

УДК 66.011.002.5:661.152

Дудка С.В., Подустов М.О., Дзевочко О.М., Рищенко І.М., Кушинський С.І.

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВИРОБНИЦТВА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Вступ. Найважливішими проблемами сучасних світових економічних відносин продовжують залишатися продовольча, пов'язана із зростанням чисельності населення планети та рішення задач екологічної безпеки, яка пов'язана зі збільшенням кількості відходів виробництва. Одним з рішень цих проблем може стати використання високоефективних мінеральних добрив, які підвищують урожайність на одиницю оброблюваної площі, при цьому кількість відходів пов'язаних з їх виробництвом зводяться до мінімуму.

Мета роботи. Розробка енергоефективної і екологічно безпечної технології отримання нового азотно-фосфорного добрива марки NPS 10:40:5.

Аналіз літературних даних. Одним з основних компонентів виробництва азотно-фосфорних добрив є фосфорна кислота. Її виробництво пов'язане з сірчаноокислотним розкладанням фосфатної сировини, яка характеризується істотним недоліком - утворенням великотоннажного відходу виробництва фосфогіпсу. Автори [1] при виробництві гранульованих азотно-фосфорних мінеральних добрив пропонують часткову заміну частини P_2O_5 ортофосфорної кислоти на P_2O_5 фосфатної сировини, що дає можливість знизити кількість утвореного фосфогіпсу до 0,875 т на т 100% P_2O_5 мінерального добрива NP 10:40.

В дослідженнях [2, 3] показано кінетику процесу гранулоутворення, як основоположного при виробництві мінерального добрива NPS 10:40:5 і вказані шляхи підвищення його енергоефективності. В роботі [4] дані рекомендації по веденню процесу гранулоутворення на підставі математичного моделювання. Так для забезпечення виходу з барабанного гранулятора-сушарки (БГС) добрив фракцій 1,5–4 мм = 97 %, 0,5–1,5 мм = 1 %, 4–6 мм = 2 % і, як наслідок підвищення енергоефективності, необхідно вести технологічний процес при таких параметрах: розрідження $P_p = 0,011–0,018$ кПа, діаметр крапель розпилюємої пульпи $d_k = 0,102–0,115$ мм, температура сушильного агента на виході БГС, $T_{вих} = 370,9–374,1$ К, співвідношення $CaO/SO_3 = 1,81–1,91$, співвідношення $P_2O_5/SO_3 = 8,3–8,6$, вологість $W = 43,1–43,9$ %. Підтримання технологічних параметрів в таких межах дало б можливість виключити з технологічної схеми ряд стадій, що підвищить енергоефективність та рівень екологічної безпеки даного виробництва.

Матеріали і результати досліджень. На підставі раніше отриманих експериментальних даних і рекомендацій одержаних методом математичного моделювання були розроблені пропозиції щодо проведення дослідно-промислових випробувань. Дослідно-промислові випробування проводилися на ПАТ «Суміхімпром» в цеху гранульованого суперфосфату.

Апаратурно-технологічна схема одержання мінеральних добрив NPS 10:40:5 представлена на рис. 1.

Як видно з рисунку процес гранулювання мінеральних добрив складається з

наступних стадій: пульпоутворення, гранулювання, класифікації, дріблення, пилогазоочистки.

