

Винахід відноситься до випаровування розчинів в багатоступеневих випарних установках і може бути застосований в харчовій та хімічній промисловості.

Відома багатоступенева випарна установка (Колесников В.А., Нечаев Ю.Г. Тепловое хозяйство сахарных заводов. - М.: Пищ. пром-сть, 1980. - С.38, рис.7), яка складається із декількох кожухотрубних випарних апаратів. Як аналог приймемо чотириступеневу випарну установку, складену із чотирьох кожухотрубних випарних апаратів, що з'єднані між собою по пару та випаровуваному розчину трубопроводами. За рахунок паровідборів з камер надтрубного простору апаратів випарна установка являється також джерелом теплової енергії для теплообмінників із стабільним та змінним графіком споживання тепла, наприклад, вакуум-апаратів. Камера надтрубного простору випарного апарата останнього ступеня з'єднана паропроводом із барометричним конденсатором.

Недоліки цієї установки такі: витрати гріючої пари, порівняно із можливими, збільшені для даного типу випарних установок, навіть за оптимальних паровідборів і режиму роботи;

важко досягти стандартне значення вмісту сухих речовин у випаровуваному розчині навіть при стабільній роботі випарної установки в зв'язку із зменшенням величин паровідборів за рахунок удосконалення технології, теплових схем, обладнання та високої кваліфікації персоналу;

коливання в широких межах вмісту сухих речовин в розчині після випарної установки при різних величинах паровідборів та подачі розчину на випаровування порівняно із розрахунковими значеннями, а також значні втрати тепла на барометричний конденсатор.

Найближчою до винаходу являється випарна установка, яку ми визначаємо за прототип (Загородский С. Тепловое хозяйство сахарных заводов: Пер. с польского / Под ред. А.Р. Сапронова. - М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1984. - С.93, рис.36). Вона складається із чотирьох, з'єднаних між собою трубопроводами по випаровуваному розчину, ступенів випаровування, що включають в себе по одному кожухотрубному випарному апарату на ступінь, кожен із яких має гріючу камеру з кип'ятильними трубками та патрубками для подачі гріючої пари, камеру надтрубного простору, сепаратор вторинної пари, патрубки для паровідборів вторинної пари в гріючу камеру випарного апарата наступного ступеня випаровування, а також в гріючі камери теплообмінників із стабільним та змінним графіком споживання тепла, наприклад, вакуум-апаратів, паропроводів, що з'єднують випарні апарати різних ступенів випаровування між собою, випарні апарати з теплообмінниками, а також випарний апарат останнього ступеня випаровування з барометричним конденсатором, турбокомпресора, сполученого паропроводами з камерою надтрубного простору та гріючою камерою випарного апарата першого ступеня випаровування. Недоліки цієї установки: коливання вмісту сухих речовин в розчині на виході із випарної установки при змінах величин паровідборів та подачі розчину на випаровування порівняно із розрахунковими значеннями, що приводить до перевитрат тепла на послідовних станціях заводу, не має можливості використати

турбокомпресор для стабілізації вмісту сухих речовин на виході із випарної установки при зміні паровідборів, значні втрати тепла на барометричний конденсатор, а також підвищені втрати продукції та погіршення її якості в процесі випаровування.

В основу винаходу поставлене завдання удосконалити багатоступеневу випарну установку; в якій передбачають вузол додаткового регульованого по величині паровідбору з випарного апарата одного із ступенів випаровування, а також місце приєднання паропроводів регульованого по продуктивності пристрою відбору пари - турбокомпресора, - що забезпечить стабілізацію вмісту сухих речовин в розчині на виході із випарної установки з урахуванням процесу накипоутворення, зменшить час перебування розчину в зоні високих температур та відсутність втрат вторинної пари з випарних апаратів останнього ступеня на барометричний конденсатор і за рахунок цього досягається економія палива, збільшиться продуктивність наступних станцій заводу по ходу технологічного процесу, зменшаться втрати продукції та поліпшиться її якість.

