

Спосіб відноситься до хімічної промисловості, зокрема до виробництва складних добрив збагачених карбамідом.

Відомий спосіб одержання складних добрив, що включає постадійну нейтралізацію суміші фосфорної і сірчаної кислот аміаком, гранулювання і сушіння продукту, що відрізняється тим, що нейтралізацію ведуть до  $pH=5,5-6,7$  при розрідженні 10-30мм вод.ст., а потім донеітралізують пульпу отриману після першої стадії нейтралізації до необхідного значення  $pH$ . Співвідношення суміші кислот для нейтралізації беруть рівним  $H_2SO_4:H_3PO_4=(0,67-3):1$ , а добавку, що містить калій, вводять або в пульпу, отриману після першої стадії нейтралізації або після нейтралізації в сухому виді чи у виді водної суспензії. [Патент України 43525 А заявл. 25.12.2000, опубл. 17.12.2001 Бюл. №11].

Спосіб не передбачає збагачення продукту карбамідом і тому характеризується неможливістю одержання добрив із високим вмістом азоту, у тому числі й урівноваженого NPK-добрива марки 17:17:17 і ряду інших видів складних концентрованих добрив.

Найбільш близьким по своїй технічній сутності і результату, що досягається є відомий спосіб одержання складного добрива у формі багатокомпонентних гранул, збагачених карбамідом, шляхом нейтралізації аміаком фосфорної кислоти або її суміші із сірчаною кислотою, введення в отриману пульпу солі, що містить калій, подача пульпи одночасно з гранульованим карбамідом у сушарку, сушіння, класифікації й охолодження гранульованого продукту з виділенням і кондиціонуванням гранул товарної фракції. [Н.А. Шахова, И.Г. Гришаев і ін., Новий спосіб одержання змішаних добрив у виді двохшарових гранул, Хімічна промисловість, №1 1971, стор.37-42].

Даний спосіб прийнятий нами в якості способу - прототипу.

Для відомого способу характерно те, що процес нейтралізації фосфорної кислоти концентрацією 25-27%  $P_2O_5$  здійснюють газоподібним аміаком із додаванням кристалічного хлористого калію при  $pH$  5,5-6. Отриману пульпу при температурі 95-110°C подають у сушильний агрегат через спеціальну форсунку, по якій одночасно подають гранульований карбамід. У якості сушильного агрегату запропонована сушарка з киплячим прошарком. У киплячому прошарку гранули карбаміду покривають багатокомпонентною пульпою, висушують, а потім передають на охолодження і класифікацію.

Недоліком способу є те, що хімічний склад гранули в масі продукту сильно залежить від її розмірів. Так при одержанні продукту із середнім масовим співвідношенням  $N_{зар}:P_2O_5=1:1$  у значних гранулах, розміром більш 3мм, фактичне значення співвідношення складає 0,67:1, а у фракції 1-2мм співвідношення складає 1,33:1. У готовий продукт надходять також гранули карбаміду без покриття, такі гранули містять тільки азот. У залежності від режиму роботи при одностадійному нанесенні пульпи, що містить калій, у гранули карбаміду вміст непокритих гранул карбаміду в кінцевому продукті складає від 6 до 20%.

Недоліком способу є також необхідність використання для сушіння теплоносія з температурою не більш 250°C, причому для прийнятого у відомому способі значення  $pH$  амофосної пульпи підвищення температури гранул більш 80°C призводить до різкого зростання швидкості розкладання карбаміду.

Спосіб, що заявляється, спрямований на удосконалення способу одержання складного добрива у формі багатокомпонентних гранул збагачених карбамідом шляхом приготування суміші фосфорної і сірчаної кислот, нейтралізації суміші аміаком, введення компоненту, що містить калій, у виді калію хлористого, введення одним або двома потоками карбаміду, сушіння і грануляції суміші всіх компонентів в присутності ретур, класифікації й охолодження гранульованого продукту з виділенням і кондиціонуванням гранул товарної фракції, очищення відпрацьованих сушильних газів із поверненням продуктів очищення на приготування суміші кислот.

Спосіб, що заявляється, спрямований на можливість одержання розширеного асортименту складних добрив, що випускаються, збагачених карбамідом із вмістом азоту більш 15% і співвідношенням  $P_2O_5:K_2O$  близьким до значення 1:1, в тому числі і NPK-добрива марки 17:17:17.

