

УДК 628.5;631.8

Чикирис Яна Михайлівна

магістрантка Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Степанюк Андрій Романович

кандидат технічних наук, доцент кафедри машин та апаратів
хімічних і нафтопереробних виробництв
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Chykyrys Y.

student at National Technical University of Ukraine
"Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky"

Stepaniuk A.

Ph.D., assistant professor of Department of machines and
apparatus of chemical and petroleum industries
National Technical University of Ukraine
"Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky "

**МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ НІТРАТУ АМОНІЮ
У ПРИСУТНОСТІ СУЛЬФАТУ АМОНІЮ, ГУМАТІВ ТА
СУЛЬФАТУ КАЛІЮ**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ НИТРАТА АММОНИЯ В
ПРИСУТСТВИИ СУЛЬФАТА АММОНИЯ, ГУМАТОВ И
СУЛЬФАТА КАЛИЯ**

**MODELING OF DRYING PROCESS OF AMMONIUM NITRATE
IN THE PRESENCE OF AMMONIUM SULFATE, HUMATES AND
POTASSIUM SULPHATE**

Анотація: Запропоновано та обґрунтовано математичну модель

процесу сушки комплексного добрива. Отримано залежність температури сушіння гранули від радіуса та часу.

Ключові слова: нітрат, сульфат, калій, гумат, мінерально-органічне добриво, сушіння, грануляція.

Анотація: Предложено и обосновано математическую модель процесса сушки комплексного удобрения. Получена зависимость температуры сушки гранулы от радиуса и времени.

Ключевые слова: нитрат, сульфат, калий, гумат, минерально-органическое удобрение, грануляция.

Abstract: Proposed and validated a mathematical model of drying process of complex fertilizers. The obtained dependence of the temperature of the drying granules of the radius and time.

Key words: nitrate, sulphate, potassium, humates, mineral and organic fertilizer, granulation.

Постановка проблеми. Будь-якій рослині для зростання потрібні світло, вода і поживні речовини, які вона одержує із ґрунту. Найчастіше рівень поживних речовин в землі недостатній тому доводиться використовувати додаткові поживні речовини. Добрива дозволяють максимально ефективно використовувати ресурси ґрунту і води. Всі поживні речовини, що входять до комплексних добрив, які пропонуються, впливають на розвиток рослин протягом всього періоду вегетації, і не є взаємозамінними [1]. При значиних навантаженнях на ґрунт, які існують сьогодні, ґрунти вимагають внесення комплексних добрив, що базуються на агрокліматичних умовах їх використання. Запропоновано добрива пролонгованої дії, які містять сульфат амонію, гумати та луг калію.

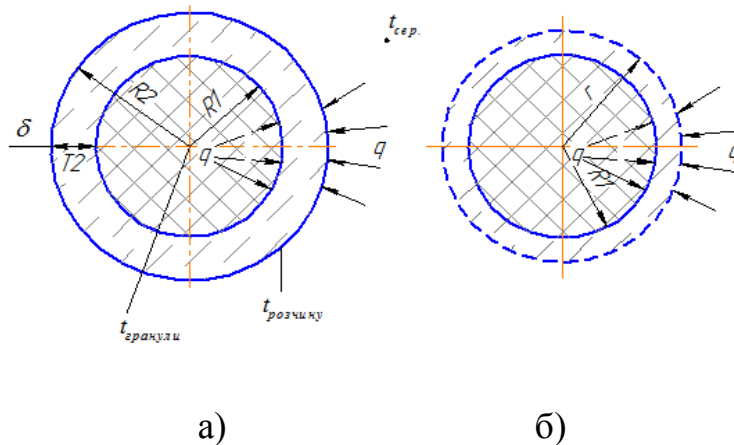
В роботі досліджується отримання добрив у вигляді багатошарових гранул тому, вважаючи на те, що гранульовані добрива набагато простіше зберігати та вносити у ґрунт, вони не злипаються під час зберігання, мають кращу сипучість, тобто їх легше дозувати при внесенні [2].

Метою статті є визначення впливу технологічних параметрів на процес нагріву та сушіння.

Виклад основного матеріалу.

Фізична модель процесу наведена на рисунку 1.

Метою роботи є визначення впливу технологічних параметрів на процес нагріву, зокрема визначення впливу енергії гранули та зовнішнього середовища на процес нагріву гранули. Гранула має температуру порядку 90°C, а зовнішнє середовище – +130°C. Необхідно визначити співвідношення кількості енергії, що поступає за рахунок внутрішнього і зовнішнього джерел. Тому треба визначити задачу з впливом лише внутрішнього джерела та сукупно внутрішнього і зовнішнього джерел [3].



