

Завдання для самостійного виконання до ЗМ 10

на тему «Розрахунок електродіалізної установки заданої продуктивності»

Мета заняття: набути навички розрахунку елементів електродіалізної установки.

Питання для повторювання

1. Що собою представляє процес електродіалізу?
2. Які обмеження ставлять до якості стічної води?
3. З яких елементів складається електродіалізна установка?

Задача. Виконати розрахунок електродіалізної установки продуктивність Q , $\text{м}^3/\text{доб}$ та вміст завислих речовин C , г/л у стічній воді.

Таблиця 1 – Вихідні дані

№	1	2	3	4	5
Q , $\text{м}^3/\text{доб}$	2500	1000	900	25000	15000
C , г/л	4,5	5,0	3,8	2,2	2,5

Інформація до розв'язання

Електродіалізні установки застосовують для очистки води з солевмістом 1,5...7г/л, в окремих випадках до 15 г/л. Вода, що подається на електродіалізну установку, повинна містити завислих речовин не більше 1,5 мг/л.

Число ступенів n установки визначається з виразу:

$$\alpha_c^n \cdot C_H \leq C_K, \quad (1)$$

де C_H - солевміст вихідної води, мг-екв/л;

C_K - солевміст очищеної води, мг-екв/л;

α_c - коефіцієнт граничного зниження солевмісту:

$$\alpha_c = (100 - S_C) / 100, \quad (2)$$

де S_C - солез'єм за один прохід води через апарат, визначається за паспортними даними.

Кількість паралельно працюючих апаратів в кожному ступені:

$$N = 26,8 Q (C_{\text{вх}} - C_{\text{вих}}) / i_p F_M \eta n, \quad (3)$$

де Q – витрата стічних вод, м³/год;

$C_{\text{вх}}$, $C_{\text{вих}}$ - відповідно вхідна і вихідна концентрація діалізата в апараті кожного ступеня, мг-екв/л;

i_p – робоча щільність току, А/м²;

F_M - робоча корисна площа кожної мембрани, за паспортними даними;

η - коефіцієнт виходу по току, для апаратів з мембранами типа МА і МК
 $\eta = 0,85$;

n - кількість чарунок в апараті.

Робоча щільність току приймається рівною оптимальній, що визначається по табл. 1.

Таблиця 1 - Оптимальна щільність току при електродіалізі

Солевміст, г/л		15	7,5	2,5
Розрахункова щільність току, А/см ²	для циркуляційних ЕДУ	0,007-0,0013	0,006-0,01	0,005-0,008
	для прямоточних ЕДУ	0,023-0,036	0,017-0,028	0,008-0,015

Розрахункові щільності току по ступеням прямоточної установки:

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{i_2}{i_3} = \dots = \frac{1}{\alpha_c}, \quad (4)$$

$$i_1 = i_p.$$

Напруга на електродах електродіалізних апаратів, В:

$$U = U_E + n E_M + i_p F_M n r_{\text{чар}}, \quad (5)$$

де U_E - напруга на електродній системі, рівна 3...5 В;

E_M - мембранний потенціал чарунки з врахуванням концентраційної поляризації, В;

$r_{\text{чар}}$ – опір чарунки, Ом.

Мембранний потенціал чарунки, В:

$$E_M = \varphi + \psi \lg(C_P/C_D), \quad (6)$$

де φ и ψ - коефіцієнти, що приймається по табл. 6;

C_P , C_D - розрахункові концентрації відповідно розсолу і діалізату, мг-екв/л.

Таблиця 2 – Коефіцієнти φ та ψ

t, °C	1	5	10	15	18	20	25	30
φ	0,084	0,086	0,087	0,089	0,09	0,091	0,093	0,095
ψ	0,079	0,08	0,081	0,083	0,084	0,085	0,086	0,088

Розрахункова концентрація діалізату, мг-екв/л:

- для будь-якого ступеня прямоточної установки:

$$C_D = (C_{ВХ} - C_{ВЫХ}) / 2,3 \lg(C_{ВХ}/C_{ВЫХ}); \quad (7)$$

- для циркуляційної установки:

$$C_D = (C_H - C_K) / 2,3 \lg(C_H/C_K). \quad (8)$$

Розрахункова концентрація розсолу $C_P = (3...4) C_H$.

Опір чарунки, Ом:

$$r_{яч} = \frac{1}{F_M} \left(\frac{d\delta}{G_D} + \frac{d\delta}{G_P} + 2\rho \right), \quad (9)$$

де ρ - середній питомий поверхневий опір мембран, Ом·см²;

δ - коефіцієнт збільшення омичного опору камери, в апаратах з сепараторами з вініпласту - 1,54; поліетилену - 1,48; полівінілхлориду - 1,32;

d – відстань між мембранами, см;

G_D , G_P – питомі електропровідності діалізату і розсолу відповідно.

Величина питомої електропровідності при $t=18^\circ\text{C}$, Ом⁻¹см⁻¹:

$$G_{18} = C^\beta / 8300, \quad (10)$$

де C - концентрація солей у діалізаті або розсолі, мг-екв/л;

β - коефіцієнт, що залежить від відношення вмісту сульфатів (мг-екв/л) до загальної кількості аніонів (мг/л), що приймається по табл. 7.

Таблиця 3 – Значення коефіцієнта β

$[\text{SO}_4^{2-}] / \Sigma A$	0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1
β	0,94-0,92	0,82-0,895	0,895-0,87	0,87-0,84	0,84-0,81

Питома електропровідність діалізату або розсолу при температурі t , $\text{Om}^{-1}\text{cm}^{-1}$:

$$G_t = G_{18} [1 + 0,02(t - 18)] , \quad (11)$$

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/
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.
3. Бодік І., Ріддерстолп П. СТІЙКА САНІТАРІЯ 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.
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.
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 : Мінрегіон України, 2013. 219 с. <https://armis.com.ua/docs/dbn/102.1.-DBN-V.2.5-75-2013-Kanalizatsiya-Zovnishni-merezhi.pdf>.
7. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація : підручник. Київ : Кондор, 2009. 288 с.
URL : http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2016/Kravch_2009_288.pdf.
8. Лукиных А.А., Лукиных Н.А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н. Н. Павловского: справочное пособие. Москва : Стройиздат, 1974. 156 с.

