг/л	488	366	289,7	366	488	253,7	244	427	488	244
Темпера тура води, °С	10	15	20	25	30	35	20	15	10	20
рН вихідної води	7,1	6,8	7,2	6,8	7,6	7,4	6,6	7,5	7,9	7,7

Література

1. ДБН В.2.5 – 74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 172 с. (Інформація та документація).
2. ДБН В.2.5 – 75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 128 с. (Інформація та документація).
3. Епоян С.М. Водопостачання та очистка природних вод : навчальний посібник. Харків : Фактор, 2010. 192 с
4. Запольський А.К., Мішкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М. Фізикохімічні основи технології очищення стічних вод : підручник для внз Київ : Лібра, 2000. 551 с.
5. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води : підручник для студентів внз. Київ : Вища школа, 2005. 671 с.
6. Константинов Ю.М Технічна механіка рідини і газу : підручник. Київ : Вища школа, 2002.
7. Прутцьков Д.В. Водопостачання та водовідведення промислових підприємств : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 200 с.
8. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання : підручник для студентів вищих навчальних закладів. Київ : Знання, 2008. 735 с.

Температура кипіння розчину

$$t_{kp} = 54 + 30 = 84^{\circ}\text{C}.$$

По таблицях водяної пари необхідно знайти ентальпії гріючої і вторинної пари:

$$P_{z.n} = 0,6 \text{ МПа}; \quad i_{z.n} = 2765 \text{ кДж/кг};$$

$$P_{в.т} = 0,15 \text{ МПа}; \quad i_{в.т} = 2489 \text{ кДж/кг}.$$

Коефіцієнти випару і самовипару:

$$\alpha_i = \frac{i_{z.n} - t_n}{i_{в.т} - t_{к.р}} = \frac{2765 - 158.0}{2489 - 180.0} = 1,12;$$

$$\beta = \frac{i_0 - t_{к.р}}{i_{в.т} - t_{к.р}} = \frac{101 - 180.0}{2489 - 180.0} = 0,034,$$

де t_0 – температура кипіння розчину на вході в апарат, $^{\circ}\text{C}$.

Питома витрата гріючої пари

$$d_{z.n} = \frac{\omega - C \beta}{\alpha_u} = \frac{0.86 - 1.15 \times 0.034}{1.12} = 0,82 \text{ кг/кг}.$$

Загальна витрата пари

$$D = d G_{нач} = 0,82 \times 2500 = 2052 \text{ кг/г}.$$

Теплова подача апарата

$$Q = D (i_{z.n} - t_n) = 2052 (2765 - 158) = 5349564 \text{ кДж/г}.$$

Температурний напір

$$\Delta t = 158,0 - 80,0 = 78^{\circ}\text{C}.$$

При розрахунку приймають коефіцієнт теплопередачі в I год $K=1530 \text{ кДж/(м}^2 \cdot \text{К)}$.

Площа поверхні нагрівання установки

$$F = \frac{Q}{k \times \Delta t} = \frac{5349564}{1530 \times 78} = 44,9 \text{ м}^2.$$

За ГОСТ II 987-8I вибираємо випарний апарат з наступними характеристиками:

номінальна площа поверхні теплообміну, м ²	63
діаметр труб, мм	38x2
висота труб, мм	4000
діаметр гріючої камери, мм	800
загальна висота апарата, мм	13000

№ варіанту	Вихідні дані					
	Витрата води, м ³ /доб	Вміст у вихідній воді, г/л				
		<i>CaCl₂</i>	<i>NaCl</i>	<i>Na₂SO₄</i>	<i>Ca(HCO₃)₂</i>	<i>K₂SO₄</i>
1.	1800	0,4	0,2	-	1,2	0,4
2.	2100	-	0,8	0,2	0,3	0,8
3.	4000	0,1	-	-	1,5	0,6
4.	3200	1,1	-	0,6	-	0,3
5.	2500	0,4	0,6	-	1,2	-
6.	3600	1,0	-	-	0,7	0,7
7.	1500	0,9	1,3	-	-	-
8.	1900	0,1	-	0,9	0,9	-
9.	2000	-	0,5	-	0,9	0,5
10.	4100	1,1	-	0,7	-	-

