

**Пономаренко Віталій Васильович**, кандидат технічних наук, доцент кафедри Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування, Національний університет харчових технологій, т. 097 9484720

### **Спосіб деамонізації конденсатів та його здійснення**

*Анотація.* Зроблено аналітичний огляд основних методів деамонізації конденсатів та дана їх коротка характеристика. Запропоновано нову двоступінчасту схему деамонізації конденсатів з використанням високоефективних ежекційних апаратів, що дозволяє значно знизити енергетичні затрати.

*Ключові слова:* аміак, деамонізація, аміачні конденсати, ежектор, розпилювання, насадкова колона.

### **Пономаренко В. В. Способ деаммонизации конденсатов и его осуществление.**

*Аннотация.* Сделан аналитический обзор основных методов деаммонизации конденсатов и дана их краткая характеристика. Предложена новая двухступенчатая схема деаммонизации конденсатов с использованием высокоэффективных эжекционных аппаратов, что позволяет значительно снизить энергетические затраты.

*Ключевые слова:* аммиак, деаммонизация, аммиачные конденсаты, эжектор, распыливание, насадочная колонна.

### **Ponomarenko V. Method deammonizatsii condensates and its implementation.**

*Abstract.* An analytical review of the main methods deammonizatsii condensates and given them a brief description. A new scheme dvostupenchataya deammonizatsii condensates using high-ejection apparatus, which can significantly reduce energy costs.

*Keywords:* ammonia, deammonizatsiya, ammonia condensates, ejector, atomization, a packed column.

*Постановка проблеми.* Раціональне водовикористання на цукровому заводі передбачає повернення жомопресової води та аміачних конденсатів для дифузійного

процесу. Це дозволяє зменшити потреби заводу в свіжій барометричній воді, знизити скиди. Крім того використання жомопресової води і деамонізованих аміачних конденсатів позитивно відбивається на роботі самої дифузійної установки та станції випарювання соку. Це зв'язано з тим, що така вода не має солей жорсткості, обеззаражена від мікроорганізмів. Дифузійний сік, який отримується при використанні деамонізованих конденсатів в якості частини живильної води для екстракції, відрізняється підвищеною чистотою по відношенню до соку який отримується при використанні в якості екстрагента однієї барометричної води. Це доведено експериментальними дослідженнями і дискусія по питанню використання в якості частини живильної води деамонізованих конденсатів для екстракції цукру з бурякової стружки вирішена в сторону її використання.

Невирішеним питанням залишається апаратне оформлення процесу деамонізації при мінімальних затратах енергетичних ресурсів.

*Аналіз останніх публікацій.* Що стосується апаратного оформлення процесу деамонізації конденсатів, то основні способи, що знайшли використання на цукрових заводах описані в [1]. Відомо декілька технологічних схем з використанням в якості десорбента як повітря, так і пари. Кінцева концентрація аміаку, яка досягається при цьому, становить 50 – 80 мг/л. В якості десорберів використовуються пароконтактні деамонізатори з форсунками для розпилювання аміачних конденсатів, апарати барботажного типу, десорбційні насадкові колони, електродіалізні установки для видалення аміаку. Були спроби використати в якості десорберів ректифікаційну колону.

При проведенні способу деамонізації конденсатів барботажем методом відмічаються великі затрати енергії на продувку деамонізатора повітрям та його підігрів в калорифері. Так при витраті конденсату на деамонізацію [1] 5 м<sup>3</sup>/год. необхідно подати повітря біля 900 м<sup>3</sup>/год., або на кожний 1 м<sup>3</sup> конденсатів необхідно 180 м<sup>3</sup> повітря при температурі процесу десорбції 80 ... 85<sup>0</sup>С.

При проведенні деамонізації паром для досягнення кінцевої концентрації аміаку в воді біля 80 мг/л необхідно близько 3,2 – 3,3% пари третього корпусу випарної установки.

Таким чином, при всіх перевагах використання в якості частини живильної води деамонізованих конденсатів, сам процес деамонізації барботажем методом доволі енергоємний і потребує велику кількість пари або стисненого повітря.

*Мета статті.* Пошук економічних схем деамонізації конденсатів з використанням високоефективних апаратів для здійснення цього процесу.

*Виклад основного матеріалу.* Аміачні конденсати з випарних апаратів мають концентрацію аміаку біля 300 мг/л і використовувати такий конденсат в якості частини живильної води для дифузії не можливо, так як рН такої води високе, що погіршує умови екстракції цукрози [1]. Концентрація аміаку в аміачних конденсатах при подачі їх на дифузцію не повинна перевищувати 50 – 80 мг/л.