а) початковий момент часу; б) поточний момент часу.

Рис. 1 – Фізична модель процесу сушіння гранули

Математична модель процесу.

1) Нагрів гранули за рахунок внутрішньої енергії та енергії середовища:

Розподіл температури в межах фронту нагріву $0 \leq r \leq R2$ описується рівнянням нестационарної теплопровідності [4]:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{2\partial T}{r\partial r} \right)$$

з початковими умовами $T|_{\tau=0} = T1_0$ при $0 \leq r \leq R1$,

$$T2|_{\tau=0} = T2_0 \text{ при } R1 \leq r \leq R2.$$

з граничними умовами, відсутність теплового потоку в центрі (гранична умова II-го роду):

$$\left. \frac{\partial T1}{\partial r} \right|_{\tau=0} = 0,$$

рівність температур та теплових потоків в контактi двох фаз (гранична умова IV-го роду):

$$\begin{aligned} T1|_{r=R1} &= T2|_{r=R1}, \\ \lambda1 \left. \frac{\partial T1}{\partial r} \right|_{r=R1} &= \lambda2 \left. \frac{\partial T2}{\partial r} \right|_{r=R1}, \end{aligned}$$

конвективний теплообмін на поверхні (гранична умова III-го роду):

$$\lambda2 \left. \frac{\partial T2}{\partial r} \right|_{r=R2} = \alpha(T2 - Tc).$$

2) Нагрів гранули тільки за рахунок внутрішньої енергії:

Розподіл температури в межах фронту нагріву $0 \leq r \leq R2$:

$$\left. \frac{\partial T}{\partial \tau} = \lambda1 \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{2\partial T}{r\partial r} \right) \right|_{r=0 \text{ до } R1} \quad \text{та} \quad \left. \frac{\partial T}{\partial \tau} = \lambda2 \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{2\partial T}{r\partial r} \right) \right|_{r=R1 \text{ до } R2}$$

з початковими умовами $T1|_{\tau=0} = T1_0$ при $0 \leq r \leq R1$,

$$T2|_{\tau=0} = T2_0 \text{ при } R1 \leq r \leq R2.$$

Рівність температур та теплових потоків в контактi двох фаз (гранична умова IV-го роду):

$$\begin{aligned} T1|_{r=R1} &= T2|_{r=R1}, \\ \lambda1 \left. \frac{\partial T1}{\partial r} \right|_{r=R1} &= \lambda2 \left. \frac{\partial T2}{\partial r} \right|_{r=R1}. \end{aligned}$$

Метою дослідження є визначення впливу температури на кінетику процесу масової кристалізації, визначення діапазону значень температур проведення процесу, виходячи з вимоги досягнення найкращого рівня розподілення мінеральних і органічних речовин в композитному шарі.

Методика дослідження

Метою дослідження є визначення часу нагріву гранули та видалення вологи краплини нанесеної на поверхню гранули робочого розчину основи

нітрату амонію, до якого послідовно додаємо гумати (1%), калій (9%), сірку (41%) дослідним шляхом.

Була розроблена експериментальна установка, яка складається з генератора теплового потоку та термопар. Термопари під'єднуються до комп'ютера і за допомогою програмного забезпечення LabView дають можливість проводити заміри зміни температури з частотою 1 секунда у вигляді та таблиць числових значень та графічного відтворення результатів замірів.

Методика проведення досліджень:

На термопару багаторазово наноситься краплина 60% водного розчину на основі нітрату амонію, гуматів (1%), та калію (9%), сірки (41%).

Шар рідини висушується при визначеному температурному режимі потоком теплоносія, швидкість якого вимірюється трубкою Піто-Прандтля. Інша термопара служить для контролю температури теплоносія. Термопари підключені до ПК. Під впливом температури солі кристалізуються, а вода випаровується, внаслідок чого отримується тверда структура – гранула.

Для одержання гранули потрібного розміру після повного висушування попереднього шару почергово наносяться декілька шарів. Після кожного нанесення і висушування розчину проводяться вимірювання розміру гранул.

Для отримання реальних показників термопар проводяться їх тарування.

Гранули нарощуються до середнього діаметру 3 мм.

Для наглядності результати математичного моделювання наведено також на графіках (у двовимірній системі координат), для частинки, радіусом 1,5 мм, (рисунок 2).