Відмінною рисою способу, що заявляється, є те, що шляхом регулювання потоків технологічних середовищ підтримують у пульпі перед сушінням масове співвідношення  $SO_3:P_2O_5$  у межах  $(0,5\div0,9):1$ , а співвідношення компонентів, розраховане по формулі  $5,071(N_{амон}-0,315SO_3):P_2O_5$  (де  $N_{амон}$ ,  $SO_3$ ,  $P_2O_5$  - масові частки відповідних компонентів у пульпі), підтримують у межах  $(1,6-4,9):1$ .

Відповідно до способу, що заявляється, при введенні карбаміду двома потоками, що характерно при одержанні продуктів із високим вмістом карбаміду, його подають у систему на стадії приготування пульпи перед сушінням і у виді плаву на поверхню висушених гранул, причому масове співвідношення між потоками карбаміду підтримують в інтервалі  $1:(0\div0,7)$ .

Спосіб, що заявляється дозволяє одержувати на основі фосфорної і сірчаної кислот, аміаку, калію хлористого і карбаміду складні багатокомпонентні NPK-добрива збагачені карбамідом. По способу кращий випуск урівноваженого добрива типу NPK=17:17:17, а також ряд інших добрив, що містять більш 15%  $N_{зар}$ , наприклад добриво типу NPK=15:18:18.

Значення параметрів способу, що заявляється, припускає, що при одержанні добрива в гранульованому виді використовують апарати типу БГС. У зазначених апаратах поєднуються процеси сушіння і грануляції, причому температура топкових газів, що надходять на сушіння може складати 300-550°C. Використання зазначених апаратів створює можливість випуску гранульованих добрив збагачених карбамідом на типових технологічних лініях виробництва амофосу.

Відповідно до способу, що заявляється карбамід вводять у технологічну систему двома потоками: у пульпу перед сушінням і у виді плаву на поверхню висушених гранул. Пульпа, що надходить на сушіння, містить  $(NH_2)_2SO_4$  і помітну кількість  $(NH_4)_2HPO_4$ . Як показали проведені дослідження, у пульпі з характеристиками, що заявляються, карбамід має допустимий рівень термогідролізу як на стадії її приготування, так і на стадії сушіння, грануляції.

У залежності від конкретної обстановки термогідроліз карбаміду по реакції 4 знаходиться в межах 0,5-15%.

Прийоми і інтервали чисельних значень параметрів запропонованого способу, що заявляється обґрунтовуються такими аргументами.

Підтримання співвідношення  $SO_3:P_2O_5$  у пульпі, що заявляється, в межах  $(0,5\div0,9):1$  забезпечує

оптимальне співвідношення сульфатів і фосфатів амонію в готовому продукті, оптимізує витрати карбаміду і дозволяє регулювати співвідношення амідного азоту ( $N_{амід}$ ) і амонійного азоту ( $N_{амон.}$ ) у продукті, що дуже важливо для забезпечення визначених фізико-механічних властивостей продукту на стадії сушіння.

При підтримці в пульпі співвідношення  $SO_3:P_2O_5$  більш 0,9:1 продукт буде містити малу кількість таких компонентів як  $P_2O_5$  і  $K_2O$ , наприклад у добриві марки 17:17:17 їхній вміст буде неприпустимо нижче нормативного значення.

При підтримці в пульпі співвідношення  $SO_3:P_2O_5$  менше 0,5:1 при одержанні NPK-добрива марки 17:17:17 буде утворюватися продукт із не оправдано завищеним вмістом  $P_2O_5$  і  $K_2O$ . Крім того, зниження вмісту в продукті сульфату амонію погіршує теплофізичні властивості гранул, що висушуються, гранули при сушінні розм'якшуються і можуть утворювати значні агломерати розміром до 50мм і більш.

Спосіб, що заявляється передбачає підтримку співвідношення компонентів пульпи, яке розраховується по формулі  $5,071(N_{амон.}-0,315SO_3):P_2O_5$  у межах  $(1,6\div 1,9):1$ . У розрахунковій формулі  $N_{амон.}$ ,  $SO_3$ ,  $P_2O_5$  - масові частки в пульпі відповідно азоту амонійного, загального  $SO_3$  і загального  $P_2O_5$  виражені в %.