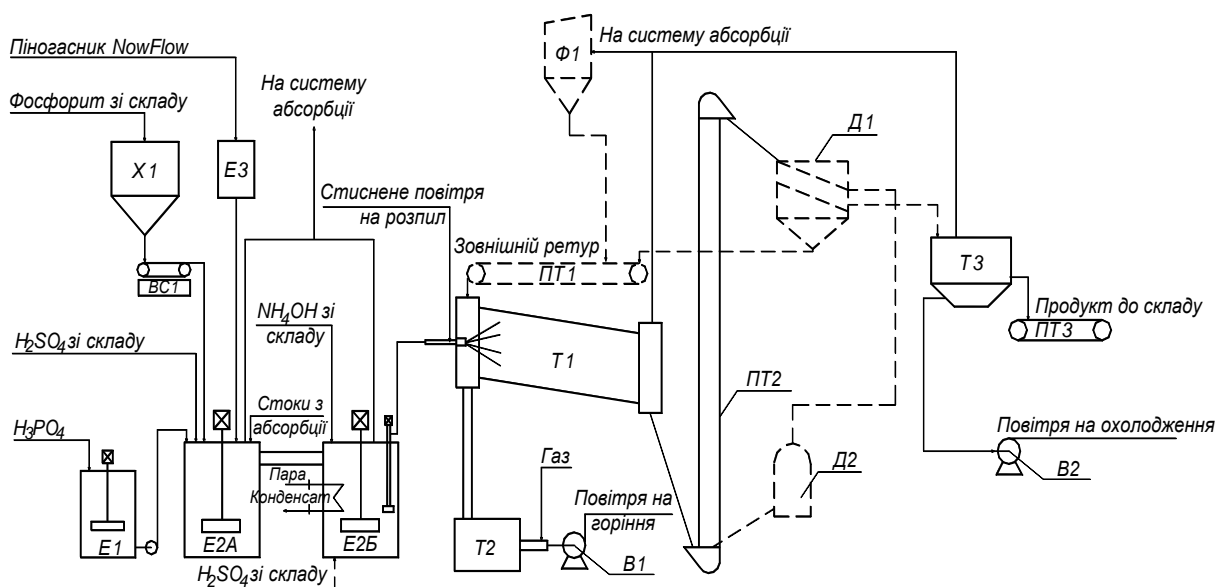


Рисунок 1 – Апаратурно-технологічна схема одержання мінеральних добрив NPS 10:40:5

E1 – збірник фосфорної кислоти; E2A, E2Б – реактори; E3 – ємність для піногасника;
 X1 – бункер фосфориту; Д1 – грохота; Д2 – дробила; Т1 – барабанний гранулятор-сушилка;
 Т2 – топка; Т3 – охолоджувач; Φ1 – циклон; ПТ1 – скребковий транспортер; ПТ2 – елеватор;
 ПТ3 – транспортер; В1, В2 – вентилятори

Отримання пульпи здійснюється в двухреакторному апараті поз. E2A і E2Б.

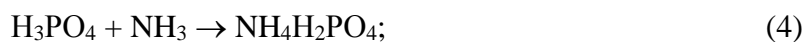
В реакторі 1-ої ступені поз. E2A відбувається розкладання фосфориту. Його можна описати рівнянням для основної мінералогічної фракції:



У сірчаноокислотному середовищі розкладається монокальційфосфат



В реакторі 2-го ступеня поз. E2Б відбувається амонізація пульпи, при цьому система нейтралізується до повної відсутності вільної кислотності, тобто водневий показник повинен бути не менше 4. Хімізм реакції нейтралізації вільних фосфорної і сірчаної кислот можна проілюструвати наступними рівняннями реакцій



Основними технологічними параметрами даної стадії є масові співвідношення P_2O_5/SO_3 , CaO/SO_3 і вологість пульпи.

Процес отримання складного мінерального добрива вівся при співвідношеннях показників $P_2O_5/SO_3 = 8,6$, $CaO/SO_3 = 1,91$, де SO_3 визначалася як вміст сульфатів у фільтраті. Ці співвідношення забезпечують необхідний хімічний склад добрива і значення еквівалентного діаметра кристалів сульфату кальцію, як джерел центрів гранулоутворення, на рівні 0,09–0,1 мм. Важливу роль на стадії пульпоутворення відіграє вологість пульпи, як джерело сил зчеплення між частинками в момент їх зіткнення на стадії гранулювання. Для забезпечення необхідної вологості, яка дорівнюється 43 % в реактор поз. Е2Б був вбудований теплообмінник. В якості фосфатної сировини застосовувався сирійський фосфорит, використовуваний в даний час на території України для виробництва фосфорної кислоти і добрив на її основі, який характеризується високим вмістом карбонатів, що призводить до посиленого піноутворення, тому для його зниження в реактор поз. Е2Б додавався піногасник.