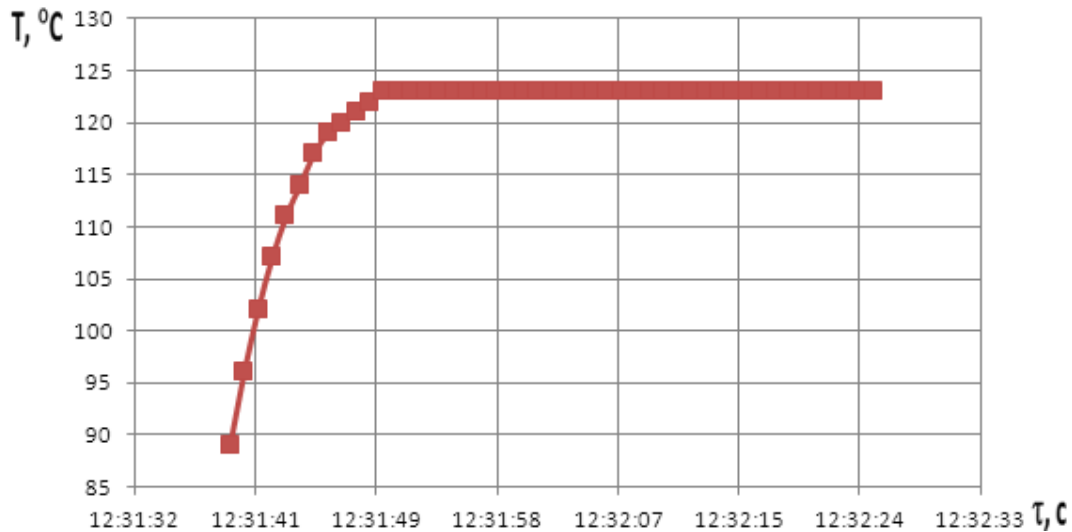


Рис. 2 – Залежність температури від часу

За результатами фізичного моделювання було побудовано графік залежності температури (в центрі гранули) від часу $T = f(\tau)$ під час гранулоутворення (рисунок 3).

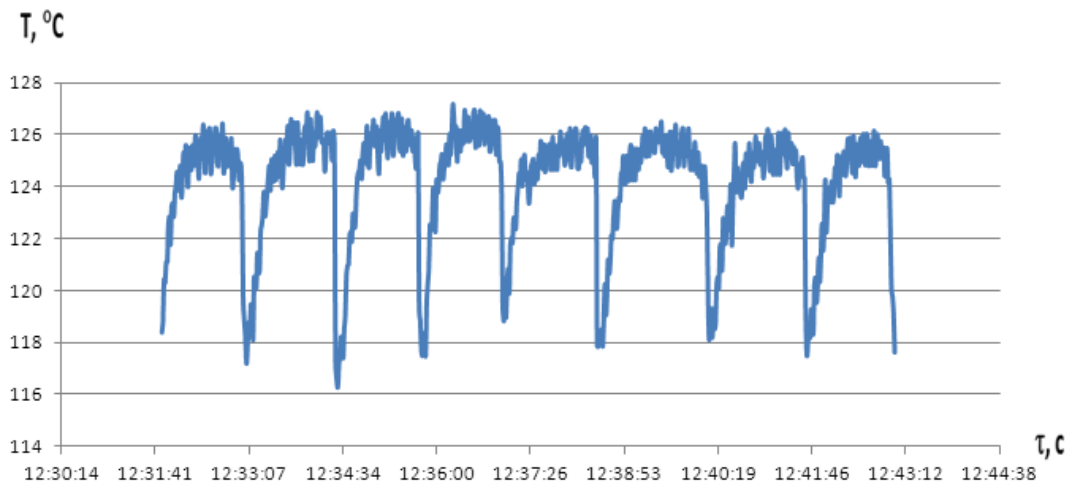


Рис. 3 – Результати експериментальних досліджень

Кожну з ділянок можна розділити на три області: нанесення розчину (стрімке падіння значень температури), нагрівання розчину та матеріалу гранули (стрімкий зріст значень температури), випаровування рідини й утворення нового шару (поступове збільшення значень температури та їх стабілізація). Час випарювання складає 28...40 с, залежно від діаметра утвореної гранули.

