

ТЕПЛОВА ІНТЕГРАЦІЯ ПРОЦЕСУ КОНЦЕНТРУВАННЯ СУМІШІ У ВИРОБНИЦТВІ БРОМІДУ НАТРІЮ

Хіміч О. І., асп., Перевертайленко О.Ю., ст.наук.спів.,
Горбунов К.О., канд.техн.наук, доцент, Рябова І.Б., канд.техн.наук, доцент
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Представлена робота присвячена застосування методу пінч-аналізу для визначення оптимальних параметрів роботи установки концентрування суміші у виробництві броміду натрію. Проведена теплова інтеграція потоків дозволила отримати технологічну схему з мінімальним споживанням необхідних утиліт.

The work is dedicated to pinch-analysis method use for optimal parameters determination for brine thickening in sodium bromide production. Heat integration of evaporation unit lets to obtain flowsheet with minimal consumption of appropriate utilities.

Ключові слова: випарювання, теплообмін, корисна різниця температур, складові криві, енерговитрати.

Вступ

Хімічний комплекс України за рівнем своєї впливовості залишається важливим чинником промислового і технологічного розвитку країни. Зменшення питомих енерговитрат при виробництві натрію броміду позитивно діє не тільки на конкурентоздатність виробника, але й на зовнішнє середовище внаслідок зменшення викидів шкідливих речовин та емісії парникових газів [1].

Постановка проблеми

У цій роботі розглядається процес випарювання натрію броміду у трьохкорпусній випарній установці. Оптимальні параметри багатокорпусної випарної установки визначаються по мініальному критерію оптимальності, у якості якого звичайно приймаються сумарні витрати на проведення процесу. Вони складаються з вартості пари, що гріє, використовуваного в першому корпусі, вартості охолодної води, застосовуваної для конденсації пари, що виходить з останнього корпусу, вартості експлуатації устаткування, включаючи амортизацію, ремонт апаратів і т.д., а так само вартості електроенергії, яка витрачається вакуум-насосами і насосами для перекачування розчину. Вибір оптимального варіанта проводиться на підставі опору техніко-економічних показників ряду розрахункових варіантів [2].

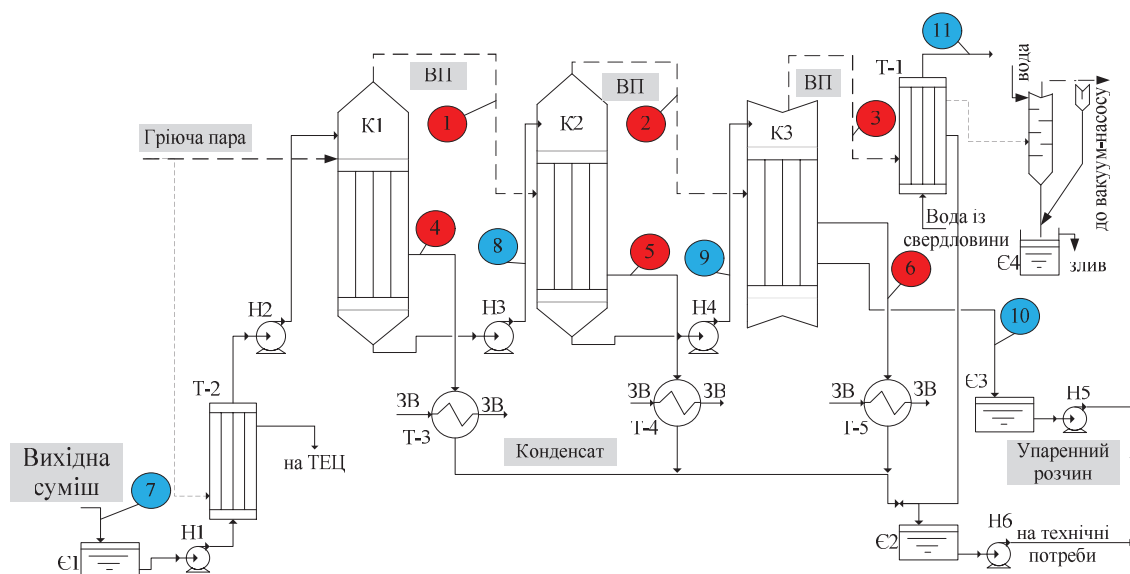
Виділення технологічних потоків для визначення енергозберігаючого потенціалу установки концентрування суміші натрій бром NaBr

Збір даних, необхідних для розрахунку матеріального і теплового балансів, здійснюється шляхом прямих вимірювань температур і витрат потоків на устаткуванні за допомогою витратомірів, стаціонарних і переносних термометрів. В ході такого обстеження установки (рис. 1) були отримані дані, приведені нижче (табл. 1). В інтеграції приймають участь 11 потоків, 6 гарячих та 5 холодних потоків.