Процес масопередачі  $\text{NH}_3$  з водних розчинів в газову фазу описується відомим рівнянням [2]:

$$N_A = K_G F (y - y^*),$$

де  $N_A$  - потік десорбованого компонента, кмоль / с;

$K_G$  - коефіцієнт масопередачі віднесений до концентрації газу, м/с;

$F$  - поверхня розділу фаз, м<sup>2</sup>;

$y$  - концентрація аміаку в газі (кмоль/м<sup>3</sup>);

$y^*$  - концентрація газу, рівноважна з концентрацією в рідині (кмоль/м<sup>3</sup>).

Коефіцієнт масопередачі  $K_G$  в свою чергу знаходиться з виразу:

$$\frac{1}{K_G} = \frac{1}{\beta_G} + \frac{m}{\beta_P}.$$

де  $\beta_G$  - коефіцієнт масовіддачі в газовій фазі, м / с;

$\beta_P$  - коефіцієнт масовіддачі в рідкій фазі, м / с;

$m$  - константа фазової рівноваги.

В випадку десорбції добре розчинних газів можливо припустити, що основний опір знаходиться лише в газовій фазі і можливо розглядати лише частковий коефіцієнт масопередачі в газовій фазі.

В силу неможливості врахування всіх факторів, що впливають на масопередачу для спрощення досліджень користуються коефіцієнтом масопередачі, що віднесений до одиниці об'єму реактора:

$$k_v = K_G A ,$$

де  $k_v$  - об'ємний коефіцієнт масопередачі;

$A$  – питома поверхня контакту фаз,

$K_r$  - коефіцієнт масопередачі в газовій фазі.

Рівняння масопередачі в цьому випадку буде мати вигляд:

$$N_A = k_v V_{аб} dc / d\tau ,$$

де  $V_{аб}$  - об'єм абсорбера (десорбера);

$dc$  - рушійна сила десорбції;

$d\tau$  - час десорбції.

Що стосується рушійної сили процесу десорбції аміаку з рідкої фази в повітря, то нею є різниця парціальних тисків  $NH_3$  між тиском аміаку, рівноважним його вмісту в рідині і тиском аміаку в газовій фазі. Так як аміак добре розчинний газ, то закону Генрі він не підлягає, а для знаходження парціального тиску над водним розчином (мм. рт. ст..) можна скористатись формулою:

$$\lg p_{NH_3} = -\frac{1750}{T} + 1.1 \lg M + 7 ,$$

де  $T$  - абсолютна температура, °К;

$M$  – вміст  $NH_3$  в розчині, кг-моль/м<sup>3</sup> .

Таким чином, кількість перенесеного аміаку залежить від коефіцієнта масопередачі, поверхні контакту фаз, рушійної сили процесу. Збільшення поверхні контакту фаз приводить до однозначного збільшення процесу десорбції. Також відомий факт, що числове значення коефіцієнту масопередачі залежить від гідродинаміки фаз. Збільшення рушійної сили процесу можливо досягти при проведенні процесу при протитечії та збільшенні швидкості відведення газової фази, що частково десорбувала в себе аміак.

Загалом ці висновки також відомі з аналізу рівняння масопередачі. Особливістю є те, яким чином досягається інтенсифікація масообміну. На цукрових заводах в основному прийнятий барботажний спосіб десорбції аміаку, що передбачає стиснення великих об'ємів повітря та проходження ним шару аміачних конденсатів, про що вже було сказано.

На наше переконання перспективним способом інтенсифікації масообмінних процесів є:

- значне збільшення поверхні контакту шляхом використання форсунок для мілкодисперсного та монодисперсного розпилювання рідини [5];

- значне збільшення коефіцієнту масопередачі при створенні умов гідродинамічної турбулізації потоку шляхом використання ефективних ежекційних апаратів. При цьому досягається також ежектування достатньо великої кількості повітря або пари в якості десорбента без додаткового підведення енергії.

Слід відмітити, що краплі, які утворюються при роботі форсунок не однакові за розміром та з точки зору ефективності масопередачі. Малі краплі поглинають газ значно швидше, ніж великі та чим вся маса рідини в цілому [3]. Чим менша крапля, тим вища максимальна концентрація, яку досягає газ в цій краплі і тим раніше досягається максимальне значення концентрації. Тому в полідисперсній системі крапель абсорбція буде проходити значно повільніше в силу десорбції газу з мілких крапель а потім абсорбції в більш великі, ніж при монодисперсному розпилюванні рідини. Все сказане в рівній мірі відноситься і до десорбції газу з крапель. Слід також відмітити таке явище, як значне збільшення масопередачі (на один, два порядки) в моменти утворення крапель при виході з розпилювача, їх удари в стінку, коалесценцію та вторинне подрібнення [3].

Приведені залежності по масопереносу та описані механізми десорбції аміаку дозволяють спроектувати установку [4] ступінчатої деамонізації конденсатів (рис.1).