Далі нейтралізована пульпа з реактора 2-ого ступеню подавалася на стадію гранулювання і сушіння в апарат БГС поз. Т1. Він являє собою нахилений у бік вивантаження барабан, який спирається бандажми на дві опорні станції і обертається зі швидкістю 3–5 об/хв. Завантажувальна камера має патрубки для підведення теплоносія. У БГС відбувається укрупнення існуючих частинок і поява нових. Для диспергування пульпи встановлена пневматична форсунка з завихрювачем, яка при тиску стисненого повітря 1,5–3,5 кгс/см², забезпечує діаметр часток краплі $d_k = 0,11$ мм. Гранулювання відбувається при взаємодії крапель пульпи з "завісою", що складається з частинок готового продукту і надходить з внутрішнього ретуру. Для забезпечення теплового подрібнення гранул і необхідної кількості внутрішнього ретуру в зоні гранулювання температура сушильного агента на виході з апарату БГС становила 374 К і розрідження 0,016 кПа.

За результатами випробувань був отриманий готовий продукт з фракцією 1,5–4 мм = 97 %, 0,5–1,5 мм = 2,0 %, 4–6 мм = 1,0 %, який охолоджувався в охолоджувачі Т3 і відправлявся на склад по транспортеру ПТ3.

Отримані мінеральні добрива NPS 10:40:5 являли собою гранули світло-сірого кольору з наступною характеристикою: масова частка N – 9,4 %; масова частка P_2O_5 – 42,6 %; масова частка S – 5,0 %; масова частка H_2O – 0,85 %.

Результати дослідно-промислових випробувань показали, що отримавши мінеральне добриво з вмістом основної мінералогічної фракції на рівні 97 % можна повністю виключити стадії класифікації та дріблення, а значить виключити подачу зовнішнього ретуру в барабанний гранулятор-сушарку. На рис. 1 штриховими лініями показано обладнання, яке виключається із технологічної схеми. З технологічної схеми виводяться 2 дробарки потужністю 5,5 кВт, 2 грохоти потужністю 10 кВт, що значно підвищує енергоефективність процесу гранулювання. Звівши до мінімуму вміст дрібної фракції ми практично мінімізуємо кількість пилу в процесі і відповідно значно зменшуємо навантаження на систему пилогазоочищення, тим самим вирішуються питання екологічної безпеки даного виробництва. Результати випробувань показали, що викиди пилу в атмосферу були знижені в 2 рази.

Після проведення дослідно-промислових випробувань були проведені балансові техніко-економічні розрахунки. Їх результатом стали норми витрати сировини та енергоресурсів. На підставі балансових випробувань був проведений розрахунок собівартості 1 т добрива NPS 10:40:5 (табл. 1).

Таблиця 1 – Розрахунок собівартості 1 т добрив NPS 10:40:5

Найменування статей калькуляції	Одиниці виміру	Кількість		Ціна, грн.	Сума	
		Базовий	Новий		Базовий	Новий
Сировина та матеріали						
Фосфорна кислота	т	0,39	0,39	4084	1592,96	1592,96
Фосфорит	т	0,03	0,03	1280	38,4	38,4
Сірчана кислота	т	0,135	0,135	2632	355,32	355,32
Аміачна вода	т	0,129	0,129	1650	212,85	212,85
Вапняне молоко	м ³	0,0375	0,0375	850	31,87	31,87
Антислежувач	кг	1	1	17,6	17,6	17,6
Олія індустріальна	кг	0,01	0,01	100	1	1
Піногасник	кг	0	0,2 ¹	15,2 ¹	0	3,04 ¹
Паливо та енергія на технологічні цілі						
Топливо	тут	0,116	0,117 ²	2119	245,8	247,9 ²
Електроенергія	кВт/ч	141	105 ³	0,57	80,37	59,85 ³
Пара	Гкал	0,06	0,22 ⁴	400	24	88 ⁴
Промвода	м ³	0,25	0,25	0,63	0,16	0,16
Освітлена вода	м ³	0,76	0,76	0,71	0,54	0,54
Стиснене повітря	нм ³	95	95	0,089	8,45	8,45
Прямі витрати на оплату праці	грн	–	–	–	594,77	535,3 ⁵
Загальновиробничі витрати	грн	–	–	–	58,12	44,2 ⁶
Інші виробничі витрати	грн	–	–	–	0,03	0,03
Адміністративні витрати	грн	–	–	–	30,64	30,64
Витрати на збут	грн	–	–	–	6,74	6,74
Разом	грн				3299,62	3274,85