Поставлене завдання вирішується тим, що у багатоступеневій випарній установці, що складається із декількох, з'єднаних трубопроводами для подачі на випаровування розчину, ступенів випаровування, що включають в себе один або декілька кожухотрубних випарних апаратів на ступінь, кожен із яких має гріючу камеру з кип'ятильними трубками та патрубками для подачі гріючої пари, камеру надтрубного простору, сепаратор вторинної пари, патрубки для паровідборів вторинної пари в гріючу камеру випарного апарата наступного ступеня випаровування, а також в гріючі камери теплообмінників із стабільним та змінним графіками споживання тепла, паропроводів, що з'єднують випарні апарати одного ступеня і різних ступенів випаровування між собою, випарні апарати з теплообмінниками, а також випарний апарат останнього ступеня випаровування з барометричним конденсатором або з концентратором, що, в свою чергу, з'єднаний паропроводом з конденсатором, турбокомпресора з вхідним та вихідним патрубками, сполученого паропроводами з камерою надтрубного простору та гріючою камерою випарного апарата першого ступеня, згідно винаходу у випарній установці передбачають вузол додаткового регульованого по величині паровідбору, що включає в себе додатковий патрубок після сепаратора вторинної пари, додатковий паропровід, регулюючий пристрій та регульований по продуктивності пристрій відбору пари з вхідним та вихідним патрубками, який сполучають з камерою надтрубного простору випарного апарата того ступеня випаровування, яка з'єднана паропроводами з гріючими камерами теплообмінників із змінним графіком споживання тепла, або вузол додаткового регульованого по величині паровідбору сполучають з камерою надтрубного простору випарного апарата того ступеня випаровування, гріюча камера якого з'єднана паропроводами з камерою надтрубного простору випарного апарата попереднього ступеня випаровування, що сполучена паропроводами з гріючими камерами теплообмінників із змінним графіком споживання тепла; згідно винаходу при застосуванні турбокомпресора, як регульованого по

продуктивності пристрою відбору пари вихідний патрубок останнього з'єднують паропроводом через додатковий патрубок із гріючою камерою випарного апарата одного із попередніх ступенів випаровування, в число яких входить і гріюча камера випарного апарата ступеня випаровування з додатковим регульованим по величині паровідбором.

Застосування вузла додаткового регульованого по величині паровідбору і саме на тому випарному апараті, на якому коливається величина відбору пари внаслідок роботи теплоспоживачів із змінним графіком споживання тепла, або на випарному апараті слідує ступеня випаровування дозволить: стабілізувати вміст сухих речовин в розчині після випарної установки, з урахуванням процесу накипоутворення та зміни подачі розчину на випаровування, за рахунок компенсації зміни продуктивності випарної установки, викликані циклічністю роботи теплоспоживачів або характером технологічного процесу; ліквідувати вихід пари на барометричний конденсатор або на концентратор з останнього ступеня випаровування, що приводить до зменшення втрат; зменшити час перебування розчину в зоні високих температур порівняно із прототипом за рахунок збільшення продуктивності "хвостових" ступенів випаровування, де менші температури кипіння, внаслідок чого зменшуються втрати продукції та покращується її якість.

Стабілізація величини вмісту сухих речовин в розчині після випарної установки, в свою чергу, дозволить підняти вміст сухих речовин в розчині до оптимального, що також зменшить витрати тепла на послідовних станціях заводу і в цілому по заводу.

На фіг.1 схематично зображена чотириступенева випарна установка, що складається із чотирьох кожухотрубних випарних апаратів, по одному апарату на ступінь, в якій вузол додаткового регульованого по величині паровідбору сполучений через сепаратор з надтрубним простором випарного апарата другого ступеня. На фіг.2 - вузол додаткового регульованого паровідбору, сполучений з надтрубним простором випарного апарата третього ступеня випаровування. На фіг.3 схематично зображена чотириступенева випарна установка з турбокомпресором, як регульованим по продуктивності пристроєм відбору пари, який вихідним патрубок сполучають з однією із гріючих камер випарного апарата попередніх ступенів випаровування і на якому застосовують додатковий регульований по величині паровідбір.

