

Магістерська дисертація
на тему:

*«Мембранне очищення води з виділенням
органічних домішок»*



Руденко Л.С.

Керівник к.т.н., доц. Буртна І.А.

Актуальність :

Промисловість невпинно збільшує об'єми виробництва різноманітних цільових продуктів, але наряду з цим зростає кількість відходів які без відповідної обробки та очистки забруднюють навколишнє середовище, а зокрема й водні ресурси, які не в змозі самотійно справитися з забрудненням. Тому чиста вода стає найнеобхіднішим ресурсом сьогодення, а водопідготовка і водопостачання – життєво необхідними елементами сучасності.

Використання мембранних технологій для вирішення даних потреб відкриває широкі перспективи для можливості створення принципово нових енергозберігаючих, екобезпечних технологічних схем. Серед мембранних технологій виділяється процес первапорації, який дозволяє ефективно розділяти різні водно-органічні суміші (в тому числі -очищення стічних вод) і суміші органічних речовин.

Первапорація є багатофакторним процесом зі спряженим тепломасопереносом і фазовими переходами. Таким чином, в прикладному і фундаментальному аспектах необхідне вивчення впливу різних факторів на ефективність очищення води з виділення органічних домішок.

- **Мета дослідження:** розробка енергоощадної та ресурсозберігаючої апаратурно-технологічної схеми процесу мембранного очищення води; вдосконалення конструкції існуючого мембранного апарату для виділення органічних домішок.
- **Об'єкт дослідження:** процес мембранного розділення водно-органічних сумішей.
- **Предмет дослідження:** технологічні параметри процесу мембранного очищення водно-органічних сумішей від органічних домішок до значень нижчих за гранично допустимі концентрації (ГДК).



Останнім часом первапораційні процеси починають активно впроваджуватися в промисловість, оскільки вони дозволяють ефективно розділяти різні водно-органічні суміші (очищення стічних вод) і суміші органічних речовин.

Лідерами в такому впровадженні вважаються США, Японія та Німеччина (Dow Chemical, Filmtec, Mitsubishi Rayon, Merck Millipore), які мають багаторічний досвід у виробництві та впровадженні мембранних технологій для очистки стічних вод.

Переваги застосування первапорації для розділення водно-органічних сумішей:

- можливість видалення органічних компонентів до значень нижчих за ГДК;
- проведення процесу в області помірних температур і атмосферного тиску;
- відсутність використання додаткових реагентів;
- повернення виділеного компоненту в технологічний процес без додаткового очищення;
- низька енергоємність процесу в порівнянні зі стандартними конвекційними технологіями ;
- простота в експлуатації;
- модульний принцип побудови установки дозволяє збільшувати або зменшувати продуктивність по вихідній суміші, що розділяється.

Задачі дослідження



- 1) Теоретичне дослідження явищ переносу органічних речовин в водно-органічній суміші та мембрані шляхом фізичного та математичного моделювання тепло- і масообміну при первапорації рідкого органічного компонента суміші через непористу стінку циліндричної мембрани з урахуванням граничних умов.
- 2) Теоретичне визначення розподілу концентрації органічного компонента в залежності від температури в поперечному напрямку по всій довжині мембрани.
- 3) Розробка методики та проведення експериментальних досліджень первапараційного розділення водно-органічних сумішей від впливу температури суміші та «гібридної» схеми.
- 4) Теоретичне дослідження впливу додаткових конструкційних елементів первапараційного апарату на процеси конденсації виділених парів органічних компонентів.

Модель первапорації складається з :



- 1) задачі течії рідини в трубчастій мембрані з визначенням розподілу швидкостей і концентрації біля внутрішньої поверхні мембрани.
- 2) задачі розподілу концентрацій в циліндричній стінці мембрани

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ



Мета дослідження: дослідити процеси мембранного очищення води з виділенням органічних домішок в установках для розділення водно-органічних сумішей.

Задачі дослідження:

1. Експериментально дослідити проведення процесу первапорації при різних температурних режимах.
2. Експериментально дослідити використання «гібридної» апаратурно-технологічної схеми.
3. За результатами проведених досліджень визначити ефективні схеми та технологічні режими проведення процесу очищення водно-органічної суміші.



Рисунок 1 – Экспериментальная установка

Таблиця 1 – Визначення концентрації органічних компонентів з часом перебування на очистці за зміни температурного режиму

Найменування органічної речовини, температурний режим	Вих. конц.	1 година	2 години	3 години	4 години	5 годин	6 годин	ГДК	Результат порівняння з ГДК
	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Чотирьох-хлористий вуглець									
1. t=20°C	3,13	2,89	2,54	2,38	2,24	2,08	1,74	0,3	>N
2. t=60°C	3,13	2,28	1,66	1,56	1,51	1,41	0,88	0,3	>N
Перхлоретилен									
1. t=20°C	0,7	0,68	0,64	0,61	0,58	0,44	0,32	0,02	>N
2. t=60°C	0,7	0,61	0,56	0,49	0,41	0,35	0,24	0,02	>N
Бензол									
1. t=20°C	1,08	1,0	0,92	0,88	0,85	0,67	0,56	0,5	>N
2. t=60°C	1,08	0,8	0,53	0,32	0,17	0,04	<N	0,5	<N
Хлортолуол									
1. t=20°C	0,53	0,38	0,3	0,24	0,19	0,12	0,08	0,01	>N
2. t=60°C	0,53	0,22	0,015	0,08	0,01	<N	<N	0,01	<N