Підтримка співвідношення компонентів у зазначених межах не тільки знижує потребу способу у карбаміді, але і забезпечує прийнятну термостабільність карбаміду як на стадії приготування пульпи, так і на стадії сушіння.

При підтримці співвідношення компонентів менше 1,6:1 потрібна підвищена витрата карбаміду для забезпечення необхідного вмісту азоту в продукті, крім того стає неприйнятно високим рівень термогідролізу карбаміду. При цьому зростає потреба введення надлишкових кількостей карбаміду для компенсації втрат амідного азоту при термогідролізі. Невиправдане підвищення витрати карбаміду погіршує економічні показники способу.

При підтримці співвідношення компонентів більш 1,9:1 дослідження показали, що на стадії сушіння різко підвищуються втрати амонійного азоту. Це пояснюється тим, що при амонізації пульпи вище максимуму значення співвідношення, що заявляється, виникають умови утворення нестабільного триамонійфосфату  $(NH_3)_3PO_4$ . Дане з'єднання цілком руйнується при сушінні. Не впливаючи позитивно на якість продукту, підвищення співвідношення компонентів збільшує навантаження на систему газоочистки, збільшуються втрати аміаку з відпрацьованими газами, які викидаються в атмосферу.

Дослідження показали, що для одержання продукту, який містить більше 15%  $N_{зар.}$  в апаратах типу БГС неможливо уводити всю необхідну кількість карбаміду в складі пульпи. При висушуванні такої пульпи утворюється легкоплавка маса, що замазує пересипні пристрої апарата, у той же час гарячі гранули мають низьку тривкість і руйнуються самі при невеличких динамічних навантаженнях. У цілому фізико-механічні властивості матеріалу не дозволяють одержати гранульований продукт із необхідним дисперсним складом. Така ситуація характерна при вмісті 90-100кг карбаміду і вище від висушеного матеріалу. Відповідно до способу, що заявляється, в цьому випадку другий потік карбаміду у виді плаву спрямовують на поверхню висушених гранул, причому масове співвідношення потоків карбаміду, які спрямовуються на стадію готування пульпи і на стадію напилування на гранули підтримують у межах  $1:(0\div 0,8)$ . При контакті плаву карбаміду з потоком висушених гранул, що рухаються, за рахунок сил поверхневого натягу плаву відбувається покриття поверхні гранул плавом і його застигання. При цьому за рахунок тепла кристалізації карбаміду і за рахунок охолодження гранул видалається волога, що надходить із плавом. Гранули як би покриваються глазур'ю з карбаміду. Товщина такого прошарку в середньому менше 0,2мм. Досліди показали, що при такій товщині коригувального прошарку карбаміду, адгезія прошарку до основної маси гранули висока, при подрібненні значних гранул продукту з покриттям із карбаміду не спостерігається сколювання прошарку покриття в самостійну фазу.

Нижнє значення співвідношення потоків карбаміду, яке заявляється, відповідає випадку, коли немає необхідності організовувати другий потік карбаміду.

Перевищення верхнього значення співвідношення, яке заявляється, недоцільно з таких причин. При одержанні NPK-добрива марки 17:17:17 загальна витрата карбаміду 180-190кг/т, причому при приготуванні пульпи подають 100кг/т. Отже, із другим потоком карбаміду нема потреби вводити карбаміду більше чим 80кг/т. При зазначеній ситуації масове співвідношення карбаміду в потоках складає 1:0,8.

Крім того, при не оправдано підвищеній подачі карбаміду для напилування на висушені гранули товщина прошарку карбаміду росте настільки, що механічні властивості поверхні погіршуються. При переміщенні таких гранул в апаратах починають утворюватися і виноситись в газову фазу пилоподібні частки карбаміду.

Спосіб реалізується двома варіантами.

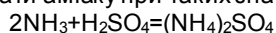
У першому варіанті, коли витрата карбаміду не перевищує 100кг/т, весь карбамід вводять повністю у пульпу нейтралізованих кислот перед сушінням.

В другому варіанті, коли витрата карбаміду більш 100кг/т, його подають двома потоками: у пульпу перед сушінням і у виді плаву на поверхню висушених гранул.

