

## КОМБІНОВАНИЙ ВИПАРНИЙ АПАРАТ У ВИРОБНИЦТВІ АМІАЧНОЇ СЕЛІТРИ

*С.І.Якушко, к.т.н., О.С.Титаренко  
Сумський державний університет*

*Проведено аналіз основних добрив, які використовуються на ґрунтах України. Показано, що одним з основних видів добрив, що застосовуються, є аміачна селітра, яка використовується майже під всі види сільгоспкультур. Проаналізовано технології виробництва аміачної селітри. Окремо проаналізований випарний апарат. Запропонована конструкція комбінованого випарного апарату спрощеної конструкції та надані його переваги.*

*Проведен анализ основных удобрений, применяемых на почвах Украины. Показано, что одним из основных видов применяемых удобрений является аммиачная селитра, которая используется под все виды сельхозкультур. Проанализированы технологии производства аммиачной селитры. Отдельно проанализирован выпарной аппарат. Предложена конструкция комбинированного выпарного аппарата упрощенной конструкции и даны его преимущества.*

Азот – один з основних елементів, необхідних для життєдіяльності рослин. Він входить до складу білків, ферментів, нуклеїнових кислот, хлорофілу, вітамінів, алкалоїдів та інших сполук. Рівень азотного живлення визначає розміри та інтенсивність синтезу білків та інших азотистих органічних сполук у рослині, які істотно впливають на процеси росту. У складі сухої речовини рослини азоту міститься 1-3%, у білках – 16-18%.

Основне джерело азоту для рослин – солі азотної кислоти та амонію. Поглинання його з ґрунту відбувається у вигляді аніонів  $\text{NO}_3^-$  та катіонів  $\text{NH}_4^+$  та деяких найпростіших органічних сполук (простих амінокислот, легкорозчинних амідів, тощо).

Вміст загального азоту в різних ґрунтах коливається від 0,05 до 0,5% і залежить від типу ґрунту, його гранулометричного складу та вмісту гумусу. Враховуючи те, що в гумусі міститься близько 5 % азоту, за вмістом загального азоту можна завжди визначити вміст гумусу у ґрунті (вміст азоту у відсотках множать на 20). Запаси загального азоту в орному шарі ґрунту містяться в межах 1,5-15 т/га.

Середній вміст гумусу і загального азоту в орному шарі ґрунтів України представлений у таблиці 1.

Таблиця 1

Ґрунти	Вміст, %		
	гумусу	загального азоту	
		в ґрунті	в гумусі
Дерново-підзолисті, глинисто-піщані	1,3	0,06	4,7
Темно-сірі і сірі лісові	2,7	0,14	5,9
Чорноземи глибокі суглинкові і глинисті	5,3	0,26	4,8
Чорноземи звичайні середньогумусні	6,1	0,28	4,6
Чорноземи звичайні малогумусні	3,6	0,25	6,8
Чорноземи південні	2,7	0,19	5,3
Темно-каштанові	2,4	0,14	6,8

Аналіз таблиці показує, що основні запаси азоту містяться в гумусі, тобто живлення ґрунтів азотом сприяє підтриманню та поновленню насамперед гумусного шару ґрунтів.

Вміст мінеральних сполук азоту, які беруть участь у живленні рослин, незначний і становить всього 1-3%. Інша частина азоту (97-99%) міститься у формі складних органічних сполук – гумусових, білкових та інших недоступних сполуках, які в різних ґрунтах і з неоднаковою швидкістю в процесі мінералізації перетворюються на доступні форми  $\text{NH}_4^+$  і  $\text{NO}_3^-$ .

Ступінь забезпеченості рослин доступним азотом визначають за вмістом його мінеральних форм ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ), а також легко- і лужногідролізованого азоту. За середньої забезпеченості рослин рекомендована норма залишається без зміни, за високої - знижується на 25-30%, а за низької - підвищується на 25-30%.

Головне місце в асортименті азотних добрив, які виробляє хімічна промисловість України, займають концентровані форми: сечовина, аміачна селітра, безводний аміак. В основу класифікації азотних добрив покладено фізичні властивості (тверді, рідкі, порошкоподібні, гранульовані) та форми азоту в них. За останньою ознакою азотні добрива поділяють на: амонійні, аміачні, нітратні, амонійно-нітратні та амідні (табл. 2).