Таблиця 2 – Визначення концентрації органічних компонентів при доочистці на «сорбційному» апараті(гібридний режим)

Найменування органічної речовини, температурний режим	Вих. конц.	6 год. 30 хв.	7 годин	7 год. 30 хв.	8 годин	8 год. 30 хв.	9 годин	ГДК	Результат порівняння з ГДК
	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Чотирьох-хлористий вуглець									
1. t=20°C	1,74	1,53	1,3	0,84	0,5	0,38	0,33	0,3	>N
2. t=60°C	0,88	0,68	0,5	0,41	0,35	0,31	0,28	0,3	<N
Перхлоретилен									
1. t=20°C	0,32	0,3	0,23	0,2	0,19	0,11	0,09	0,02	>N
2. t=60°C	0,24	0,21	0,18	0,14	0,09	0,04	0,02	0,02	<N
Бензол									
1. t=20°C	0,56	0,54	0,52	0,51	0,5	0,47	0,44	0,5	<N
Хлортолуол									
1. t=20°C	0,08	0,06	0,045	0,03	0,018	0,08	0,01	0,01	>N

Практична реалізація



Виходячи з розглянутих особливостей протікання процесу в середині мембранного апарату та отриманих експериментальних даних було вирішено встановити тепловий екран.

Застосування теплового екрану призводить до покращення перебігу процесу в мембранному апараті, в тому числі до зниження енергетичних затрат на проведення процесу.

Перевага застосування теплового екрану полягає в можливості конденсації виділеної речовини при знижених енергозатратах, оскільки охолоджені стінки апарату використовуються для конденсації парів і не охолоджують мембранні елементи (відбувається «ізолювання» зовнішньої поверхні пучка мембранних елементів від стінки мембранного апарату), тим самим не знижуючи інтенсивність процесу в мембрані по висоті апарату.