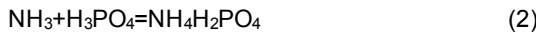
За першим варіантом, наприклад при одержанні добрива  $NPK=15:18:18$ , спосіб реалізується таким чином. Екстракція фосфорна кислота, переважно з масовою часткою  $P_2O_5$  20-27% частково або повністю надходить у систему очищення відпрацьованих газів виробництва, де уловлює пил готового продукту і аміак. Потім фосфорну кислоту з продуктами уловлювання подають на приготування її суміші із сірчаною кислотою наприклад, в апараті з мішалкою. Сірчану кислоту беруть переважно з масовою часткою  $H_2SO_4$  65-75%. При змішуванні кислот можна вводити частину аміаку.

Шляхом регулювання потоків фосфорної і сірчаної кислот, при приготуванні суміші кислот підтримують масове співвідношення  $SO_3:P_2O_5=(0,5-0,9):1$ . Приготування суміші кислот зазначеної якості забезпечує значення співвідношення  $SO_3:P_2O_5$ , що заявляється, і в пульпі нейтралізованих кислот перед сушінням.

Суміш кислот нейтралізують аміаком, причому аміак уводять переважно в дві стадії. На першій стадії нейтралізацію ведуть до pH 3,8-4,2 рідким або газоподібним аміаком по реакціях 1, 2. За рахунок тепла реакцій нейтралізації з пульпи, що має температуру 115-120°C, видалиться значна кількість води, але втрати аміаку при таких значеннях pH будуть невеликі.



(1)



Суміш кислот на початковій стадії нейтралізації амонізують рідким або газоподібним аміаком в апаратах-нейтралізаторах різноманітної конструкції, наприклад у ШАВ (швидкісний амонізатор випарник), трубчастих швидкісних реакторах, у сатураторах із мішалкою і т.п.

Продукт попередньої нейтралізації при необхідності випарюють до вологості 35-40%.

Завершення нейтралізації переважно ведуть газоподібним аміаком у такому апараті як трубчастий реактор, причому в нейтралізованій пульпі співвідношення компонентів, розрахованого по формулі  $5,071(\text{N}_{\text{амон}} - 0,315\text{SO}_3) : \text{P}_2\text{O}_5$ , підтримують у межах (1,6-1,9):1.

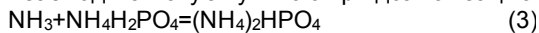
У розрахунковій формулі:

$\text{N}_{\text{амон}}$  - масова частка азоту в амонійній формі в пульпі, %;

$\text{SO}_3$  - масова частка загального  $\text{SO}_3$  в пульпі, %;

$\text{P}_2\text{O}_5$  - масова частка загального  $\text{P}_2\text{O}_5$  у пульпі, %.

Взаємодія аміаку з пульпою при доамонізації описується рівнянням 3:



На цій стадії вводять у пульпу весь карбамід. Карбамід переважно вводять у виді висококонцентрованого гарячого плаву (60-80% карбаміду і температура 90-105°C). При введенні карбаміду в такий формі не виникають труднощі пов'язані з захолюванням пульпи і підвищенням її в'язкості, що спостерігається при подачі сухого карбаміду.

Таким чином, карбамід вводиться в продукт нейтралізації суміші кислот, де вже є сульфат амонію і значна кількість діамонійфосфату. Пульпа, яка містить карбамід, повинна мати температуру не більш 95°C.

Процес термогідролізу карбаміду по реакції 4 у пульпі з параметрами, що заявляються, практично не протікає.



Взаємодія кислот з аміаком це екзотермічні процеси, що супроводжуються виділенням помітної кількості парів води з пульпи в атмосферу. При нейтралізації підвищується рН технологічного середовища. З ростом рН пульпи збільшується винос із пульпи газоподібного аміаку разом із парами води в атмосферу. Повітря, забруднене аміаком, відсмоктують із реакторів-нейтралізаторів і спрямовують у систему очищення від аміаку.

Отриману пульпу подають безпосередньо на стадію сушіння і грануляції або в її склад додатково вводять компонент, що містить калій, у виді калію хлористого. Кількість калію хлористого, який вводять, беруть переважно в масовому співвідношенні  $\text{P}_2\text{O}_5 : \text{K}_2\text{O}$  близьким до 1:1. У принципі зазначене співвідношення може бути й іншим, але обов'язково науково обгрунтованим для випуску добрива конкретної марки.

Компонент, що містить калій, у виді калію хлористого переважно вводять в сухому виді безпосередньо на стадію сушіння і грануляції в складі ретур.