Література

1. ДБН В.2.5 – 74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 172 с. (Інформація та документація).
2. ДБН В.2.5 – 75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 128 с. (Інформація та документація).
3. Епоян С.М. Водопостачання та очистка природних вод : навчальний посібник. Харків : Фактор, 2010. 192 с
4. Запольський А.К., Мішкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М. Фізикохімічні основи технології очищення стічних вод : підручник для внз Київ : Лібра, 2000. 551 с.
5. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води : підручник для студентів внз. Київ : Вища школа, 2005. 671 с.
6. Константинов Ю.М Технічна механіка рідини і газу : підручник. Київ : Вища школа, 2002.
7. Прутцьков Д.В. Водопостачання та водовідведення промислових підприємств : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 200 с.
8. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання : підручник для студентів вищих навчальних закладів. Київ : Знання, 2008. 735 с.

Δt – зниження температури в градирні.

Втрати води з краплинним винесенням вітром залежать від типу охолоджувача. Для вентиляторних градирень ці втрати складають 0,2-0,5 % від витрати оборотної води, для баштових градирень – 0,5-1%.

Позначимо кількість води, що знаходиться в обороті $Q_{об}$, м³/год, тоді

$$q_o = \frac{P_o \cdot Q_{об}}{100} ; q_1 = \frac{P_1 \cdot Q_{об}}{100} ; q_{пр} = \frac{P_3 \cdot Q_{об}}{100} \quad (4)$$

Таблиця1 - Вихідні дані для виконання розрахункової частини

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25
Продуктивність цеха за рік, т	$1,4 \cdot 10^6$	$1,0 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^6$	$0,9 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^6$
Норма водоспоживання, м ³ на 1000 м ³ газу	10	8	5,7	6	10,3
Кількість годин роботи за рік,	8760	8472	8472	8472	8760
Коефіцієнт годинної нерівномірності	1,05	1,0	1,05	1,0	1,05
Влаговміст доменного газу при t=55°C, г/м ³	120	120	120	120	120
Втрати води в процесі очистки,	0,5	0,5	0,5	0,5	0
Втрати води з бризговиносом на градирні, %	0,2	0,25	0,2	0,2	0,25
Температура нагрітої води,	42	45	50	48	4
Температура охолодженої води,	30	30	35	34	3
Коефіцієнт випаровування $K_{вип}$	2,2	3,0	1,4	2,0	2
Виробничість скрубера по газу, м ³ /год.	120 тис.	90 тис.	150 тис.	80 тис.	66 тис.
Апарат для очистки стічних вод	Флокулятор d = 12	радіальний відстійник d = 24	радіальний відстійник d = 30	радіальний відстійник d = 24	Флокулятор d = 12

Література

1. ДБН В.2.5 – 74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 172 с. (Інформація та документація).
2. ДБН В.2.5 – 75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 128 с. (Інформація та документація).
3. Епоян С.М. Водопостачання та очистка природних вод : навчальний посібник. Харків : Фактор, 2010. 192 с
4. Запольський А.К., Мішкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М. Фізикохімічні основи технології очищення стічних вод : підручник для внз Київ : Лібра, 2000. 551 с.
5. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води : підручник для студентів внз. Київ : Вища школа, 2005. 671 с.
6. Константинов Ю.М Технічна механіка рідини і газу : підручник. Київ : Вища школа, 2002.
7. Прутцьков Д.В. Водопостачання та водовідведення промислових підприємств : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 200 с.
8. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання : підручник для студентів вищих навчальних закладів. Київ : Знання, 2008. 735 с.

$$\text{Витрата води на власні потреби} \quad q = \frac{drn}{24}$$

де d – витрата води на одне промивання одного фільтра, м³,

$$d = \frac{i \cdot f \cdot \tau \cdot 60}{1000} = \frac{12 \cdot 7.1 \cdot 15 \cdot 60}{1000} = 76.6 \approx 77 \text{ м}^3 \quad (1.2)$$

де i – інтенсивність промивання, л/(с · м²), приймаємо 12 л/(с · м²);

f – площа фільтра;

τ – тривалість промивання, приймається 15 хв;

r – число промивань кожного фільтра, приймаємо 2.

$$\text{Таким чином,} \quad g = \frac{77 \cdot 2 \cdot 4}{24} = 27.5 \text{ м}^3 / \text{год} = 15.3\%$$

Як видно з розрахунків, витрата води на власні потреби фільтрів становить 15,3% замість 8,0% /прийнятих за вихідним даними/. Тому необхідно зменшити число регенерацій фільтрів і зробити перерахунок, або при визначенні собівартості води врахувати отримані дані.