В якості першої ступені використовується малогабаритний ефективний ежекційний апарат 1, робочим соплом якого є відцентрово-струминна форсунка, що дозволяє отримати мілкодисперсні та монодисперсні краплі. В ежекційному апараті забезпечується висока степінь змішення крапель рідини з повітрям в якості десорбента. В камері змішення досягається висока степінь дисперсності потоків, оновляємості поверхні, що є умовою ефективної масопередачі  $\text{NH}_3$  в повітря. Для розділення фаз вода – повітря на першій ступені деамонізації використовується циклон 2. Повітря насичене аміаком через витяжну трубу видаляється в атмосферу або на вакуум конденсатор.

Частково деамонізована вода з концентрацією 180 – 200 мг/л насосом 3 подається на другу ступень деамонізації, до складу якої входить ежекційний апарат 7 і насадкова колона 5. В якості десорбента використовується пара 4-го корпусу випарної установки та повітря.

Для підтримання оптимальної температури процесу деамонізації та десорбції аміаку до кінцевої концентрації передбачено ежекційний апарат 7, в якому

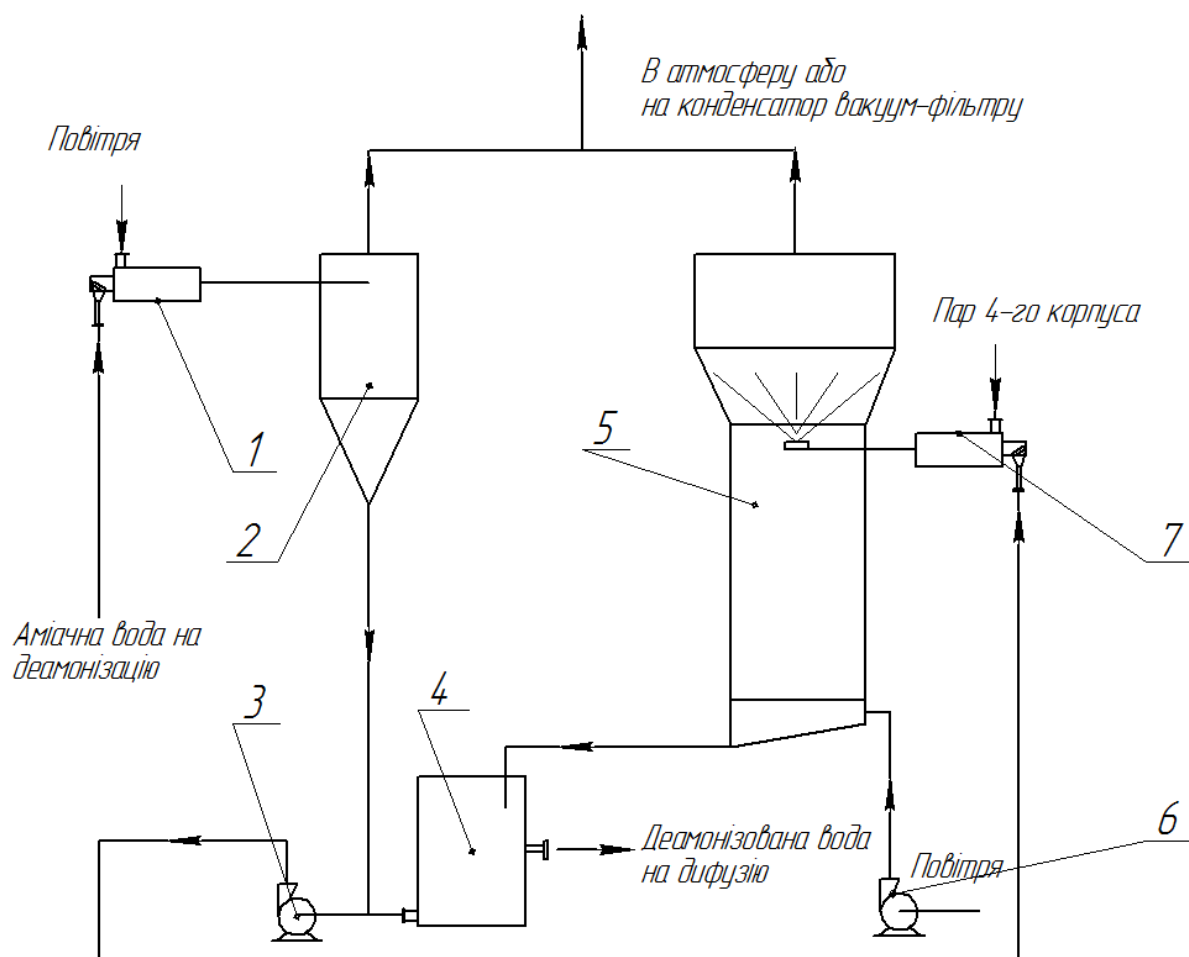


Рис.1 Схема деамонізації конденсатів

відбувається ежекція низько потенційної пари. На цукровому заводі це є пар четвертого корпусу випарної станції. Це покращує роботу конденсаторів випарних апаратів і приводить до підігріву аміачної води, що є необхідним так як зі зниженням температури умови десорбції  $\text{NH}_3$  погіршуються. Розділення фаз проходить в верхній частині насадкової колони, де встановлена відцентрова форсунка.