Сушіння і грануляцію суміші всіх компонентів ведуть переважно в апаратах типу БГС, де зазначені процеси поєднуються. Одночасно в апарат БГС вводять у якості ретур дрібні частки продукту, що виділяються на стадії класифікації.

Для сушіння в апарат БГС подають продукти згоряння палива, наприклад природного газу, розведені повітрям до температури 300-450°C. При одержанні НРК-добрива марки 15:18:18 переважно початкову температуру сушильних газів підтримувати в межах 380-420°C. Відпрацьовані сушильні гази відводять з апарата БГС із температурою 85-95°C. Температуру висушеного грануляту підтримують не більш 80°C. Відпрацьовані сушильні гази, забруднені пилоподібними частками продукту й аміаком, подають на стадію мокрого очищення. Абсорбент на стадії мокрого очищення підживлюють водою і вихідною фосфорною кислотою. У ході мокрого очищення гази очищають від пилу продукту, крім того, із відпрацьованих газів у процесі хемосорбції фосфорною кислотою на 90-98% видаляють аміак. Відпрацьований абсорбент спрямовують на стадію приготування суміші сірчаної і фосфорної кислот.

Висушений гранулят з апарата БГС подають на стадію класифікації, наприклад на грохот обладнаний сітками з отворами 2 і 4мм. У виді товарної фракції продукту одержують не менше 90% гранул із розміром від 1 до 4мм. Гранули, розмір котрих більш 4 мм дроблять і спрямовують на повторну класифікацію. Дрібні частки продукту, в основному з розміром гранул менше 1мм, спрямовують у якості ретур на стадію сушіння і грануляції. Продукт товарної фракції кондиціонують, наприклад, шляхом нанесення на нього прошарок органічних амінів із витратою 0,5-2кг/т. При необхідності готовий продукт після кондиціонування охолоджують до температури 45-50°C, а потім відправляють на склад або споживачу.

Готовий продукт одержують у виді добре сформованих сферичних гранул. Статична тривкість продукту 20-60кгс/см<sup>2</sup>.

Готове складне НРК-добрива марки 15:18:18 містить:  $\text{N}_{\text{зар.}}$  - 15±1%,  $\text{P}_2\text{O}_5$  - 18±1%,  $\text{K}_2\text{O}$  - 18±1%,  $\text{H}_2\text{O}$  - не більш 1%.

При необхідності випуску продукту з більш високим вмістом азоту реалізують другий варіант способу, який полягає в тому, що організують другий потік подачі карбаміду в технологічний цикл. Відповідно до пункту. 2 способу, що заявляється, для цього частина карбаміду у виді плав карбаміду подають на потік висушених гранул, який рухається.

Наприклад, для одержання НРК-добрива марки 17:17:17 для покриття використовують гранули НРК-добрива марки 15:18:18, порядок приготування яких зазначений вище. Для цього гранули НРК-добрива марки 15:18:18, із розмірами гранул переважно 1-4мм із вузла класифікації спрямовують в обертовий барабан, куди подається в розпиленому вигляді плав карбаміду (концентрація 60-80%) із температурою 70-95°C.

У даному випадку співвідношення маси карбаміду введенного на стадії приготування пульпи до маси плав карбаміду, який подають на висушені гранули підтримують на рівні 1:(0,7÷0,8). Плав карбаміду змочує поверхню гранул і починає застигати, при цьому випаровується волога, яка надійшла з плавом. На випар споживається теплота кристалізації карбаміду, частина тепла гарячих гранул і частина тепла гарячих газів, яка просмоктується через барабан. Висушені гранули з відкоректованим складом передаються далі на кондиціонування, охолодження і далі відвантажуються споживачу.

Готовий продукт одержують у виді добре сформованих сферичних яскраво-рожевих гранул із практично нерозрізненим візуально прошарком покриття. Статична тривкість продукту 20-60 кгс/см<sup>2</sup>.

При реалізації способу частка карбаміду, у якому відбувається термогідроліз знаходиться в межах 1-15%.

Готове, складне NPK-добриво марки 17:17:17 містить: N<sub>зар.</sub> - 17±1%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 17±1%, K<sub>2</sub>O - 17±1%, H<sub>2</sub>O - не більш 1%.

Нижче приведений приклад 1 реалізації способу одержання добрива марки 17:17:17 при оптимальних значеннях параметрів, що заявляються.