Необхідно знайти швидкість фільтрування при нормальному режимі (один фільтр у промиванні) і форсованому (один фільтр у промиванні, один у ремонті):

$$V_n = \frac{Q_{\text{о.ф.}} + g'}{f \cdot (n - 1)} = \frac{216 + 14}{7.1 \cdot (4 - 1)} = 10.8 \text{ м/год} \geq 10 \text{ м/год}, \quad (1.3)$$

де g' – додаткова витрата води на власні потреби в порівнянні із прийнятим, м³/год;

$$V_\phi = \frac{Q_{\text{о.ф.}} + g'}{f \cdot (n - 2)} = \frac{216 + 14}{7.1 \cdot (4 - 2)} = 16.2 \text{ м/г} \geq 12 \text{ м/год} \quad (1.4)$$

Отже, швидкості завищені, тому необхідно кількість фільтрів збільшити до 5. Тоді :

$$V_n = \frac{230}{7.1 \cdot (5 - 1)} = 8.1 \text{ м/г} \leq 10 \text{ м/год}$$

$$V_\phi = \frac{230}{7.1 \cdot (5 - 2)} = 10.8 \text{ м/г} \leq 12 \text{ м/год}$$

Відповідно до розрахунку необхідно встановити п'ять фільтрів діаметром 3,0

м.

Вихідні дані

Таблиця 1 – Варіанти завдань

№ варіанту	Вихідні дані					
	Витрата води, м³/доб	Вміст у вихідній воді, г/л				
		$CaCl_2$	$NaCl$	Na_2SO_4	$Ca(HCO_3)_2$	K_2SO_4
1.	1800	0,4	0,2	-	1,2	0,4
2.	2100	-	0,8	0,2	0,3	0,8
3.	4000	0,1	-	-	1,5	0,6
4.	3200	1,1	-	0,6	-	0,3
5.	2500	0,4	0,6	-	1,2	-
6.	3600	1,0	-	-	0,7	0,7
7.	1500	0,9	1,3	-	-	-
8.	1900	0,1	-	0,9	0,9	-
9.	2000	-	0,5	-	0,9	0,5
10.	4100	1,1	-	0,7	-	-

Література

1. ДБН В.2.5 – 74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 172 с. (Інформація та документація).
2. ДБН В.2.5 – 75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 128 с. (Інформація та документація).
3. Епоян С.М. Водопостачання та очистка природних вод : навчальний посібник. Харків : Фактор, 2010. 192 с
4. Запольський А.К., Мішкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М. Фізикохімічні основи технології очищення стічних вод : підручник для внз Київ : Лібра, 2000. 551 с.
5. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води : підручник для студентів внз. Київ : Вища школа, 2005. 671 с.
6. Константинов Ю.М Технічна механіка рідини і газу : підручник. Київ : Вища школа, 2002.
7. Прутцьков Д.В. Водопостачання та водовідведення промислових підприємств : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 200 с.
8. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання : підручник для студентів вищих навчальних закладів. Київ : Знання, 2008. 735 с.

1. Завдання для самостійної роботи

Тема 1. Утворення карбонатних відкладень. Стабільність води. Сольовий склад. Зміни концентрації розчинених речовин. Література [1, 5, 12, 14].

Тема 2. Види охолоджувачів води у промисловості. Градирні, бризкальні басейни. Температурний режим охолоджувачів. Література [5, 7, 8, 12].

Тема 3. Тепловий режим охолоджувачів. Зміни температури. Ефективність роботи охолоджувачів. Література [1, 4, 5, 10].

Тема 4. Види градирень, їх конструкції. Література [1, 9, 10, 12].