Примітки:

1 – для запобігання утворення піни в промисловій установці додавався піногасник Now Flow з витратою 0,2 кг/т;

2 – згідно з рекомендаціями температура сушильного агента на виході БГС збільшилася з 368 К до 374 К, то відповідно збільшилась витрата природного газу з 0,116 тут до 0,117 тут;

3 – економія електроенергії відбувається за відсутності системи класифікації готового продукту;

4 – для розпарювання пульпи в реакторі Е2Б додатково було організовано підведення пари. Для цього в реакторі додатково був змонтований теплообмінник;

5 – у зв'язку з скороченням зони обслуговування обладнання на стадії класифікації, були скорочені посади апаратника розсіву 4-го розряду та слюсаря 3-го розряду;

6 – за рахунок зменшення амортизаційних відрахувань.

Як видно з табл. 1 собівартість 1 т готового продукту знижується на 25 грн.

Результати техніко-економічних показників наведені в табл. 2.

Результати наведені в табл. 2 показують, то збільшується річна продуктивність більш ніж на 60 %, річний економічний ефект склав 1,4 млн грн.

Таблиця 2 – Техніко-економічні показники

Найменування статті калькуляції	Сума, грн.	
	Базовий варіант	Модернізований варіант
Річна продуктивність, т	63360	102960
Капітальні вкладення:		
– Вартість форсунки	0	500
– Вартість теплообмінника	0	300000
– Вартість монтажних робіт	0	60000
– Оплата праці	0	6000
Разом	0	366500
Експлуатаційні витрати:		
– Сировина та матеріали	147127533	239564366
– Пальне та енергія	21771763	40999702
– Витрати на оплату праці	37684627	55114488
– Поточний ремонт	980000	500000
– Амортизація	1500000	1000000
Разом	209063923	337178556
Річний економічний ефект	1401125	

Висновки. У ході дослідно-промислових випробувань на ПАТ "Сумихімпром" напрацьовано близько 103 тис. т добрив NPS 10:40:5, при цьому була зменшена собівартість 1 т добрива на 25 грн. Річний економічний ефект склав 1,4 млн грн. Ця технологія відрізняється від базового варіанта тим, що збільшена продуктивність установки, продукт після БГС має товарну фракцію 97 %, що підвищує енергоефективність виробництва за рахунок виключення систем класифікації, дроблення, пилеочистки, транспортування зовнішнього ретура.

Введення в склад добрива фосфорита забезпечило зменшення обсягу утворення фосфогіпсу на 0,875 т і зниження витратної норми сірчаної кислоти в кількості 0,3 т на 1 т 100 % P₂O₅ мінерального добрива NPS 10:40:5. Значно знизилися викиди пилу в атмосферу без додаткових капітальних витрат на систему очищення.