У таблиці приведені результати прикладів реалізації способу у всій області інтервалів параметрів, що заявляються.

По запропонованому способу виконаний цикл лабораторних досліджень і видані попередні дані на проектування. Розроблено програму поетапної реалізації способу на ДАК «ТИТАН», м. Армянськ, Кримської АР.

Промислова реалізація способу дозволяє одержувати складне добриво у виді багатокомпонентних гранул збагачених карбамідом при використанні типового апарата БГС, де поєднуються процеси грануляції і сушіння. Спосіб характеризується низьким ступенем термогідролізу карбаміду, і можливістю одержання складних добрив, які містять більш 15% азоту в амонійній і амідній формах.

Приклад 1.

У прикладах реалізації способу беруть екстракційну фосфорну кислоту, приготовлену з туніських фосфоритів. Склад кислоти P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> зар. - 26%, SO<sub>3</sub> - 1-96%, інші - 6,65%. Ступінь зв'язування перших іонів H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> - 10%.

Одержання урівноваженого NPK- добрива марки 17:17:17.

Беруть 655,76 в.ч. екстракційної фосфорної кислоти, що містить 170,5 в.ч. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> і 12,85 в.ч. SO<sub>3</sub>, масове співвідношення SO<sub>3</sub>:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=0,03:1. Фосфорну кислоту повністю спрямовують на стадію очищення відпрацьованих газів виробництва забруднених пилом продукту й аміаком.

На завершальну стадію абсорбції додають також 420,28 в.ч. води. З стадії абсорбції виводять 1184,98 в.ч. відпрацьованого абсорбенту, що крім компонентів, які надійшли із фосфорною кислотою, містить 99,92 в.ч. уловленого пилу продукту і 9,02 в.ч. аміаку у виді фосфату амонію.

Фосфорну кислоту з продуктами, які уловлено в ході пилогазоочиснення відпрацьованих газів, спрямовують на змішання із сірчаною кислотою для одержання в суміші масового співвідношення SO<sub>3</sub>:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=0,7:1. Зазначене співвідношення знаходиться в зоні оптимуму інтервалу його значення способу, що заявляється. Для приготування суміші кислот із параметрами, що заявляються, беруть 178,71 в.ч. сірчаної кислоти із масовою часткою H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - 73%, яка містить 106,5 в.ч. SO<sub>3</sub>. Змішання ведуть, наприклад, в апараті типу ШАВ в умовах одночасної подачі частини аміаку в рідкому або газоподібному виді. У ШАВ подають 85,05 в.ч. аміаку. На виході із ШАВ одержують 994,61 в.ч. пульпи, рН пульпи на виході із ШАВ 3,8-4,2. Процес характеризується низькими втратами аміаку в газову фазу. Внаслідок виділення тепла реакції температура пульпи досягає 115°C, частина тепла витрачається на випар води з пульпи. У систему очищення парогазової суміші виводять 452,63 в.ч. парів води і 1,5 в.ч. NH<sub>3</sub>. В отриманій пульпі мольне співвідношення N<sub>амон.</sub>:P, розраховане по формулі [5,071(N<sub>амон.</sub>-0,315SO<sub>3</sub>):P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>]:1=1,15:1 не знаходиться в межах інтервалу значень способу, що заявляється.

Отриману пульпу спрямовують на доамонізацію, причому цей процес поєднують із процесом введення в пульпу частини карбаміду. Для доамонізації подають 33,2 в.ч. аміаку, переважно в газоподібному виді. Необхідну кількість карбаміду беруть у виді 60% розчину, спрямовують двома потоками в технологію: на стадію приготування пульпи і на стадію нанесення плаву на висушені гранули продукту. Відповідно до способу, що заявляється, встановлюють масове співвідношення між цими потоками як 1:0,58. При цьому 103,44 в.ч. карбаміду у виді 60% розчину подають в пульпу перед БГС, 60 кг карбаміду подають на обробку поверхні готових гранул. Процес здійснюють у реакторі з мішалкою. З реакційної зони стадії донейтралізації на очищення відводять 45 в.ч. парів води і 2,5 в.ч. аміаку.

