

УДК 664.143.1

ВИКОРИСТАННЯ КОМПРЕСІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ДИСТИЛЬОВАНОЇ ВОДИ

Чернишов С.О., к.т.н.,

Донецький інститут автомобільного транспорту,

Єрмоєнко Д.О., к.т.н.,

Лебедєв І.М., к.т.н.,

Донецький національний університет економіки і торгівлі імені
Михайла Туган-Барановського

Тел. (062) 304-50-46

Анотація – у роботі запропоновано нову компресійну технологію отримання дистильованої води, що дозволяє знизити витрати енергії до 20 разів, на основі цього запропоновано конструкцію електричного дистильатора з продуктивністю 25 л/год.

Ключові слова - енергозбереження, дистильована вода, дистиляція, компресійна технологія.

Постановка проблеми. Прогрес людства досяг такої точки, коли питання постачання прісною водою стає актуальним. У Донецькому регіоні розташовані Запорізька і Донецька області, що прилягають до Азовського моря. Усі ґрунтові води цих районів практично не придатні до вживання через високий солеміст і особливо високу твердість води. Для деяких харчових технологій, що особливо відносяться до вирощування біоактивних речовин, питна вода абсолютно не придатна. Для цих цілей користуються дистильатором, випареною і сконденсованою водою. Якщо розглянути процес дистиляції з погляду енергетики, можна виявити таку закономірність. Для кипіння води апарату необхідно підвести пару з температурою вище, ніж температура кипіння. Наприклад: якщо вода кипить при 100°C , то температура пари, що гріє, повинна бути порядку 115°C , що відповідає тиску 170 кПа. При цьому виходить вторинна пара з тиском 100 кПа і температурою 100°C . У класичній схемі ця пара направляєється на конденсацію, де від неї відбирається теплова енергія рівна по величині підведеної.

Якщо вторинну пару не відводити на конденсацію, а направити її в компресор, що стисне її до тиску 170 кПа, що відповідає

параметрам первинної пари, яка надходить у дистиллятор, то знов отримана первинна пара витрачається на випар води, а її конденсат використовується як дистилат, тобто необхідний кінцевий продукт. У місце підводу енергії, рівної енергії схованої теплоти паротворення, необхідно підвести тільки енергію, необхідну для стискання вторинної пари рівну $i_{170}-i_{100}=2700-2650=25$ кДж/кг, що в 90 разів менше ніж при класичній схемі.

Метою даної статті є спроба створення нової компресійної технології – з компресійним способом підводу тепла, яка дозволить значно знизити витрати енергії.

Аналіз останніх досліджень. З цієї проблеми показав, що випарні апарати на підприємствах харчової промисловості й інших галузей виробництва застосовуються для підвищення концентрації вихідних продуктів, постачання різних технологічних процесів парою, дистилатом і для інших цілей. Випарні апарати з природною циркуляцією відносяться до найбільш ранніх конструкцій, що получили широке поширення на підприємствах харчової промисловості. Невід'ємною частиною конструкції таких апаратів є трубні грати, у яких закріплені кип'ятильні труби, що обігріваються парою. У середині цих труб циркулює розчин, що випарюється. Для відокремлення крапель розчину від пари є сепаратор, що знаходиться у верхній частині апарата. Згущений розчин видаляє з апарата через штуцер, що знаходиться в центрі нижнього днища.

Основна частина. На основі зробленого критичного огляду існуючих електричних дистилляторів видно, що основним недоліком є велика витрата енергії на перетворення води в пару, і його зворотне перетворення в рідину – процес конденсації. Якщо проаналізувати, куди й у якій кількості витрачається енергія, то на підставі рівняння теплового балансу на 1кг води:

Нагрівання води від 10°C до 100°C вимагає кількість тепла:

$$q_H = M_{H_2O} \cdot C_{H_2O} (t_k - t_n) = 1 \cdot 4,187(100 - 10) = 377 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (1)$$

Випар при 100°C :

$$q_{uc} = M_{H_2O} \cdot r_{H_2O} = 1 \cdot 2258 = 2258 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (2)$$

Сумарна витрата на випар складе:

$$q_c = 377 + 2258 = 2635 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} = 0,732 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{кг}} \quad (3)$$

Для конденсації 1кг пари необхідно відвести теплової енергії $q_k = 2258 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$. На переохолодження дистилату до 70°C :