Використовуючи дані, отримані під час обстеження установки, будуємо сіткову діаграму процесу концентрування суміші, що містить бромід натрію, як показано на рис. 2.

Використавши дані з таблиці 1 та сіткової діаграми (рис. 2), будується складова крива обраної системи технологічних потоків [2,3]. Розташування кривих повинне бути таким, щоб інтервал перекриття між ними складав розраховану величину рекуперації потужності. Наступним кроком буде визначення оптимальної різниці температур з допомогою програмного забезпечення HINT. В нашому випадку $\Delta T_{\min} = 4$ °C. На рисунку 3 представлено порівняльну характеристику процесу при різних ΔT_{\min} (в існуючому процесі (рис. 3а), та запропонованому процесу інтеграції (рис. 3б)).

Складові криві містять великий об'єм інформації про систему технологічних потоків, утилітну систему і ефективність використання теплової енергії в процесі. Проекція гарячої складової кривої на ентальпійну вісь (абсцис) показує значення теплової потужності, яку можливо відвести від системи гарячих потоків і використовувати для підігріву холодних технологічних потоків. Аналогічно, проекція холодної складової кривої на ентальпійну вісь показує значення потужності, яку необхідно підвести до холодних потоків для виконання процесу. Величину рекуперації енергії показує зона перекриття кривих.



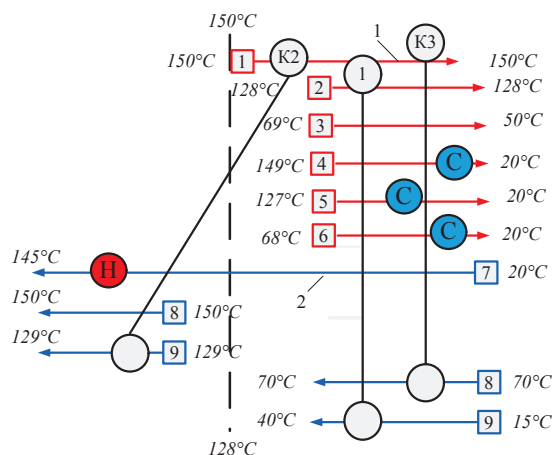
Є1 – Є4 – ємкості, Н1 – Н6 – насоси, К1 – К3- корпуси випарної установки, Т-1, Т-2 – конденсатори, Т-3 – Т-5 – теплообмінники, ЗВ – зворотна вода, ВП – вторинна пара

Рис. 1 – Принципова схема трьохкорпусної вакуум-випарної установки концентрування суміші натрій бром NaBr