На стадію сушіння і грануляції передають 1152,98 в.ч. пульпи, що містить 170,5 в.ч. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 119,5 в.ч. SO<sub>3</sub>, 123,27 в.ч. NH<sub>3</sub>, 103,44 в.ч. карбаміду, 99,92 в.ч. циркуляційного пилу продукту, 400,38 в.ч. H<sub>2</sub>O вільн. Температура пульпи 95°C, рН пульпи 6,8-7. Пульпа має масове співвідношення SO<sub>3</sub>:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=0,7:1. Мольне співвідношення N<sub>амон.</sub>:P, розраховане по формулі [5,071(N<sub>амон.</sub>-0,315SO<sub>3</sub>):P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>]:1 у пульпі складає 1,7:1, що знаходиться в області оптимуму.

У барабану сушилку - гранулятор (БГС) подають 1152,98 в.ч. пульпи, 500 в.ч. ретуру і 284,17 в.ч. компоненту, що містить калій У якості компоненту, що містить калій, беруть технічний порошкоподібний калій хлористий із масовою часткою K<sub>2</sub>O - 60%. При реалізації способу в складі калію хлористого вводять 170,5 в.ч. K<sub>2</sub>O. Суміш сировинних компонентів і ретуру сушать і гранулюють. При сушінні температуру гранулята, який висушується підтримують не більш 80°C. Для цього на вході в апарат БГС підтримують температуру сушильних газів 420°C, а на виході 90°C. У ході сушіння з відпрацьованими сушильними газами виноситься 390,38 в.ч. парів води, 99,92 в.ч. пилу і 7,57 в.ч. аміаку. Забруднені відпрацьовані сушильні гази спрямовують на стадію мокрого пилогазоочиснення. Після очищення відпрацьовані гази викидають в атмосферу. Втрати аміаку при ступені абсорбції 96% складають 2 в.ч.

Висушений гранульований матеріал з апарата БГС спрямовують на стадію класифікації. Класифікацію ведуть шляхом розсіву висушеного матеріалу на грохоті, обладнаному сітками 1,8 мм і 4 мм. Фракцію крупніше 4 мм дроблять і повертають на повторну класифікацію. Частки розміром менше 1 мм у кількості 500 в.ч. повертають у якості ретуру на стадію сушіння і грануляції в апарат БГС.

Гранули з розміром часток переважно 1-4 мм і температурою 65°C у кількості 940 в.ч. спрямовують на покриття плавом карбаміду в обкочувальний барабан. Для покриття подають розчин, що містить 60 в.ч. карбаміду і 40 в.ч. води. Через обкочувальний барабан просмоктується підігріте повітря з температурою 160°C. Підсушені гранули покриті плавом карбаміду, при виході з обкочувального барабана кондиціонують, шляхом їхньої обробки спеціальним омаслювачем, наприклад органічним аміним препаратом «Lilamin»-70С. Маса нанесеного препарату 0,8 в.ч.

Одержують 1000 в.ч. готового продукту марки NPK=17:17:17. Готовий продукт - складне добриво,

направляють на склад. Реалізують його споживачу під товарним найменуванням «Амофоска регульована».

У результаті реалізації способу одержують продукт із такими характеристиками: масова частка:  $P_2O_5$  заг. - 17,05%;  $P_2O_5$  л.р - 17,0%;  $P_2O_5$ ср - 15,3%;  $N$  заг. - 17,05%;  $N$  амон. - 9%,  $K_2O$  - 17,05%;  $H_2O$  - 1%. Статична тривкість - 3,5МПа.

Частка карбаміду зруйнованого в процесі термогідролізу - 1,5%.

Нижче приводиться таблиця прикладів реалізації способу у всьому інтервалі параметрів, що заявляються.