Насадкова колона являє собою циліндричну ємкість, що заповнена насадкою (кільцями Рашига). Після розділення суміші зверху насадкової колони 5 водяний пар, насичений аміаком відділяється, а рідина стікає в вигляді тонких плівок, крапель вниз, а назустріч їй вентилятором 6 подається повітря, в яке десорбує аміак з рідини. Для забезпечення гарантованого ефекту деамонізації передбачено наявність циркуляційного контуру рідини, в який входить циркуляційний збірник 4, з нижньої частини якого вода подається на циркуляційний насос 3, чим забезпечується стабільна

робота другої ступені деамонізації і ежектора. З середньої частини збірника деамонізована вода подається на дифузію.

Така двоступенева схема деамонізації конденсатів дозволяє отримати кінцеву концентрацію аміаку в воді біля 50 мг/л, що є прийнятним для використання її в дифузійному процесі. Схема деамонізації проста, дозволяє розвантажити станцію конденсаторів випарних апаратів, використати низько потенційне тепло.

Розрахунок елементів десорбера проводився по відомим методикам. Так форсунки розраховувались по рекомендаціям [5], розрахунок ежекторів – по методиці [6]. Розрахунок насадкового десорбера приведений в [2] з врахуванням швидкості підвисяння рідини в колоні. Висота шару насадки знаходилась виходячи з умови питомого навантаження фаз.

Запропонований спосіб деамонізації конденсатів для можливості їх використання в дифузійному процесі цукрового виробництва має ті переваги, що, по-перше, в першому ежекційному апараті за рахунок ежекції повітря відбувається попередня часткова деамонізація конденсатів, по-друге, внаслідок ежекції пару низького потенціалу в другому ежекційному апараті покращується робота вакуум конденсаторів випарних апаратів та підтримується оптимальна температура ведення процесу деамонізації, знижується загальна кількість необхідного повітря для десорбції, а отже і витрати енергії на процес деамонізації.

Слід додати, що така схема деамонізації конденсатів біла в свій час спроектована та працювала в 90-х роках на Корецькому цукровому заводі. Та на жаль в той час в повному обсязі не були проведені повні дослідження процесу, лише знаходилась кінцева концентрація аміаку в десорбованих конденсатах, що дозволило зробити висновки про доцільність впровадження запропонованої схеми деамонізації на цукрових заводах.

#### *Висновки.*

1. Деамонізація конденсатів на цукровому заводі до кінцевої концентрації аміаку не вище 80 мг/л є необхідною умовою використання такої води в якості екстрагента на дифузії.

2. Найбільше використання на цукрових заводах знайшов барботаажний метод деамонізації, що характеризується значними затратами енергії на підготовку десорбента (повітря) до процесу.

3. Запропоновано нову двоступінчасту схему деамонізації конденсатів з використанням високоефективних ежекційних апаратів. Дана схема захищена патентом України.

### **Список використаних джерел**

1. Современное свеклосахарное оборудование свекло-сахарного производства. В 2-х частях. Ч.1/ В.О. Штангеев, Л.Г. Белостоцкий, В.Т. Кобер и др.: под ред. В.О. Штангеева. К.: «Цукор України», 2003. – 352 с.
2. Рамм В.М. Абсорбция газов. М.: Химия, 1976. – 656 с.
3. К математической модели абсорбции в распылительных колоннах/ Вискребцов В.Б., Леонтович Л.В., Федотким И.М., Павлицев М.И. – ТОХТ, 1977, т. XI, № 6, с. 812 – 824.
4. Результаты испытаний Пат. 102419 Україна, МПК С 13 В 25/00 (2013.01) Спосіб деамонізації конденсатів цукрового виробництва [Текст] / Пономаренко В. В.; Вискребцов В.Б. власник: Національний університет харчових технологій. — а № 2011 08484 ; заявл. 06.07.11; опубл. 10.07.13, Бюл. № 13 – 5 с.
5. новой конструкции форсунки для распыливания технологических жидкостей типа соков сахарного производства. Рук. Депониров. В АгроНИИТЭИпищепроме 9 декабря 1986 г., № 1460, пщ.-86, Деп./Вискребцов В.Б., Пономаренко В.В.
6. Лямаев Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки. – Л.: Машиностроение, 1988. – 256 с.

***Рецензент: М.М.Пушанко, д.т.н., проф.***