Внаслідок теплопровідності та конвективного теплообміну з

теплоносієм відбувається прогрів плівки. Зростання температури центру гранули свідчить, що вся теплота до гранули підводиться в наслідок зовнішнього конвективного теплообміну, частина тепла витрачається на випарювання плівки, а частина на прогрів тіла гранули теплопровідністю.

Коли температура у центрі гранули дорівнює температурі теплоносія – завершується процес випарювання розчинника.

Визначення адекватності математичної моделі масової кристалізації методом термообробки одиничної гранули

Для визначення адекватності математичної моделі експериментальним дослідженням порівнюємо залежності температури від часу при ($r = 1.5$) та час зневоднення 40% нітрату амонію, гуматів (1%), та луку калію (9%), для гранули середнього діаметру $3 \cdot 10^{-3}$ м (рисунок 4).

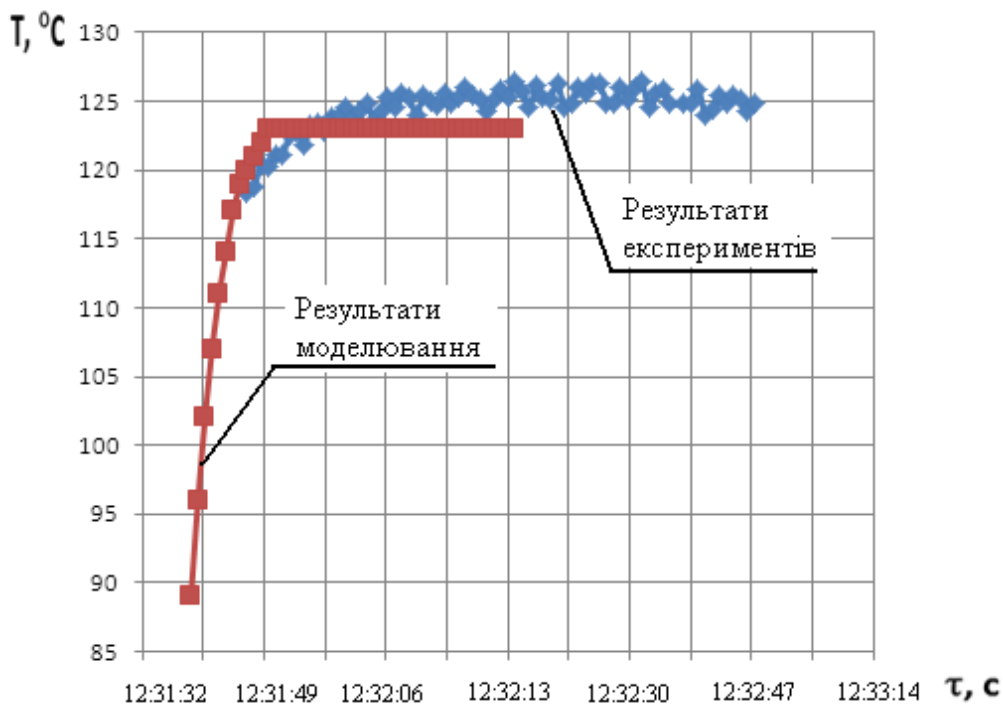


Рис. 4 – Залежність температури сушіння гранули від часу

Розбіжність між теоретичними та експериментальними результатами складає 17%.

Висновки. Проведені дослідження дають можливість визначити час утворення одного шару добрив на поверхні граули, в результаті чого є можливість визначити час формування гранули необхідного діаметру. Розбіжність між теоретичними та експериментальними результатами складає 17%.

Література:

1. «Добрива» [електронне джерело]. Режим доступу: <http://www.strojsojuz.ru/blog/87-zachem-nuzhny-mineralnye-udobreniya> – 7.03.2017.
2. «Добрива» [електронне джерело]. Режим доступу: <http://baikal-em.ru/articles/62-granulirovannye-udobreniya.html> – 7.03.2017.
3. Степанюк А. Р., Вислогузова Я. М. «Порівняльне моделювання процесу нагріву одиначної гранули нітрату амонію з органічними домішками». Збірник тез доповідей ІХ міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ" (18-19 квітня 2016р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: НТУУ «КПІ», 2016.– 133 с.
4. Степанюк А.Р, Я.М.Корнієнко, П.М.Магазій, К.О.Гатілов, К.О. Гевліч, В.В.Райда Особливості процесу утворення твердих композитів із заданими властивостями. Збірка тез доповідей ХІІ міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Екологія. Людина. Суспільство.» 2009, с. 157-158.