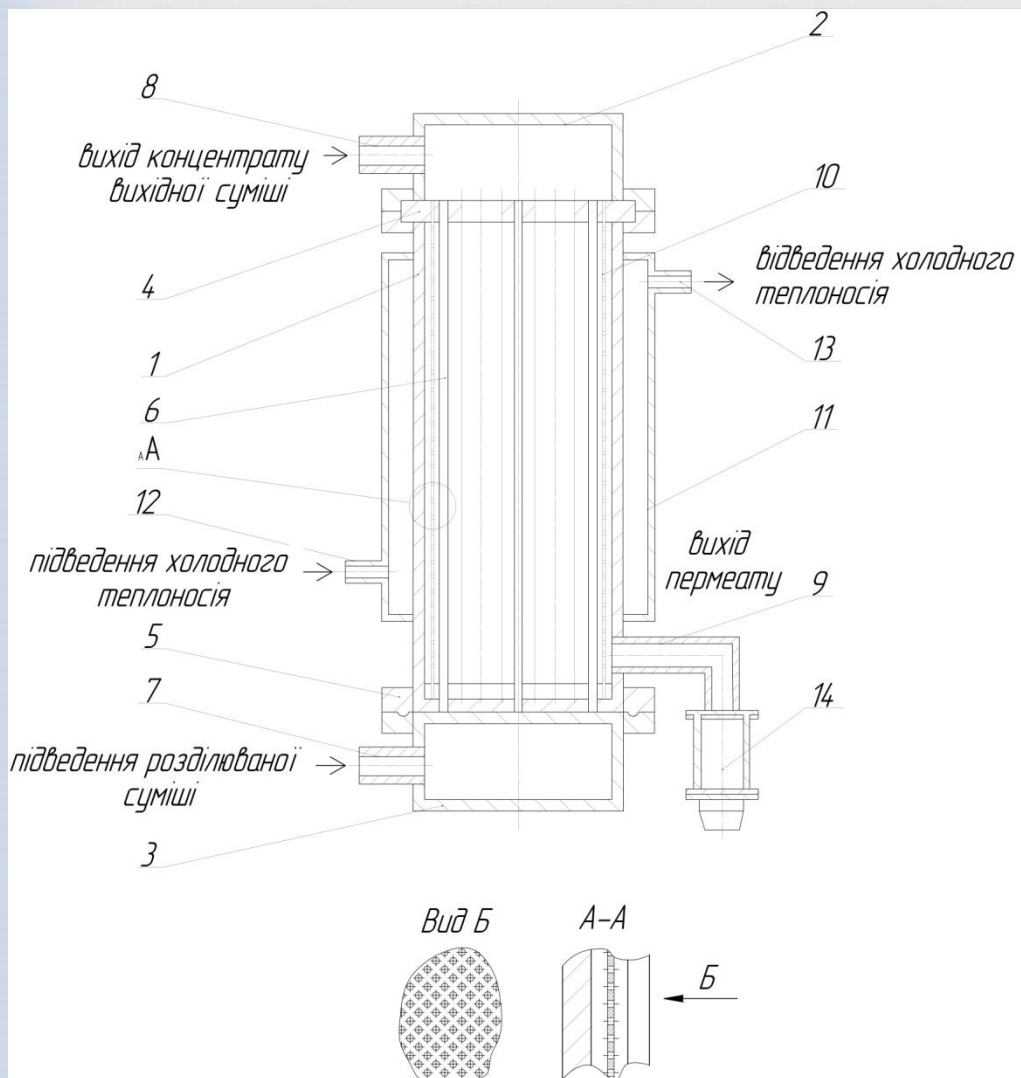


Рисунок 2 – Мембранний апарат:

- 1 - циліндричний корпус,
- 2,3 – верхня та нижня кришки,
- 4,5 – верхня та нижня трубні решітки,
- 6 – трубчасті мембранні елементи,
- 7 – штуцер для підведення розділюваної суміші,
- 8 – штуцер для відведення концентрату,
- 9 – штуцер для відведення перміату,
- 10- перфорована перегородка з фторопласту,
- 11- сорочка 12,13 - штуцери підведення холодного теплоносія до рубашки апарату та його відводу з неї
- 14- збірник перміату

Висновки



1. Розроблена фізична та математична модель процесу первапораційного очищення води від органічних домішок через непористу стінку циліндричної мембрани. Результати розрахунку цієї моделі дозволяють теоретично визначити розподіл концентрації та інтенсивність переносу розчинника (органічного компоненту) через мембрану в залежності від температури процесу в поперечному напрямку по всій її довжині. Показано, що температура процесу впливає на значення коефіцієнтів дифузії. Зі збільшенням температури збільшуються коефіцієнти дифузії, отже збільшуються потоки розчинника в рідині, мембрані, і парогазовій суміші

2. Проведені експериментальні дослідження первапораційного очищення водно-органічної суміші від органічних сполук доводять зменшення органічних домішок у суміші при підвищенні температури вихідної суміші, яка подавалася на розділення, при та . Так при для чотирьох-хлористого вуглецю та перхлоретилену концентрація в воді зменшилася в 3,5 та 2,5 рази відповідно, порівняно з початковою, а концентрації хлортолуолу та бензолу досягли значень нижчих за ГДК (0,01 мг/л та 0,04 мг/л при відповідних ГДК 0,01 мг/л та 0,5). Концентрація органічних домішок під час очищення суміші при знизилася в середньому в 2 рази в порівнянні з початковою, але не досягла необхідних значень.
- Проведені дослідження «гібридної» схеми» (поєднання первапорації з наступною сорбцією мембранними елементами) показали що її застосування дозволяє ефективно вирішувати завдання поділу. Тобто, використання «гібридної» схеми дозволяє доочистити модельну рідину від органічних домішок до значень нижчих за ГДК. В цьому випадку концентрації органічних компонентів за температур 20°C та 60°C становлять: для чотирьох-хлористого вуглецю 0,33 мг/л та 0,28 мг/л відповідно при ГДК – 0,3 мг/л, для перхлоретилену 0,09 мг/л та 0,02 мг/л при ГДК – 0,02 мг/л. Бензол та хлортолуол в цьому випадку досягли значень нижчих за ГДК ще при очищенні при 20°C, концентрації цих органічних компонентів становили 0,44 мг/л та <0,01 мг/л відповідно при ГДК – 0,5 мг/л та 0,01 мг/л.

3. Проведене теоретичне дослідження впливу додаткового конструкційного елемента, а саме – теплового екрану, на процеси конденсації, зокрема процес переносу теплової енергії від мембрани до стінки апарату, показує доцільність використання даного елемента в апараті. Розрахунки теплових втрат мембранами в апараті з тепловим екраном та без нього підтверджують необхідність його застосування.

4. За результатами теоретичних та експериментальних досліджень було вирішено вдосконалити конструкцію існуючого первапораційного апарату встановленням теплового екрану. Перевагою його застосування являється забезпечення енергостабільності установки при роботі за рахунок ізолювання зони первапарації (тобто зовнішньої поверхні пучка мембран) від зони конденсації парів виділеного компонента суміші на охолодженій стінці первапораційного апарату, тим самим не знижуючи інтенсивність процесу в мембрані по її висоті. Дана конструкція захищена патентом України на корисну модель №102353, Бюл. №20, 2015 р. Всі розрахунки та креслення виконані згідно чинних стандартів та з використанням сучасних інформаційних технологій. Проведено розрахунок основних вузлів, складальних одиниць та деталей первапораційного апарату на міцність; підтверджена його працездатність, надійність та можливість технічної реалізації з забезпеченням екологічної безпеки.

Дякую за увагу!