Таблиця - Приклади реалізації способу

| № приклади | Масове співвідношення $SO_3$ заг. : $P_2O_5$ у суміші кислот | Мольне співвідношення $NP$ по формулі*       | Витрати карбаміду загальні, кг/т | Масове співвідношення потоків карбаміду в пульпу і для покриття гранул                               | Склад продукту на виході із БГС |                  |            | Склад готового продукту |                  |            |            | Статична тривкість, $\sigma$ , МПа | Примітки   |
|------------|--|--|----------------------------------|--|---------------------------------|------------------|------------|-------------------------|------------------|------------|------------|------------------------------------|--|
|            |  |  |                                  |  | $N$ заг., %                     | $P_2O_5$ заг., % | $K_2O$ , % | $N$ заг., %             | $P_2O_5$ заг., % | $K_2O$ , % | $H_2O$ , % |                                    |  |
| 1          | 2  | 3  | 4                                | 5  | 6                               | 7                | 8          | 9                       | 10               | 11         | 12         | 13                                 | 14   |
| 1          | 0,7:1 (оптимум)  | 1,9:1 (максимум)                             | 163,44                           | 1:0,58 (оптимум)   | 15,2                            | 18,14            | 18,13      | 17,05                   | 17,05            | 17,05      | 1,0        | 3,5                                | Область параметрів, що рекомендується, при відпрацюванні промислового варіанта реалізації способу              |
| 2          | 0,7:1 (оптимум)  | 1,72:1 (оптимум)                             | 158,6                            | 1:0,6 (оптимум)  | 15,1                            | 18,67            | 18,65      | 17,05                   | 17,43            | 17,45      | 0,95       | 3,0                                | Оптимальні умови для реалізації способу  |
| 3          | 0,5:1 (мінімум)  | 1,72:1 (оптимум)                             | 181,5                            | 1:0,5 (оптимум)  | 15,22                           | 19,4             | 19,3       | 17,03                   | 18,28            | 18,25      | 0,9        | 2,0                                | Максимально припустимі витрати карбаміду. Мінімально допустима тривкість гранул                                |
| 4          | 0,9:1 (макс.)  | 1,72:1 (оптимум)                             | 146,9                            | 1:0,6 (оптимум)  | 15,56                           | 17,8             | 17,4       | 17,05                   | 16,52            | 16,52      | 0,96       |                                    |  |
| 5          | 0,45:1 (< Min.)  | 1,72:1 (оптимум)                             | 175,39                           | 1:0,5 (оптимум)  | 15,22                           | 19,77            | 19,75      | 17,02                   | 18,61            | 18,60      | 0,95       | 1,8                                | Неоправдано завищено значення $P_2O_5$ , $K_2O$ для добрива марки 17:17:17. Низька тривкість гранул            |
| 6          | 0,95:1 (> макс.)   | 1,72:1 (оптимум)                             | 144,92                           | 1:0,5 (оптимум)  | 15,61                           | 17,14            | 17,2       | 17,08                   | 16,31            | 16,31      | 0,9        | 3,8                                | Вміст $P_2O_5$ і $K_2O$ нижче припустимого значення для марки 17:17:17   |
| 7          | 0,7:1 (оптимум)  | 2:1 (> макс.) (сильна переамонізація пульпи) | 146                              | 1:0,5 (оптимум)  | 15,09                           | 18,76            | 18,73      |                         | 17,57            | 17,59      | 0,9        | 2,8                                | Вміст $P_2O_5$ і $K_2O$ має мінімально припустиме значення для марки 17:17:17                                  |
| 8          | 0,7:1 (оптимум)  | 1,6:1 (мінімум)                              | 170,26                           | 1:0,5 (оптимум)  | 15,31                           | 18,29            | 18,3       | 17,06                   | 17,26            | 17,25      | 1,0        | 2,0                                | Максимально припустимі ускладнення при сушінні в апараті БГС. Мінімально припустима тривкість гранул продукту. |
| 9          | 0,7:1 (оптимум)  | 1,5:1 (< min.)                               | 178                              | 1:0,5 (оптимум)  | 15,23                           | 18,27            | 18,27      | 17,06                   | 17,15            | 17,18      | 0,95       | 1,75                               | Погана грануляція, низька тривкість гранул   |
| 10         | 0,7:1 (оптимум)  | 1,72:1 (оптимум)                             | 158,8                            | 1:0,8 (максимальне навантаження розчином карбаміду стадії коригування складу по N)                   | 14,85                           | 18,76            | 18,79      | 17,05                   | 17,43            | 17,4       | 0,95       | 2,4                                | Максимальне припустиме зволоження гранул на стадії коригування складу продукту по N. Знижена тривкість гранул  |
| 11         | 0,7:1 (оптимум)  | 1,72:1 (оптимум)                             |                                  | 1:1 (навантаження стадії коригування продукту по N розчином карбаміду вище максимально припустимого) | 14,56                           | 18,95            | 18,94      | 17,06                   | 17,44            | 17,43      | 1,0        | 1,8                                | Неприпустиме зволоження гранул на стадії коригування складу. Злипання гранул. Незадовільна тривкість гранул.   |