Тема 5. Процеси теплообміну у випарних охолоджувачах. Багатокорпусні випарні установки. Література [7, 10, 12, 14].

Тема 6. Фосфатування води. Реагенти. Технологічна схема обробки методом фосфатування. Література [1, 5, 6].

Тема 7. Розрахунок доз реагентів для підкислення. Реагенти для підкислення води. Методика розрахунку доз реагентів. Література [1, 5, 6, 7].

Тема 8. Катіонітове фільтрування. Іонообмінні фільтри, технологічні схеми процесу іонообміну. Література [6, 7, 8, 10].

Тема 9. Регенерація завантаження в йоннообмінних установках. Література [4-7].

Тема 10. Амоній-катіонітові установки, конструкція, технологія процесу, регенерація завантаження. Література [4-7].

Тема 11. Водопідготовка для атомних електростанцій. Вимоги до якості води, технологічні схеми водопідготовки. Література [2, 3, 8, 12].

Тема 12. Водопостачання коксохімічного виробництва. Вимоги до якості води, технологічні схеми водопідготовки. Література [1, 11, 14].

Тема 13. Водопостачання тваринницьких комплексів. Вимоги до якості води, технологічні схеми водопідготовки. Література [2, 5, 12].

Тема 14. Випарні установки, технологічні схеми роботи однокорпусних та багатокорпусних установок. Література [1, 5, 7, 10].

Тема 15. Розрахунок випарних установок. Вихідні дані. Розрахунок температурного режиму, барометричного конденсатору, витрати гріючого пару. Література [1, 5, 7, 14].

2. Ціль і тема контрольної роботи

Ціль контрольної роботи – засвоєння необхідного обсягу знань у галузі наукових досліджень, підготовка магістрантів до самостійного виконання наукової роботи, ознайомлення з формами звітів, методикою підготовки повідомлень, доповідей, наукових статей, тез, магістерської роботи.

Контрольна робота складається з письмових відповідей на два теоретичних питання (додаток Б).

3. Склад контрольної роботи

Контрольна робота включає такі розділи:

- теоретичні питання;
- список використаної літератури.

4. Методичні вказівки до виконання роботи

Варіант контрольної роботи вибирається студентом по двох останніх цифрах його залікової книжки згідно з додатком А.

Конкретний зміст контрольної роботи студент визначає самостійно згідно з переліком питань, які приведені в додатку Б. Перелік рекомендованої літератури додається.

Відповіді на теоретичні питання повинна починатися з заголовку і повинні бути конкретними з необхідними схемами, рисунками і посиланнями на використану літературу. Зміст питання необхідно викладати своїми словами після вивчення необхідного матеріалу.

Завдання повинно включати умову з вихідними даними, хід розв'язання з необхідними пояснюючими схемами, прикладами, висновком за результатами виконання. В кінці контрольної роботи приводиться список використаної літератури, оформлений згідно з діючими стандартами.

Вибір варіанту контрольної роботи

ПЕРЕДОСТА ННЯ ЦИФРА НОМЕРА ЗАЛІКОВОЇ КНИЖКИ	Запоріжжя, 2018. – 200 с.ОСТАННЯ ЦИФРА НОМЕРА ЗАЛІКОВОЇ КНИЖКИ									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,36	2, 35	3, 34	4, 33	5, 32	6, 31	7, 30	8, 29	9, 28	10,27
1	11, 26	12, 25	13, 24	14, 23	15, 22	16, 21	17, 20	18, 19	19, 17	20, 18
2	15, 21	14, 22	13, 23	12, 24	11, 25	10, 26	9, 27	8, 28	7, 29	6, 30
3	5, 31	4, 32	2, 33	1, 34	4, 35	5, 36	1, 18	2, 19	3, 20	4, 21
4	5, 22	6, 23	7, 24	8, 25	9, 26	10, 27	11, 28	12, 29	1, 30	2, 31/14
5	3, 32/15	4, 33	5, 34	6, 35	7, 36	8, 10	9, 11	10, 12	11, 13	12, 16/24
6	1, 17/25	2, 18	3, 19	4, 20	5, 21	6, 22	7, 23	8, 24	9, 25	10, 26/34
7	11, 27/35	12, 28	1, 29	2, 30	3, 31	4, 32	5, 33	6, 34	7, 35	8, 36/16
8	9, 20/17	10, 21	11, 22	12, 23	1, 24	2, 25	3, 26	4, 27	5, 28	6, 29/26
9	7, 30/27	8, 31	9, 32	10, 33	11, 34	12, 35	1, 25	2, 30	3, 34	4, 20/36

