

Курс "Новітні технології водопідготовки" розроблено в рамках проєкту «Безпечна питна вода в Україні: доступ до інформації про якість води та методи водопідготовки», що реалізується ГО "ВУВТ "WaterNet" за фінансової підтримки Фінського Фонду Місцевого Співробітництва Посольства Фінляндії в Україні

Лабораторна робота 5

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ КОМЕРЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ЗВОРОТНОГО ОСМОСУ

Мета роботи: здійснити мембранне розділення води з водогінної мережі на пермеат та концентрат з використанням комерційної установки Ecosoft MO 6500. Визначити основні показники ефективності роботи установки: загальний солевміст у досліджуваній (вихідній воді), пермеаті та концентраті, розрахувати селективність та ККД установки. Отримати досвід з експлуатації комерційної установки зворотного осмосу.

Методика проведення досліджень

Апаратура. Установка Ecosoft MO 6500, TDS-метр, мірний циліндр, секундомір.

Принцип роботи установки Ecosoft MO 6500. Установка призначена для отримання води зі зниженою мінералізацією (пермеат). Вона відповідає ТУ 13680574.002-2000 і допущена Міністерством охорони здоров'я України до використання в процесах очищення питної води.

Схема установки наведена на рис 5.1. Водопровідна вода подається на 5-мікронний **фільтр механічного очищення**, який забезпечує її очищення від механічних домішок. Попередньо очищена вода насосом високого тиску подається на модуль з **мембранним елементом 4040**, в якому відбувається розділення води на два потоки: пермеат (демінералізовану воду) і концентрат

(воду з підвищеним солемістом), який скидається в каналізацію через дренаж. **Манометр тиску** в системі показує тиск в мембранному модулі, який встановлюється (вручну) регулювальним вентилям на **ротаметрі скидання**. Пермеат направляється на вихід зворотного осмосу, його витрата реєструється **ротаметром пермеату**, а **продуктивність лічильником**. Зазначені параметри експлуатації залежать від тиску в мембранному модулі. Зі збільшенням тиску зростає потік пермеата. На лінії пермеата встановлено **реле високого тиску**, яке відключає установку за підвищення тиску в цій лінії. Концентрат скидається в каналізацію. Під час робочого режиму системи, частина потоку концентрату направляється на вхід насоса високого тиску (рецикл концентрату) з метою зменшення кількості концентрату, що скидається в каналізацію. Збільшення частки води в рециклі та, відповідно, зменшення потоку скидання регулюється вручну вентилям.