Таблиця 2

Добрива	Формула	Вміст азоту	Домішки не більше, %	Вміст вологи не менше, %	Гранули 1 -4 мм не менше, %
<b>Амонійні</b>					
Сульфат амонію	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	20,5	Вільні $\text{H}_2\text{SO}_4$ 0,025 - 0,050	0,3 - 0,6	90 - 95
Хлористий амоній	$\text{NH}_4\text{Cl}$	25,0	-----	1,0	90
<b>Нітратні</b>					
Натрієва селітра	$\text{NaNO}_3$	16,3	-----	1,0 - 1,8	-----
Кальцієва селітра	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	17,5	$\text{NH}_4\text{NO}_3$ - 1,7	14	-----
<b>Амонійно - Нітратні</b>					
Аміачна селітра	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	34,0-34,5	$\text{P}_2\text{O}_5$ - не менше 0,5	0,3	96
Вапняно-аміачна селітра	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$	20,5	-----	-----	-----
<b>Амідні</b>					
Сечовина (карбамід)	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	46,0	Біурет - 0,9	0,25	93
<b>Рідкі аміачні</b>					
Аміак рідкий	$\text{NH}_3$	82	Заліза - 2мг/л	0,4	-----
Аміачна вода	$\text{NH}_4\text{OH}$	20,5	$\text{CO}_2$ - 8 г/л	-----	-----

Аміачна селітра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) – одне з найпоширеніших азотних добрив. Містить 34% азоту (50% у формі  $\text{NH}_4^+$  і 50% у формі  $\text{NO}_3^-$ ). Її отримують нейтралізацією азотної кислоти аміаком. Це фізіологічно слабкокіслова сіль білого або кремового кольору, що легко розчиняється у воді. Випускають переважно у гранульованому вигляді. Після внесення в ґрунт амоній поглинається ґрунтовим вбирним комплексом, що знижує його рухомість, частково зазнає нітрифікації. Нітратна форма азоту утворює легкорозчинні

солі, які можуть вимиватися в глибші шари ґрунту, тобто втрачатися. Ця властивість аміачної селітри обмежує її внесення для основного удобрення на легких ґрунтах.

Аміачну селітру вважають універсальним добривом. Її застосовують різними способами під усі культури. Вона є незамінним добривом для підживлення озимих і просапних культур та для внесення в рядки під час сівби [1].

Технологія виробництва аміачної селітри включає нейтралізацію азотної кислоти газоподібним аміаком з використанням теплоти реакції (145 кДж/моль) для упарювання розчину селітри. Після утворення розчину, зазвичай з концентрацією 83 %, зайва вода випаровується до стану розплаву, у якому вміст нітрату амонію складає 95 — 99,5 % залежно від сорту готового продукту. Для використання в якості добрива розплав гранулюється в апаратах розпилення, сушиться, охолоджується і покривається спеціальними речовинами для запобігання злежування.

Як видно з опису технології, однією з основних та найбільш енергоємних стадій виробництва є випарювання. В залежності від прийнятої технології виробництва цей процес проводять у одну, дві або навіть у три стадії [2,3,5].

Залежно від методу кристалізації продукту і конструкції випарних апаратів розчини аміачної селітри упарюють до стану плава різної концентрації. Якщо для гранулювання використовується плав концентрації 99,0-99,5%  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , процес упарювання ведуть при атмосферному тиску (агрегати АС-67). Неодмінною умовою поліпшення якості аміачної селітри є забезпечення високого ступеня упарювання її розчинів у випарних апаратах з досягненням залишкового вмісту води в готовому продукті не більше 0,3%. При кристалізації у гранбаштах розчини упарюються до концентрації 99,7% - 99,9%  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . При цьому із збільшенням концентрації розчинів  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  при їх упарюванні температура розчину підвищується, і зростають втрати аміачної селітри з соковою парою. Оскільки при атмосферному тиску температура кипіння висококонцентрованих розчинів аміачної селітри близька до температури початку її розкладення (185°C), упарювання проводять під вакуумом, що дозволяє значно знизити температуру кипіння розчину, а при організації багатоступеневого процесу можна зменшити і витрати свіжої пари. Тому застосовують випарні апарати, що працюють при розрідженні 550–600 мм рт. ст. Це дозволяє упарювати розчини при знижених температурах їх кипіння, що сприяє зменшенню втрат продуктів на цій стадії виробництва.