Чотириступенева випарна установка складається із чотирьох випарних апаратів 1, 2, 3 та 4, по одному апарату на ступінь випаровування, що з'єднані між собою трубопроводами 5 для перепуску розчину із ступеня на ступінь. Кожен випарний апарат має гріючу камеру 6 з кріпильними трубками та патрубками для кріплення трубопроводів 7, 8, 9 та 10 подачі гріючої пари, камеру надтрубного простору 11 з патрубками, сепаратор вторинної пари 12 з патрубками для паропроводу 13, що сполучає камеру надтрубного простору 11 випарного апарата 2 через сепаратор 12 та паропровід 9 з гріючою камерою 6 випарного 3 апарата наступного, третього ступеня випаровування, а

також з гріючими камерами теплообмінників 14 із стабільним графіком споживання тепла та теплообмінників 15 із змінним графіком споживання тепла, наприклад, вакуум-апаратів. Через паропровід 13 та сепаратор 12 з камерою надтрубного простору 11 випарного апарата 2 (фіг.1) або випарного апарата 3 (фіг.2) сполучається вузол додаткового регульованого по величині паровідбору, куди входять додатковий паропровід 16, додатковий патрубок після сепаратора, регулюючий пристрій 17 і регульований по продуктивності пристрій відбору пари 18 з патрубками, наприклад, теплообмінник, турбокомпресор, паровий насос. До випарного апарата 1 приєднаний трубопровід 19 подачі розчину на випарну установку, а до випарного апарата 4 - трубопровід 20 виходу розчину після випаровування. Камера надтрубного простору випарного апарата 4 останнього ступеня з'єднана паропроводом 21, на якому знаходиться регулюючий пристрій 22, з барометричним конденсатором 23.

На фіг.3 регульований по продуктивності пристрій відбору пари, - турбокомпресор 18 з електроприводом 24, - своїм вхідним патрубок сполучений з камерою надтрубного простору 11 випарного апарата 2 або 3, а вихідним через паропровід 25 та додатковий патрубок - з гріючою камерою випарного апарата 1, 2 або 3.

Випарна установка працює слідує таким чином. При роботі випарної установки в розрахунковому, оптимальному режимі вміст сухих речовин у випаровуваному розчині - як після окремого випарного апарата, так і після випарної установки в цілому відповідає розрахунковим, заданим значенням і при цьому відсутній вихід пари на барометричний конденсатор 23 через паропровід 21 та регулюючий пристрій 22. За цих умов регульований по продуктивності пристрій відбору пари 18 через додатковий паропровід 16 та регулюючий пристрій 17 споживає для технологічних процесів певну кількість пари, що визначається розрахунковим, оптимальним режимом роботи випарної установки.

При зміні величини паровідбору на випарному апараті 2 за рахунок теплоспоживачів 15 із змінним графіком споживання тепла, наприклад, вакуум-апаратів, як наслідок змінюється тиск вторинної пари в надтрубному просторі 11 цього апарата, в гріючих камерах теплоспоживачів 14 та 15, в гріючій камері випарного апарата 3, а відтак, і в камері надтрубного простору цього апарата, що приведе до зміни продуктивності випарної установки, а значить і вмісту сухих речовин в розчині після випаровування. Так, при зменшенні паровідбору на 15 на випарному апараті 2 тиск вторинної пари в 11 збільшиться, а його продуктивність, як і вміст сухих речовин в розчині після нього, зменшаться.

Зміна тиску з часом передається на всі випарні апарати випарної установки, за рахунок чого збільшиться вихід пари на барометричний конденсатор 23. Так само збільшаться втрати пари на барометричний конденсатор і при спробі регулювати вміст сухих речовин на виході із випарної установки регулюючим пристроєм 22.