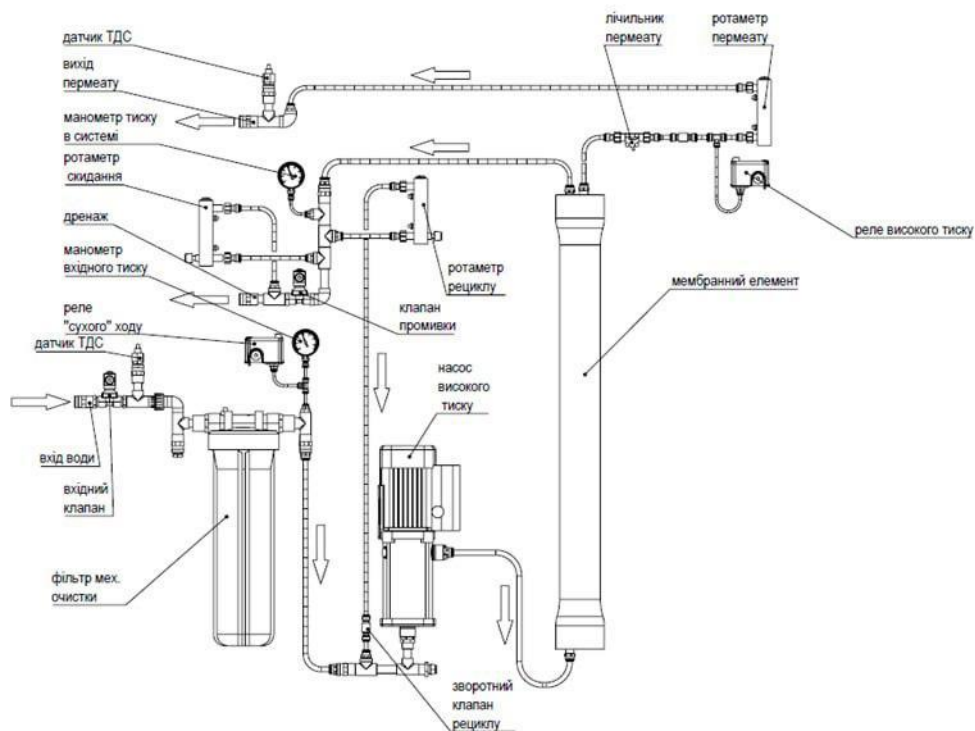


Рисунок 5.1 - Схема комерційної установки Ecosoft MO 6500

Вимоги до монтажу установки

- 1 Установка монтується на рівній горизонтальній поверхні

2 Якість вихідної води повинна відповідати вимогам, наведеним в Технічних характеристиках установки. Тиск в системі водопостачання повинен бути не менше 2 бара. Трубопроводи подачі води та відводу повинні відповідати місцевим вимогам та забезпечувати необхідну витрату вихідної води і відведення концентрату в каналізацію.

3 У випадку використання вузла дозування антискаланта, довжина лінії всмоктування насоса-дозатора не повинна перевищувати 1.5 м.

4 Установка може працювати як в автономному режимі, так і разом з балонним фільтром. При спільній роботі необхідно забезпечити електричне з'єднання установки та контролера автоматичного клапана для зупинки роботи осмосу на час регенерації балонного фільтра.

Режими роботи установки

Установка Ecosoft МО 6500 може функціонувати в одному з режимів:

- «ВИРОБНИЦТВО»;
- «ПРОМИВКА»;
- «ОЧИКУВАННЯ»;
- «АВАРІЯ»;
- «СТОП».

Назва поточного режиму роботи установки відображається на дисплеї контролера.

Режим «ВИРОБНИЦТВО»;

У режимі «ВИРОБНИЦТВО» установка виробляє пермеат і направляє його в збірник. Активація режиму «ВИРОБНИЦТВО» відбувається при включенні установки та за відсутності сигналу верхнього рівня від поплавкового вимикача, встановленого у збірнику та сигналу «СТОП» від кнопочового перемикача. У режимі «ВИРОБНИЦТВО» з програмованої затримкою відкривається соленоїдний клапан і включається насос.

Режим «ПРОМИВКА»

Активація режиму «ПРОМИВКА» здійснюється за умови надходження на контролер сигналу верхнього рівня від поплавкового вимикача, перед

переведенням установки в режим «ОЧИКУВАННЯ». Тривалість промивки регулюється електронним контролером. У режимі «ПРОМИВКА» весь потік води, що виходить з мембранного модуля, направляється на скидання. У разі активації даного режиму відкривається соленоїдний клапан промивки на заданий контролером час. Після закінчення промивки він закривається разом з вхідним клапаном, відключається насос і установка переводиться в режим «ОЧИКУВАННЯ».

Режим «ОЧИКУВАННЯ»

Активація даного режиму відбувається після виконання процедури промивки мембрани в режимі «ПРОМИВКА» (тривалість - 1 хвилина). В даному режимі вода не надходить до ємності, але забір води з ємності можливий. Переведення установки в режим «ВИРОБНИЦТВО» здійснюється за умови отримання сигналу нижнього рівня від поплавкового вимикача з накопичувальної ємності.

Режим «АВАРІЯ»

Активація даного режиму відбувається за умови:

- отримання сигналу падіння тиску від реле «сухого ходу» на вході в установку.
- отримання сигналу перевищення тиску від реле високого тиску на виході пермеату з установки. В даному режимі вода на вхід та вихід установки не надходить.

Переведення установки в режим «ВИРОБНИЦТВО»:

- відключіть установку від мережі;
- ліквідуйте аварійну ситуацію;
- переконайтесь в наявності достатнього тиску на вході;
- включіть установку в мережу.

Режим «СТОП»

Активація даного режиму відбувається за умови перемикачання кнопочового перемикача розташованого на передній панелі. В даному режимі вода на вхід та на вихід установки не надходить.

Примусова зупинка/пуск установки проводиться кнопками на контролері "ПУСК"/"СТОП".

Завдання

- 1 Ознайомтесь з наведеною вище інформацією щодо схеми установки Ecosoft MO 6500.
- 2 Ознайомтесь з технічними характеристиками комерційних установок зворотного осмосу, які визначають параметри їх експлуатації: продуктивність, кількість та тип мембран, потужність насоса, тиск на вході, робочий тиск в модулі, споживання води в робочому режимі, споживання води в режимі гідравлічної промивки, діаметри підключень, габарити.
- 3 Сформулюйте цільове призначення наступних вузлів установки Ecosoft MO 6500: фільтр механічного очищення, мембранний елемент, ротаметр пермеату, реле «сухого ходу», ротаметр рециклу, реле високого тиску, ротаметр скидання, вхідний клапан, лічильник пермеату, насос високого тиску, клапан промивки, зворотний клапан рециклу, поплавковий вимикач
- 4 За допомогою ротаметрів установки в режимі «ВИРОБНИЦТВО» встановіть за вказівкою викладача режим отримання пермеата. Заміряйте витрати за пермеатом та концентратом, робочий тиск, солевміст водопровідної (вихідної) води, пермеату та концентрату. Розрахуйте ККД установки. Отримані дані занесіть до таблиці 5.1.