Таблиця 1 – Система потоків для аналізу енергоспоживання установки

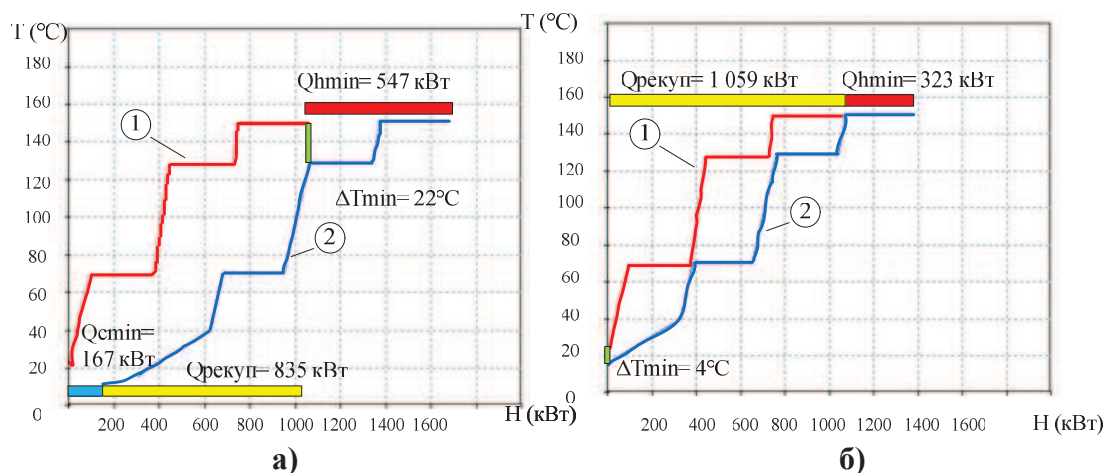
№	Назва потоку	Тип	$T_s, ^\circ\text{C}$	$T_t, ^\circ\text{C}$	$M, \text{кг/с}$	$C, \text{кДж/(кг}\cdot\text{K)}$	$g, \text{Дж/кг}$	$CP, \text{кВт/К}$	$H, \text{кВт}$
1	Вторинна пара 1-го корпусу	Г	150	150	0,15		2118	317,8	318
2	Вторинна пара 2-го корпусу	Г	128	128	0,13		2181	283,6	284
3	Вторинна пара 3-го корпусу	Г	69	69	0,12		2334	280,2	280
3а	Охолодження ВП 3-го корпусу	Г	70	50	0,12	4,19		0,5	10
4	Конденсат ВП 1-го корпусу	Г	149	20	0,15	4,19		0,6	81
5	Конденсат ВП 2-го корпусу	Г	127	20	0,14	4,19		0,6	61
6	Конденсат ВП 3-го корпусу	Г	68	20	0,12	4,19		0,5	25
7	Вихідна суміш (NaBr)	Х	20	145	0,64	2,92		1,9	233
8	NaBr в 1-му корпусі	Х	151	151	0,15		2115	313,1	313
9	NaBr в 2-му корпусі	Х	129	129	0,13		2181	277,0	277
10	NaBr в 3-му корпусі	Х	70	70	0,12		2332	268,2	268
11	Вода із свердловини	Х	15	40	2,78	4,19		11,6	290

Подальшою задачею є розміщення теплообмінних апаратів, використовуючи значення енергії, отриманої з складових кривих [2]. Для цього потрібно розділити систему на дві підсистеми – вище та нижче пінча. В нашому випадку ми маємо порогову задачу, тому система нижче пінча відсутня (не використовуються холодні утиліти).



1 – гарячий потік, 2 – холодний потік; K – корпус випарної установки, H – підігрівач, C – охолоджувач

Рис. 2 – Сіткова діаграма для процесу, що існує (з нанесеною лінією пінча)



1 – гаряча складова крива, 2 – холодна складова крива
а) до реконструкції б) після реконструкції

Рис. 3 – Складові криві процесу концентрування суміші, що містить бромід натрію

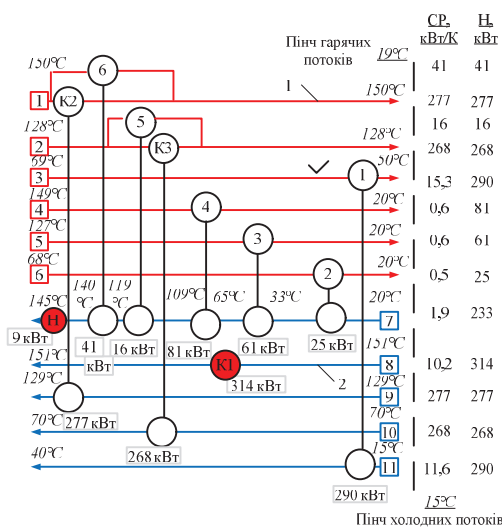
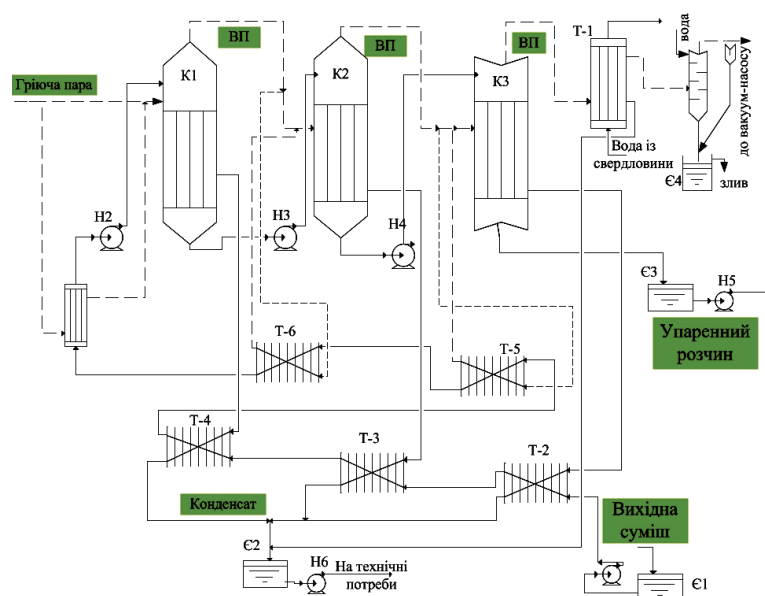