Для компенсації зменшення продуктивності випарного апарата 2, згідно фіг.1 регулюючий пристрій 17 через додатковий паропровід 16 подасть більше вторинної пари на регульований по продуктивності пристрій відбору пари 18 з камери

надтрубного простору 11 цього випарного апарата. Тиск вторинної пари в надтрубному просторі 11 вимушено зменшиться, що приведе до збільшення температурного перепаду на випарному апараті 2 другого ступеня випаровування між парою в гріючій камері 6 та в камері надтрубного простору 11, а значить і до збільшення продуктивності другого ступеня випаровування. Проміжок часу, на який відкриється регулюючий пристрій 17 визначається режимом роботи теплоспоживачів 15, а ступінь його відкриття - зміною величини тиску в 11. При такій роботі випарної установки значення величини вмісту сухих речовин в розчині після другого ступеня випаровування, як і після випарної установки, не зміниться і відповідатиме розрахунковому або заданому значенню), а вихід пари на барометричний конденсатор 23 через 21 та 22 буде відсутній, як і за оптимальних умов.

При збільшенні величини паровідбору на 15 процес відбувається у зворотньому напрямку, досягаючи стабілізації вмісту сухих речовин та ліквідації втрат пари на барометричний конденсатор.

Згідно з фіг.2 вузол додаткового регульованого по величині паровідбору застосовують на випарному апараті 3 третього ступеня випаровування. При зміні величини паровідбору на 15 на випарному апараті 2 змінюється тиск вторинної пари в 11, а також в гріючій камері 6 та камері надтрубного простору 11 випарного апарата 3 і робота випарної установки відбувається так, як і при застосуванні вузла додаткового регульованого по величині паровідбору на випарному апараті 2. За цих умов уже випарний апарат 3 разом із вузлом додаткового регульованого по величині паровідбору стає тим елементом, що компенсує зміну продуктивності випарної установки за рахунок зміни величини паровідборів на 15.

При застосуванні вузла додаткового регульованого по величині паровідбору на випарному апараті 3 мається менше можливості вийти випарній установці з оптимального режиму роботи, так як додатковий регульований по величині паровідбір переноситься на випарний апарат поближче до кінця випарної установки, що дозволить скомпенсувати різні відхилення від оптимального режиму попередніх ступенів випаровування. Проте при цьому дещо збільшується інерційність регулювання порівняно з тим, коли вузол додаткового паровідбору застосовується на випарному апараті 2 другого ступеня.

На фіг.3 для стабілізації вмісту сухих речовин в розчині на виході із випарної установки, а також ліквідації втрат тепла на барометричний конденсатор в залежності від зміни величини паровідбору на 15 застосовують турбокомпресор 18, як регульований по продуктивності пристрій відбору пари, що через 16 та 17 сполучають з камерою надтрубного простору випарного апарата другого або третього ступенів випаровування. Турбокомпресор 18 через вихідний патрубок паропроводом 25 з'єднують через додатковий патрубок із гріючою камерою випарного апарата одного із попередніх ступенів випаровування, в число яких входить і гріюча камера випарного апарата ступеня випаровування з додатковим паровідбором.