Для упарювання розчинів аміачної селітри часто застосовують дво- або триступеневу схему випарювання. Двоступеневе упарювання проводять з таким розрахунком, щоб у першому ступені концентрація підвищувалася до 84%, у другому – до 99,5% і вище. Для упарювання застосовують плівкові випарні апарати у вигляді кожухотрубчастих теплообмінників із сепараторами спеціальної конструкції. Відмітною особливістю цих апаратів є упарювання розчинів в тонкій плівці (шарі), яка рухається із швидкістю до 25 м/сек уздовж внутрішньої поверхні трубок.

Для упарювання аміачної селітри використовують випарні апарати різних конструкцій. Зазвичай для першого ступеню упарювання, тобто для упарювання розчинів не дуже високої концентрації, використовують вертикальні випарні апарати плівкового типу. Для випарки другого ступеню до останнього часу використовували трубчасті горизонтальні апарати (тепер встановлена можливість використання і для другого ступеню більш ефективних випарних апаратів плівкового типу). Третя ступінь випарки здійснюється в апараті з падаючою плівкою з одночасним продуванням гарячим повітрям (приблизно 180°C) [2].

Якщо в якості вихідної кислоти застосовувати 56—58%  $\text{HNO}_3$ , обмежуються одноступеневим упарюванням розчину аміачної селітри. В цьому випадку в апараті ВТН утворюється концентрований (82—84%-ний) розчин  $\text{HNO}_3$  з високою температурою кипіння. Для упарювання такого розчину не можна використовувати сокову пару з нейтралізаційного апарату, тому застосовують лише свіжу пару тиском 9 ат. На

одноступінчасту випарну установку потрібно менше капіталовкладень порівняно з двоступінчастою, зменшуються і експлуатаційні витрати.

Для проведення процесу випарювання в одну стадію застосовують комбіновані випарні апарати [5]. Ці апарати складаються з плівкового трубчастого випарника, у міжтрубний простір якого подають пару тиском 1,3-1,4 МПа. У його трубному просторі відбувається упарювання розчину до концентрації 99,0-99,5%  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . У нижній тарільчастій масообмінній частині апарату на провальних тарілках із змійовиками, які обігріваються парою, за рахунок продування розчину повітрям при 175-190<sup>0</sup>С, відбувається подальша концентрація плава до 99,7-99,8%.

Відомі конструкції, в яких концентраційна частина виконується або у вигляді додаткової обичайки, що містить п'ять тарілок, на трьох верхніх з яких розташовані гріючі змійовики, або дві тарілки, що вбудовуються у днище апарату [3].

Розроблений та пройшов промислове випробування комбінований випарний апарат спрощеної конструкції, представлений на рис. 1.