Рис. 4 – Сіткова діаграма після реконструкції системи

Гарячі утиліти зменшуються приблизно на 224 кВт, а холодні – на 167 кВт.

Завдяки розрахунку пінчу і побудованню діаграми складових кривих процесу, що існує та інтегрованого процесу, можна створити нову інтегровану схему (рис. 5) установки концентрування суміші, що містить бромід натрію.



$C1 - C4$ – ємкості, $N1 - N6$ – насоси, $K1 - K3$ – корпуси випарної установки, $T-1$ – конденсатори, $T-2 - T-6$ – пластинчасті теплообмінники, $ЗВ$ – зворотна вода, $ВП$ – вторинна пара

Рис. 5 – Принципова схема трьохкорпусної вакуум-випарної установки концентрування суміші, що містить бромід натрію, після інтеграції

Нова техніка та технологія, що розробляються і впроваджуються у виробництво, повинні давати корисний результат (ефект). Тому техніко-економічне обґрунтування – обов'язкова частина будь-якого інноваційного проекту, яка включає фінансову оцінку передбачуваних витрат і одержуваного результату, а також оцінку прибутковості проекту і, зрештою, економічну доцільність його розробки і впровадження [4]. Згідно з економічними розрахунками, ефект з енергозбереження складає 650 тис. грн на рік. Термін окупності запропонованого проекту реконструкції складе 9 місяців.

Висновок

Застосування пінч-методу дозволяє домогтися істотної фінансової економії за рахунок мінімізації використання зовнішніх енергоносіїв шляхом максимального застосування рекуперації теплоти. При цьому даний метод дозволяє мінімізувати теплообмінну поверхню і кількість теплообмінних одиниць. Для схеми, що існує та інтегрованої схеми збудовані сіткові діаграми і проведені розрахунки споживаної теплоти, за допомогою яких були визначені оптимальні параметри роботи схеми. Збудовані складові криві інтегрованого процесу, в якому немає перехресного теплообміну та перенесення теплової енергії через пінч, досягнуте найбільш оптимальне використання енергії.

На основі розрахунків складена принципова енерготехнологічна схема проекту реконструкції, впровадження якої дозволить знизити питоме енергоспоживання гарячих утиліт на 224 кВт, а холодних – на 167 кВт.

Література

1. Ксензенко В.И., Стасиневич Д.С., Химия и технология брома, йода и их соединений.– М. «Химия», 1995, 432 с.
2. Смит Р. Основы интеграции тепловых процессов / Р. Смит, Й. Клемеш, Л.Л. Тобажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев. – Харьков: ХГПУ, 2000. – 457 с.
3. Мешалкин В.П., Тобажнянский Л.Л., Капустенко П.А. Основы теории ресурсосберегающих интегрированных химико-технологических систем.– Харьков, НТУ «ХПИ», 2006, 412 с.
4. D. Zhao et al. Theoretical analyses of thermal and economical aspects of multi-effect distillation desalination with high-salinity wastewater, «Desalination», 2011, 273, p. 292–298.