Література

1. Дудка С.В. Использование фосфогипса – техногенного отхода фосфорнокислотной промышленности – в производстве минеральных удобрений / Р.Н. Клименко, С.В. Дудка // Экологическая и техногенная безопасность. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов: сборник научных трудов XVII Международной научно-технической конференции, 08–12 июня 2009 г., Алушта.– Харьков: «УкрВодгео», 2009.– С. 89–95.
2. Дудка С.В. Исследование процесса пульпообразования в технологии гранулирования фосфоросодержащих удобрений марки «Суперагро NPS 10:40:5» / С.В. Дудка, В.И. Тошинский, Р.Н. Клименко // Інтегровані технології та енергозбереження.– Харків: НТУ «ХПІ», 2012.– № 3.– С. 97–104.
3. Дудка С.В. Исследование процесса грануляции и сушки в технологии удобрений марки «Суперагро NPS 10:40:5» / С.В. Дудка, В.И. Тошинский // Східно-

європейський журнал передових технологій.– Харків: ЧП "Технологічний центр", 2012.– № 4.– С. 7–10.

4. Дудка С.В. Розробка математичної моделі і програмного забезпечення процесу гранулоутворення мінеральних добрив / С.В. Дудка, М.О. Подустов, О.М. Дзевочко, І.М. Рищенко, С.І. Кушинський // Інтегровані технології та енергозбереження.– Харків: НТУ «ХПІ», 2015.– № 1.– С. 37–41.

Bibliography (transliterated)

1. Dudka S.V. Ispolzovanie fosfogipsa – tehnogenogo othoda fosfornokis-lotnoy promyishlennosti – v proizvodstve mineralnykh udobreniy. R.N. Klimenko, S.V. Dudka. Ekologicheskaya i tehnogenaya bezopasnost. Ohrana vodnogo i vozdushnogo basseynov. Utilizatsiya othodov: sbornik nauchnykh trudov XVII Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii, 08–12 iyunya 2009 g., Alushta.– Harkov: «UkrVodgeo», 2009.– P. 89–95.

2. Dudka S.V. Issledovanie protsessa pulpoobrazovaniya v tehnologii granulirovaniya fosforosoderzhaschikh udobreniy marki «Superagro NPS 10:40:5». S.V. Dudka, V.I. Toshinskiy, R.N. Klimenko. Integrovani tehnologiyi ta energozberezhnya.– Harkiv: NTU «HPI», 2012.– # 3.– P. 97–104.

3. Dudka S.V. Issledovanie protsessa granulyatsii i sushki v tehnologii udobreniy marki «Superagro NPS 10:40:5». S.V. Dudka, V.I. Toshinskiy. Shidno-Evropeyskiy zhurnal peredovih tehnologiy.– Harkiv: ChP "Tehnologichniy tsentr", 2012.– # 4.– P. 7–10.

4. Dudka S.V. Rozrobka matematichnoyi modeli i programnogo zabezpechennya protsesa granuloutvorenniya mineralnih dobriv. S.V. Dudka, M.O. Podustov, O.M. Dzevoshko, I.M. Rischenko, S.I. Kushinskiy. Integrovani tehnologiyi ta energozberezhnya.– Harkiv: NTU «HPI», 2015.– # 1.– P. 37–41.

УДК 66.011.002.5:661.152

Дудка С.В., Подустов М.А., Дзевочко А.М., Рищенко И.М., Кушинский С.И.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

В статье приведены результаты опытно-промышленных испытаний процесса гранулообразования минеральных удобрений NPS 10:40:5. Показана возможность получения товарной фракции удобрений на уровне 97 %, чем исключаются стадии классификации, дробления и частично пылегазоочистки. Это значительно повышает энергоэффективность и экологическую безопасность данного производства.

Dudka, S.C., Podustov M.A., Dzevoshko A.M., Rushenko I.M., Kushinsky S.I.

ENERGY EFFICIENCY AND ENVIRONMENTAL SAFETY OF PRODUCTION OF MINERAL FERTILIZERS

In the article the results of experimental-industrial tests of the process granulometry mineral fertilizers NPS 10:40:5. The possibility of obtaining marketable fractions of fertilizers at the level of 97 %, than excluded sizing, crushing and partially dust removal. This significantly increases the energy efficiency and ecological safety of the production.