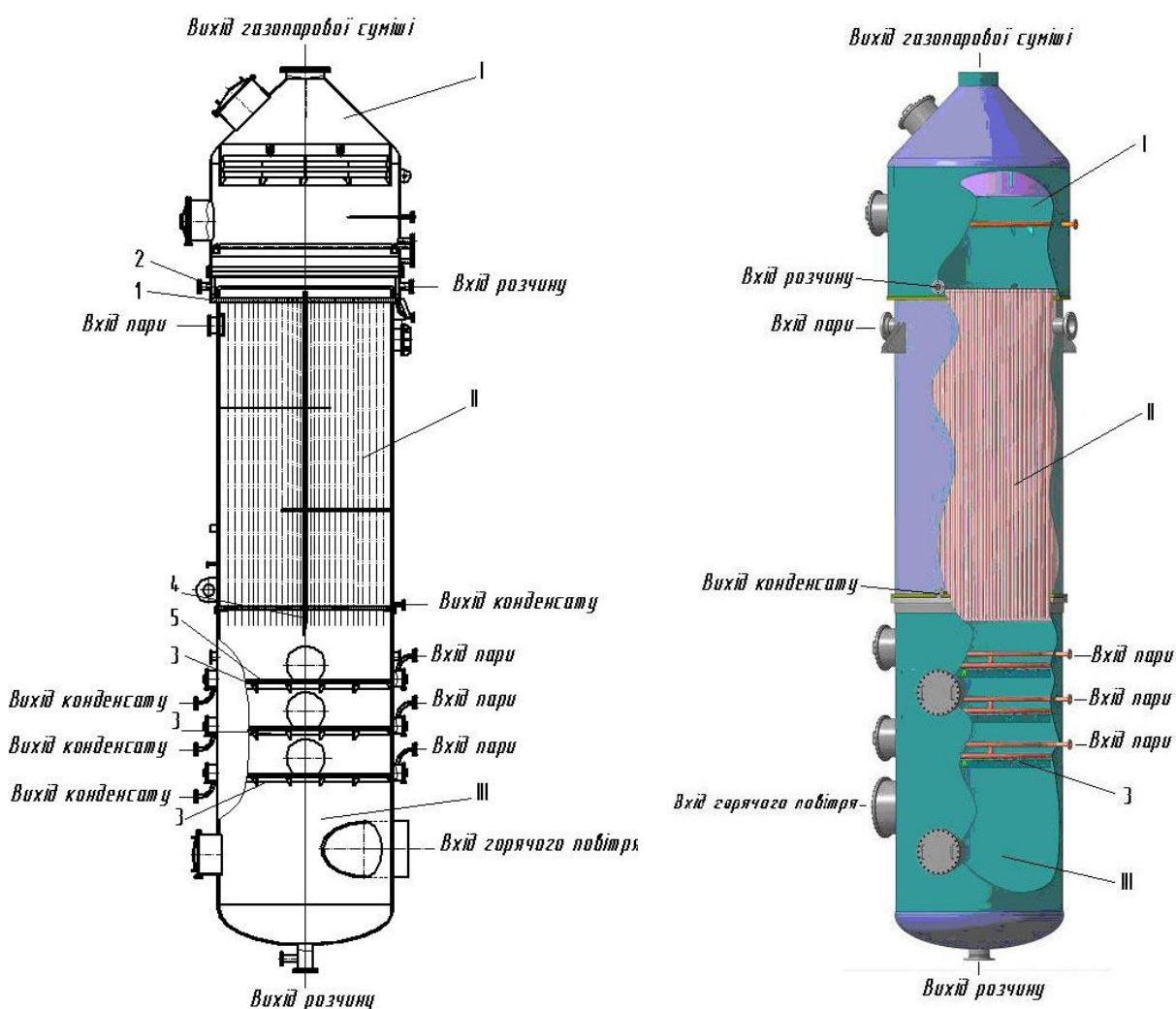


Рис. 1 – Конструкція комбінованого випарного апарату

Запропонований вертикальний комбінований випарний апарат з падаючою плівкою призначений для упарювання лужного розчину аміачної селітри з масовою долею нітрату амонію не менше 89 %. Процес здійснюється під тиском 0,02 МПа за допомогою насиченої пари під тиском 0,16 МПа і температурою 112,7<sup>0</sup>С, з протиструменевим продуванням гарячим повітрям з температурою 187-194<sup>0</sup>С.

Комбінований випарний апарат складається з трьох частин:

- верхня частина (I) апарату є сепаратором з відбійником; швидкість повітря 1,8 м/сек;

- середня частина (II) апарату - вертикальний кожухотрубчастий теплообмінник з падаючою плівкою. На верхній трубній дошці 1 передбачений пристрій 2 для рівномірного розподілу розчину аміачної селітри по трубній дошці і внутрішній поверхні трубок;

- нижня частина апарату (III) є колоною з трьома сітчастими тарілками 3 провального типу, діаметр отворів 5 мм, шаг – 16 мм, вільний перетин тарілки – 14 %. Тарілки обладнані змійовиками 5, які обігріваються паром під тиском 0,16 МПа.

Вхід вихідного розчину відбувається у верхній частині (I) апарату. Через спеціальний розподільний пристрій він потрапляє в трубний простір гріючої камери, де відбувається його упарювання. Трубки в нижній частині мають хвостовики 4 (рис. 2), які забезпечують організацію виходу розчину и входу гарячого повітря. Нижче труб, для більш глибокого упарювання, розташовані концентраційні тарілки 3 із змійовиками 5. Під тарілки організовується підведення гарячого повітря.