Хід виконання роботи

Процедура пуску та експлуатації установки Ecosoft MO 6500

- 1 Перед початком роботи переконайтеся в тому, що відкриті регулюючі вентилі рецикла та дренажу. Відведіть потік пермеата в дренаж на час першого запуску.
- 2 Увімкніть живлення для початку роботи системи. Після того як був проведений запуск контролера і установка почала працювати, закривайте

вентиль ротаметра скидання доти, поки витрата пермеату не буде виставлена у відповідності з режимом налаштування. Після цього відрегулюйте витрату на ротаметрі рецикла аналогічним способом. В результаті тиск в мембранному модулі, який фіксується на манометрі, підвищиться. Зупиніть систему, коли витрата пермеата буде відповідати налаштуванню або тиск в мембранному модулі досягне верхньої межі. Після встановлення належного тиску налаштуйте потік скидання (якщо він змінюється в процесі), щоб гарантувати, роботу системи з коректним виходом пермеата (наприклад 75%) Для розрахунку потоку скидання концентрату в каналізацію скористайтесь формулою :

$$\text{Потік скидання} = \frac{Q_{\text{перм}} \times (1 - \text{ККД})}{\text{ККД}}$$

До прикладу:

- $Q_{\text{перм}} = 3,0 \text{ м}^3/\text{год}$
- $\text{ККД} = 0,75$

$$\text{Потік скидання} = 3 \times (1 - 0,75) / 0,75 = 1,0 \text{ м}^3/\text{год}$$

Переконайтеся, що потік пермеата та потік скидання відповідають розрахунковим даним. Після встановлення параметрів перевірте значення робочої витрати пермеата, скидання та тисків на предмет відповідності рекомендованим значенням та обмеженням.

3 Слідкуйте, щоб тиск в мембранному модулі не перевищував 1,6 МПа. Якщо тиск в мембранному модулі піднімається вище зазначеного обмеження, відкривайте вентиль рецикла, доки він не знизиться. Будьте уважні і не перевищуйте величину виходу пермеата більше рекомендованого значення. Повертайте регулюючий вентиль плавно під час корекції потоків рецикла і та скиду.

4 Залиште обладнання працювати впродовж 1 години в режимі скидання пермеата та концентрата в дренаж з метою підготовки мембранного елемента

попередньою промивкою. Слідкуйте за показаннями манометрів та ротаметрів, щоб переконатися, що вони не перевищують паспортних значень. Після закінчення зазначеного часу запустіть режим промивки (натисніть «СТАРТ» на панелі контролера), потім зупиніть обладнання. Вимкніть основний автомат. З'єднайте шланг пермеата з накопичувальною ємністю. Система зворотного осмосу готова до роботи.

5 Здійсніть заміри витрат пермеату та концентрату з допомогою ротаметрів в режимі «ВИРОБНИЦТВО», а також робочого тиску, солевмісту водопровідної (вихідної) води, пермеату та концентрату. Розрахуйте ККД та селективність установки за формулами:

$$\text{ККД} = \frac{Q_{\text{перм.норм}}}{(Q_{\text{перм.норм}} + Q_{\text{конц}})} \cdot 100\%$$

де ККД – коефіцієнт корисної дії установки;

$Q_{\text{перм. норм}}$ – нормалізована витрата пермеату, л/год

$Q_{\text{конц}}$ – витрата концентрату, л/год

$$\text{Селективність} = \left(1 - \frac{TDS_{\text{перм.після бака}}}{TDS_{\text{вихідної води}}}\right) \cdot 100\%$$

де $TDS_{\text{перм. після бака}}$ – солевміст пермеата після мембрани, мг/дм³

$TDS_{\text{вихідної води}}$ – солевміст досліджуваного зразка води (вихідна вода), мг/дм³.

Отримані дані занесіть до таблиці 5.1.