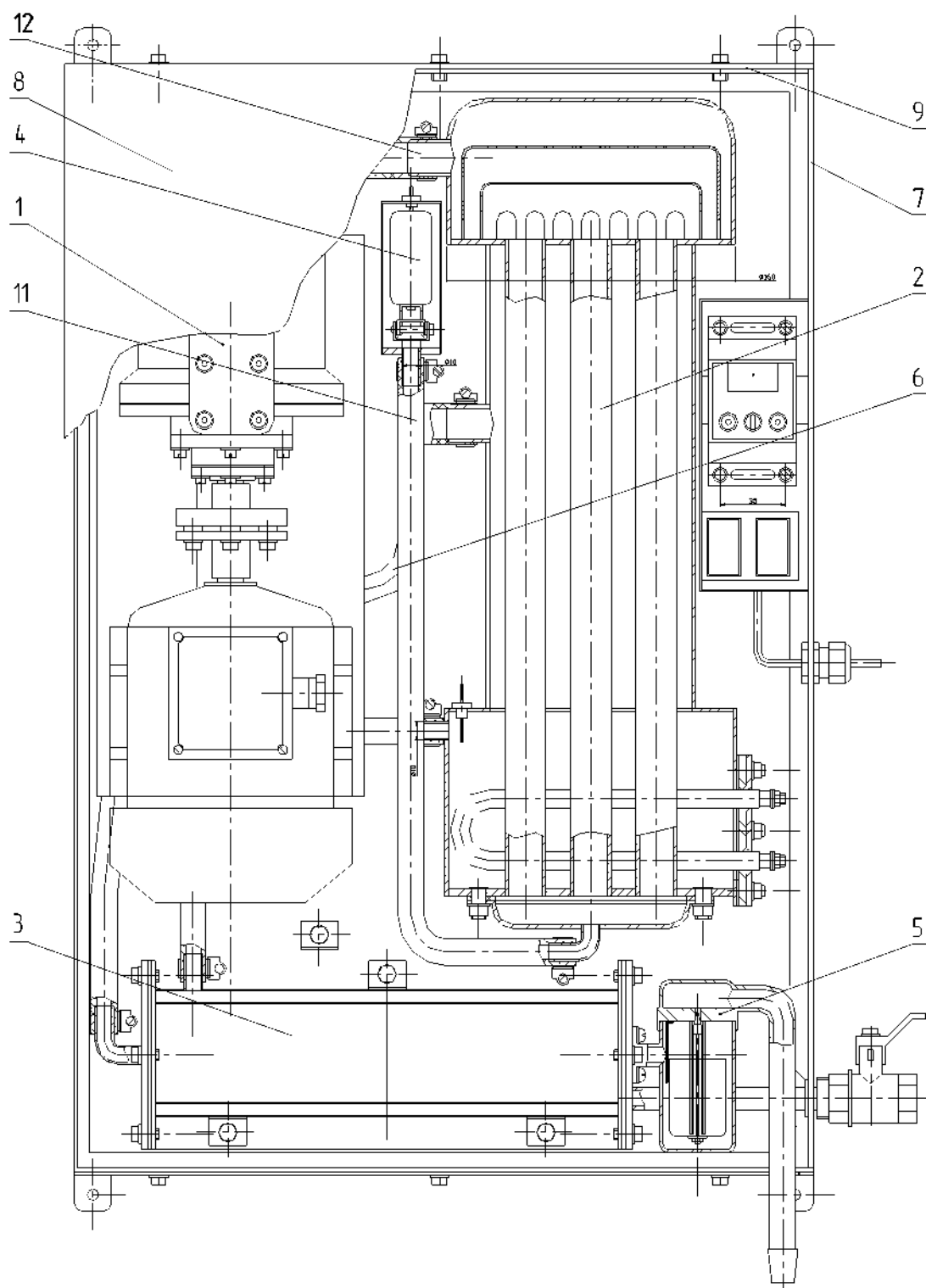


Рис. 1. Електричний дистилятор з використанням компресійної технології:

1 – бустер-компресор; 2 – корпус; 3 – теплообмінник; 4 – живник; 5 – конденсатовідвідник; 6 – блок керування; 7 – задня стінка; 8 – кожух; 9 – кришка верхня; 10 – кришка нижня; 11 – трубопровід, 12 – відсмокт.

$$q_{cx} = 1 \cdot 4,187(100 - 10) = 126 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (4)$$

Сумарна кількість тепла конденсації складе:

$$q_{\text{сум.ох}} = 2258 + 126 = 2384 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (5)$$

Так як для конденсації і переохолодження дистилатів, що використовуються в харчовій промисловості, є водопровідна вода із середньою температурою $+10^\circ \text{C}$, то для одержання 1кг дистилату буде потрібно витрата, яку можна визначити з рівняння теплового балансу:

$$q_{\text{сум}} = W \cdot C_{\text{H}_2\text{O}}(t_k - t_n) \quad (6)$$

Кінцеву температуру охолоджувальної води приймаємо на 10°C менше температури дистилату $t_k = 70 - 10 = 60^\circ \text{C}$, тоді витрата води на 1кг дистилату складе:

$$W = \frac{q_{\text{с.ох}}}{C_{\text{H}_2\text{O}}(t_k - t_n)} = \frac{2384}{4,187(60 - 10)} = 11,4 \frac{\text{кг}}{\text{кг}} \quad (7)$$

З вищенаведеного видно, що на кожен кг дистилату потрібно 0,732 кВт·год електроенергії і 11,4 кг охолоджувальної води.