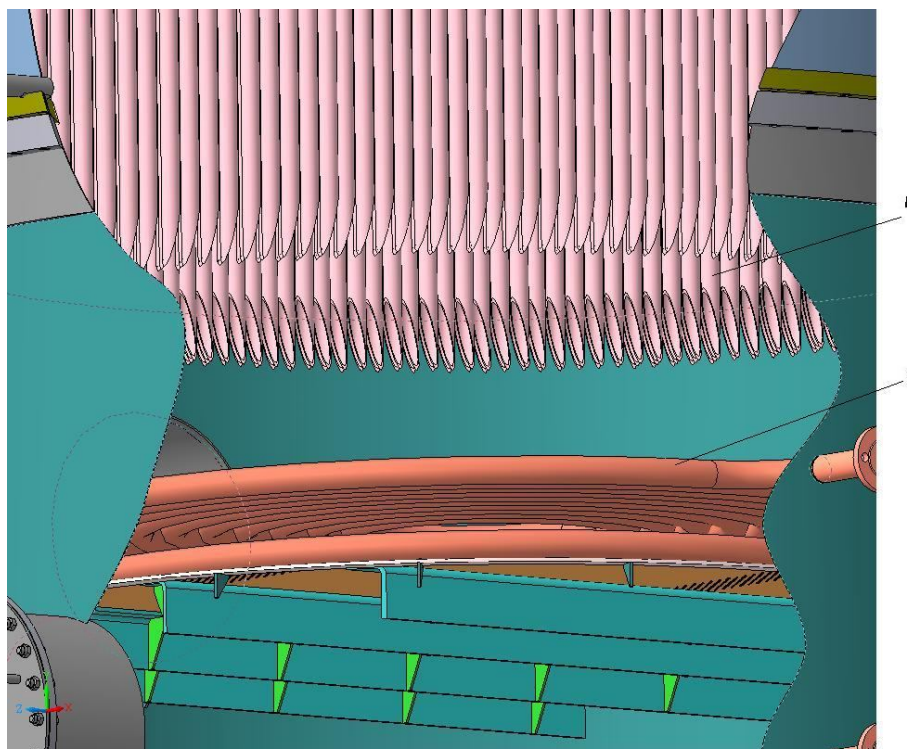


Рис. 2 – Конструкція хвостовиків трубчатки комбінованого випарного апарату

Ефективність застосування плівкових апаратів обумовлена високою інтенсивністю теплообміну у тонкому шарі, малим часом перебування продукту в зоні високої температури, незначними енергетичними витратами на проведення процесу [4].

Стикання плівки рідини, що рухається, з гарячим повітрям супроводжується тепло- і масообміном, завдяки чому розчин випаровується з утворенням парогазової суміші. Ефективність випаровування розчину залежить від температурного напору між газовим потоком і плівкою рідини, поверхні контакту фаз і часу термічної дії газу на рухоми плівку рідини.

Розрахунок плівкового апарату по методиці, запропонованої для цих апаратів [4], дозволило завдяки уточненню поверхні випарювання зменшити довжину труб з шести до чотирьох метрів.

Запропонована конструкція комбінованого випарного апарату в порівнянні з комбінованими апаратами в агрегатах АС-72М [5], дозволяє зекономити до 4,5 тонн дорогої високолегованої сталі марки 08Х22Н10Т без зниження ступеню упарювання. Економія складає приблизно 135 тис. грн.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Марчук І.У., Макаренко В.М., Розтальний В.Є., Савчук А.В. Вміст азоту в рослині та ґрунт. Азотні добрива.–[http://www.dobryva.com.ua/ua/article/theoretic/soderzhanie\\_azota\\_v\\_rastenii\\_i\\_pochve\\_azotnie\\_udobrenniya.html](http://www.dobryva.com.ua/ua/article/theoretic/soderzhanie_azota_v_rastenii_i_pochve_azotnie_udobrenniya.html)
2. Позин М.Е. Технология минеральных удобрений. – Л., Химия. – 1974. – 376 с.
3. Справочник азотчика – М.: Химия, 1987. – 464 с.
4. Трошенькин Б.А. Циркуляционные и пленочные испарители и водородные реакторы. – Киев: Наукова думка, 1985 – 176 с.
5. Позин М.Е. Технология минеральных удобрений. – 6-е изд. перераб. – Л.:Химия. – 1989. – 352 с.