Результати та обговорення

Приклад заповнення таблиці експериментальними даними за результатами роботи комерційної установки Ecosoft MO 6500 з мембранним елементом XLE 4040 наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Експериментальні результати перевірки комерційної установка
Ecosoft MO 6500 з мембранним елементом XLE 4040

Модель установки	Елемент	Р вих. води, бар	Р роб., бар	Т перм., °С	Q перм, дм³/год	Q конц., дм³/год
Ecosoft MO 6500	XLE 4040	$3,5+0,1 \cdot X$ *	10	$25+0,5 \cdot X$ *	$250+2 \cdot X^*$	$91,7 \cdot X^*$

де X^* – номер варіанту за списком

Продуктивність за пермеатом ($Q_{\text{перм}}$), отриману за температури, яка відрізняється від 25°C слід перерахувати (нормалізувати) з використанням таблиці (додаток А), розділивши значення продуктивності на температурний коефіцієнт. Результати розрахунків комерційної установка Ecosoft MO 6500 занесіть в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 - Результати розрахунків комерційної установка Ecosoft MO 6500
з мембранним елементом XLE 4040

Модель установки	Елемент	Температурний коефіцієнт	TDS ¹ , мг/дм³	TDS ² , мг/дм³	Q перм. норм., дм³/год	ККД, %	Селективність, %
Ecosoft MO 6500	XLE 4040		$250 - 2 \cdot X^*$	$20,0 - X^*$			

де X^* – номер варіанту за списком

Отримані дані з урахуванням індивідуального завдання і дані з відео занесіть у таблицю 5.3. і зробіть аналіз.

Таблиця 5.3 – Порівняння ефективності процесу мембранного розділення за умови зміни вихідних даних

Отримані дані	ККД, %	Селективність, %	TDS продукту після мінералізації, мг/дм³	Ефективність установки, %
Дані отримані з відео				
Індивідуальне завдання				

Висновки:

Питання для самоконтролю

1. Перерахуйте основні технічні характеристики комерційних установок зворотного осмосу.
2. Якими факторами визначається продуктивність установки за пермеатом?
3. Розкрийте сутність поняттю «ККД установки» та наведіть методику його розрахунку?
4. Дайте визначення поняттю «ПОТІК СКИДАННЯ» установки, розкрийте методику його розрахунку?
5. Розкрийте сутність поняття «СЕЛЕКТИВНІСТЬ УСТАНОВКИ». Наведіть усі параметри, які необхідні для здійснення її розрахунку?
6. Які пристрої установки МО 6500 забезпечують відключення насоса високого тиску та установки в цілому в разі відсутності води у водопровідній магістралі?
7. Який пристрій установки МО 6500 забезпечує її відключення в разі перевищення тиску в мембранному модулі?
8. Який пристрій установки МО 6500 попереджує перелив пермеату з накопичувальної ємності?
9. Назвіть ротаметри установки МО 6500, якими регулюється витрата по пермеату?
10. Розкрийте сутність рециклу та стадії промивки в комерційних установках зворотного осмосу?
11. Які дві причини можуть сприяти нестачі води на вході в установку і спрацьовуванню реле сухого ходу?

ДОДАТОК А Температурні коефіцієнти води

Температура, °С	Температурний коефіцієнт	Температура, °С	Температурний коефіцієнт
4,0	0,511	22,5	0,928
4,5	0,520	23,0	0,942
5,0	0,529	23,5	0,956
5,5	0,538	24,0	0,971
6,0	0,547	24,5	0,985
6,5	0,557	25,0	1,000
7,0	0,566	25,5	1,015
7,5	0,576	26,0	1,030
8,0	0,585	26,5	1,045
8,5	0,595	27,0	1,061
9,0	0,605	27,5	1,076
9,5	0,615	28,0	1,092
10,0	0,626	28,5	1,108
10,5	0,636	29,0	1,124
11,0	0,646	29,5	1,141
11,5	0,657	30,0	1,157
12,0	0,668	30,5	1,174
12,5	0,679	31,0	1,191
13,0	0,690	31,5	1,208
13,5	0,701	32,0	1,225
14,0	0,712	32,5	1,243
14,5	0,724	33,0	1,260
15,0	0,735	33,5	1,278
15,5	0,747	34,0	1,296
16,0	0,759	34,5	1,314
16,5	0,771	35,0	1,333
17,0	0,783	35,5	1,352
17,5	0,796	36,0	1,370
18,0	0,808	36,5	1,389
18,5	0,821	37,0	1,409
19,0	0,834	37,5	1,428
19,5	0,847	38,0	1,448
20,0	0,860	38,5	1,468
20,5	0,873	39,0	1,488
21,0	0,887	39,5	1,508
21,5	0,900	40,0	1,528
22,0	0,914	—	—