Повертаючи стиснену турбокомпресором 18

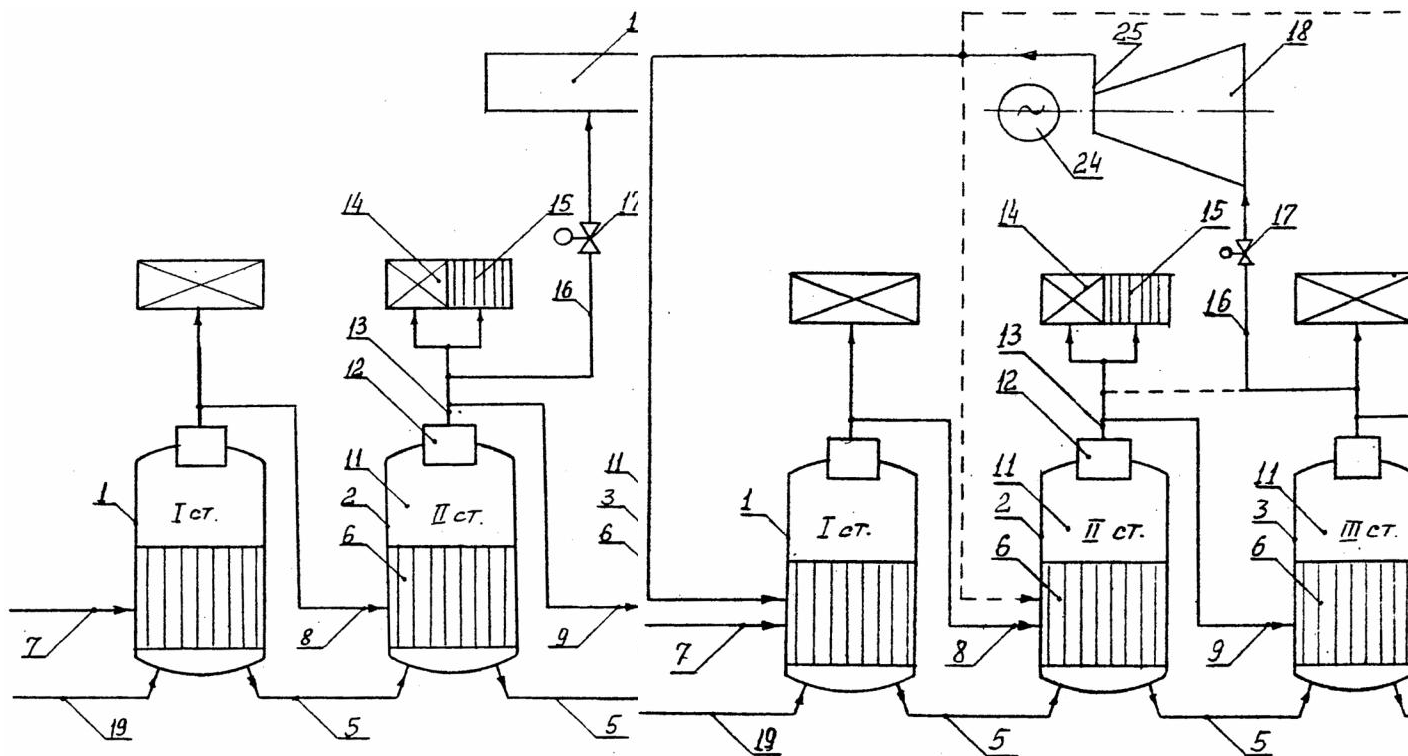
вторинну пару в гріючу камеру випарного апарата 1 збільшуємо кратність її використання, зменшуємо продуктивність турбокомпресора та збільшуємо витрати енергії на стиснення пари та її транспортування порівняно з тим, коли б паропровід 25 був сполучений із гріючою камерою, наприклад, випарного апарата 2. Теж саме спостерігається при застосуванні турбокомпресора для відбору пари з випарного апарата третього ступеня випаровування порівняно із відбором пари з другого ступеня при поверненні її в одну і ту ж гріючу камеру випарного апарата, наприклад, першого ступеня.

Застосування турбокомпресора у випарній установці, яку ми визначили за прототип, з метою стабілізації вмісту сухих речовин в розчині після випарної установки при зміні величин паровідборів на 15 неможливе, так як турбокомпресор в цьому випадку знаходиться по ходу технологічного процесу до збуджувачів коливань величин паровідборів. За цих умов стабілізацію вмісту сухих речовин потрібно виконувати із значним упорядкуванням, а враховуючи те, що об'єкт регулювання інерційний і що сам момент зміни паровідбору передбачити важко, то стає ясным, що регулювання вмісту сухих речовин практично не здійснене. Слід відзначити, що застосування турбокомпресора, або іншого пристрою відбору пари збільшує час перебування розчину у відповідному випарному апараті, а тому доцільно, і з цієї точки зору, пристрій відбору пари перенести на "хвостові" поверхні випарної установки, де менші температури кипіння і, відповідно, менші втрати продукції та краща її якість.

Недоцільно додатковий регульований паровідбір застосовувати на ступенях випаровування після третього, бо це приводить до другої крайності: регулювання вмісту сухих речовин потрібно виконувати із значним запізненням.