Примітка: Цифри в чисельнику відповідають номеру теоретичного питання,
а в знаменнику - номеру теми дослідження

Питання для самостійної роботи

1. Особливості використання води у промисловості
2. Класифікація систем водопостачання промислових підприємств.
3. Особливості водопостачання виробництва синтетичного каучуку.
4. Категорії виробничого водопостачання.
5. Головні випадки використання води у промисловості.
6. Норми водоспоживання у промисловості.
7. Вимоги до якості води, що застосовується у промисловості.
8. Вибір схем водопостачання промислових підприємств.
9. Основні схеми виробничого водопостачання.
10. Класифікація систем оборотного водопостачання.
11. Ускладнення в роботі діючих систем водопостачання промислових підприємств.
12. Водно-хімічний режим оборотних систем водопостачання.
13. Втрати води в оборотних циклах водопостачання.
14. поняття коефіцієнту концентрування добре розчинних солей
14. Визначення коефіцієнту концентрування на підставі водного балансу систем.
15. Визначення коефіцієнту концентрування через сольовий баланс системи.
16. Поняття продувки та підживлення систем оборотного водопостачання.
17. Основні причини порушення водно-хімічного режиму роботи діючих систем водопостачання.
18. Рівняння водно-сольового балансу.
19. Види систем охолодження води на промислових підприємствах.
20. Охолоджуючі пристрої оборотних систем.
21. Обробка охолоджуючої води.
22. Методи запобігання сольових відкладень.
23. Особливості застосування фосфатування води.
24. Методи запобігання корозійного зносу металів.
25. Особливості застосування підкислення води.
26. Обробка води для нарощування карбонатної плівки.
27. Фільтрування води через мармур та магномасу для стабілізації.
28. Рекарбонізація.
29. Споживачі води та теплоелектростанціях.
30. Схеми водопостачання ТЕС і ТЕЦ.
31. Системи водопостачання ТЕС і ТЕЦ.
32. Особливості обробки води для живлення котлів.
33. Особливості Охолодження конденсаторів парових турбін.
34. Споживачі води на металургійних підприємствах.
35. Схема оборотного водопостачання металургійного заводу.
36. Особливості використання води при і флотаційному засобі збагачення руди.
37. Особливості водяного охолодження доменних печей.
38. Схеми випаровувального охолодження металургійних пічок.
39. Особливості водоспоживання при виробництві гарячого прокату.
40. Споживання води на коксохімічних підприємствах.
41. Особливості водоспоживання на машинобудівних підприємствах.
42. Створення замкнених систем водопостачання.

- 43. Особливості каскадного використання води.
- 44. Особливості замкнутої системи водоспоживання заводу Дніпроспецсталь (м.Запоріжжя).
- 45. Замкнута система водоспоживання Запорізького промвузла.
- 46. Системи сільськогосподарського водопостачання.

ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА

Навчальні посібники :

1. Прутцьков Д. В. Водопостачання та водовідведення промислових підприємств : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 200 с.
2. Епоян С.М. Водопостачання та очистка природних вод: навчальний посібник. Харків : Фактор, 2010. 192 с

Підручники:

1. Константинов Ю. М Технічна механіка рідини і газу : підручник. Київ : Вища школа, 2002.
2. Запольський А. К. Мішкова-Клименко Н. А., Астрелін І. М. Фізикохімічні основи технології очищення стічних вод: підручник для вnz Київ : Лібра, 2000. 551 с.
3. Андон'єв С. М. Особливості промислового водопостачання. Київ : Будівельник, 1981. 248 с.
4. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води : підручник для студентів вnz. Київ : Вища школа, 2005. 671 с.
5. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання: підручник для студентів вищих навчальних закладів. Київ : Знання, 2008. 735 с.