Тому що максимальним попитом користаються дистилатори продуктивністю 15 кг/год, то при експлуатації дистилатора такої продуктивності споживається енергії:

$$N = 0.732 \cdot 15 = 11 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (8)$$

А витрата охолоджувальної води складе:

$$W = 11,4 \cdot 15 = 171 \frac{\text{кг}}{\text{кг}} \quad (9)$$

Для рішення задачі зниження енерговитрат на дистиляцію і зменшення витрати охолоджувальної води пропонується використовувати другий і третій постулати енергозбереження:

- зниження енергії фазового переходу шляхом підвищення енергетичного рівня робочого тіла шляхом стискання його в компресорі;
- зниження енергії нагрівання шляхом регенерації тепла продукту і робочого тіла.

На рис. 1 показаний електричний дистилатор з використанням компресійної технології.

Готовим продуктом і робочим тілом є вода. При кипінні води виходить водяна пара з параметрами $P_1 = 100 \text{ кПа}$, $t_1 = 100^\circ \text{C}$. Якщо цю пара зтиснути в компресорі до параметрів $P_2 = 170 \text{ кПа}$, $t_2 = 115^\circ \text{C}$, то пару можна направити в кожухотрубний теплообмінник і використовувати для кипіння продукту. Для визначення основних розмірів і компоновання була визначена термопередаюча поверхня. Була встановлена випарна камера у виді вертикального кожухотрубного теплообмінника, всередині труб якого знаходиться кипляча вода, а ззовні – пара, що гріє. Пара з випарника надходить у парову камеру, з якої відсмоктується компресором, а стиснута пара подається в трубний простір, у якому конденсується і стікає через рекуператор і конденсатовідвідник у збірну ємність.

Рівень води підтримується поплавковою камерою і холодною водою, пройшовши через рекуператор, нагрівається до 100°C і надходить у випарну ємність. Для запуску дистиллятора в роботу передбачене стартовий пристрій, що складається з нагрівальних ТЕНів, розташованих на рівні 20 см нижче зливного отвору для конденсату. При включенні ТЕНів стартового пристрою конденсат закипає, заповнює міжтрубний простір і змушує кипіти воду, що знаходиться в трубах. Пара заповнює парову ємність, і датчик тиску включить компресор і відключить живлення ТЕНів стартового пристрою.

Висновки.

1. На основі виконаного критичного огляду існуючих електричних дистилляторів доведена необхідність пошуку нових енергозберігаючих технологій одержання дистильованої води.

2. Запропоновано нову компресійну технологію одержання дистилляту – з компресійним способом підведення тепла, що дозволяє значно, до 20 разів, знизити витрати енергії.

3. Запропоновано нову конструкцію електричного дистиллятора продуктивністю 25 л/год, що працює за енергозберігаючою технологією.

4. Розроблено конструкцію оригінального стартового пристрою з потужністю електричних ТЕНів 3 кВт, що дозволяють виводити апарат на робочий режим за 15 с.

Перспективами подальших досліджень у даному напрямі є виготовлення експериментального зразка та дослідження

експлуатаційних характеристик електричного дистилятора продуктивністю 25 л/год.

Література

1. Кук Г.А. Процессы и аппараты молочной промышленности / Г.А. Кук. – М.: Пищевая промышленность: 1973 г – 77 с.
2. Федоткин И.М. Оптимизация выпарного оборудования / И.М. Федоткин. – К.: Техника: 1985 г – 177 с.
3. Колосков С.П. Подготовка воды в пищевой промышленности / С.П. Колосков. – М.: Пищепромиздат, 1979 г – 430 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПРЕССИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДИСТИЛЛИРОВАННОЙ ВОДЫ

Чернишов С.О., Еременко Д.О., Лебедев І.М.

Аннотация - в работе предложена новая компрессионная технология получения дистиллированной воды, которая разрешает снизить затраты энергии до 20 раз и основе этого предложена конструкция электрического дистилятора с производительностью 25 л/ч.

UTILIZATION OF COMPRESSION TECHNOLOGY FOR RECEPTION OF THE DISTILLED WATER

S. Chernishov, D. Eremenko, I. Lebedev

Summary

The new compression technology for reception of the distilled water which will allow to lower a power consumption to 20 times and on the basis of it the electric distillator design with productivity of 25 l/h is offered