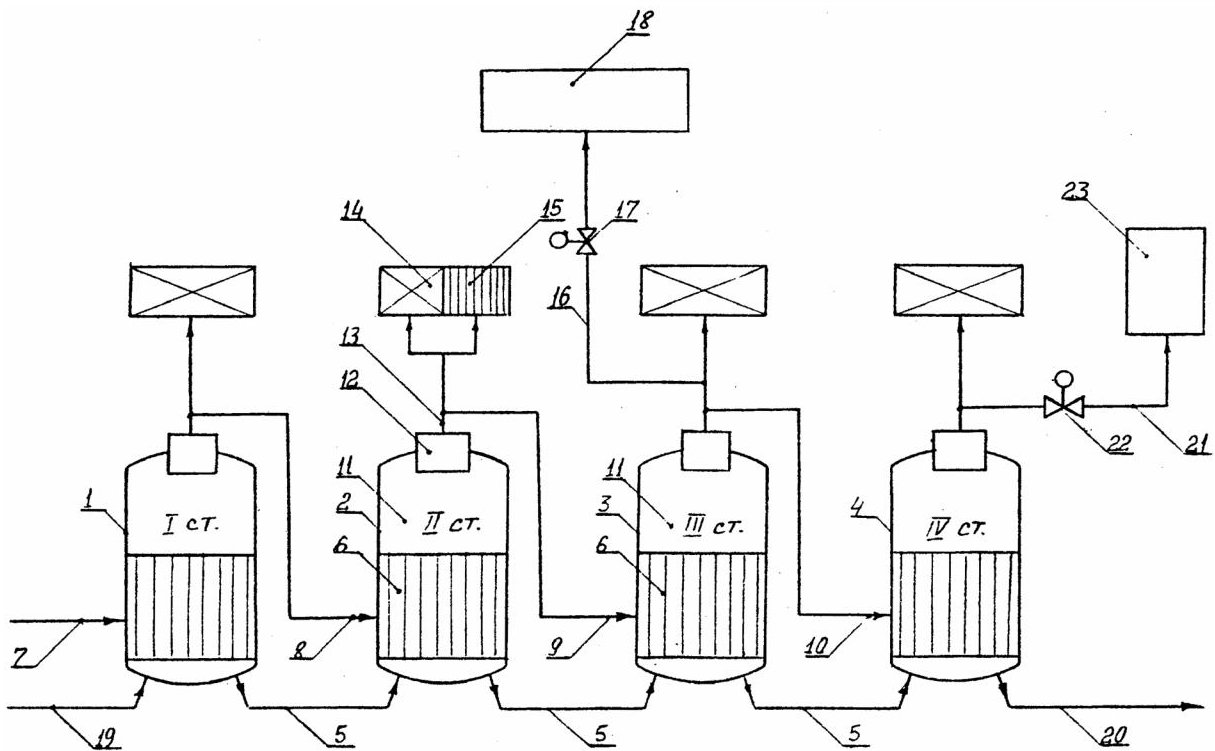
Зміна вмісту сухих речовин, як після кожного ступеня випаровування, так і після випарної установки, відносно розрахункових значень може відбуватись не лише від зміни величин паровідборів на 15, а й при зміні подачі розчину турбопроводом 19 на випаровування та зміни стану поверхні нагріву теплообмінної апаратури за рахунок накипоутворення. При збільшенні подачі розчину або при збільшенні термічного опору між теплоносієм та теплоспоживачем вміст сухих речовин у розчині по ступенях випаровування зменшується і це приведе до більшого відкриття регулюючого пристрою 17 і, відповідно, до збільшення продуктивності випарної установки і навпаки, що дозволить підтримувати вміст сухих речовин на розрахунковому або заданому рівні, а також ліквідувати відсутність виходу пари на барометричний конденсатор.

При застосуванні механічних регульованих по продуктивності пристроїв відбору пари 18, наприклад, турбокомпресора, з електроприводом 24 (фіг.3) регулювання продуктивності випарної установки в залежності від зміни паровідборів, подачі розчину на випаровування і стану поверхні нагріву теплообмінної апаратури можна виконувати не тільки регулюючим пристроєм 17, а й змінюючи частоту обертів електроприводу 24.



Фиг. 1

Фиг. 3



Фиг. 2