

В.В. Адамчук, академік НААН, д-р техн. наук, П.О. Косик, зав. сектору автоматизації та комп'ютеризації с.-г. техніки

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

Дослідження розсівання твердих мінеральних добрив в умовах вітру

Розглянуто питання розсівання твердих мінеральних добрив машиною в умовах вітру. Проведено теоретичні дослідження з метою визначення впливу вітру на частинки твердих мінеральних добрив в процесі їх розсівання.

тверді мінеральні добрива, математична модель, розсівання, вплив вітру

Проблема. Одною з основних умов здійснення інтенсифікації сільського господарства є підвищення росту урожайності всіх сільськогосподарських культур, нерозривно пов'язане з збільшенням виробництва та раціональним використанням мінеральних добрив. Вітчизняний та зарубіжний досвід засвідчує те, що не менш 50 % приросту врожаїв можна отримати за рахунок добрив, без покращення обробітку ґрунту. Тому добрива є одним з найбільш важливих факторів зниження собівартості сільськогосподарської продукції.

Внесення мінеральних добрив - особливо важливий процес для підвищення родючості ґрунтів. Справа в тому, що в ході росту рослини, їх коренева система забирає поживні речовини з ґрунту, яких поступово зменшується. Внесення мінеральних добрив сприяє відновленню балансу поживних речовин в ґрунті. Але є проблеми, щодо удобрення ґрунту, одною з яких при внесенні твердих мінеральних добрив є вплив вітру на політ частинок які знаходяться в повітряному середовищі, рухаючись перпендикулярно до напрямку руху машини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні дослідження впливу вітру на рух в повітряному середовищі частинок матеріалу взагалі, висвітлені в працях багатьох науковців, зокрема В.В. Адамчука [1], Г.Н. Абрамовича [2]. Основу теоретичних досліджень відносно впливу вітру на політ частинок твердих мінеральних добрив розглянуто в праці [3]. Задача оптимізації впливу вітру на частинки мінеральних добрив уявляється багатокритеріальною, тому вирішення цього питання здійснене шляхом моделювання внесення мінеральних добрив з урахуванням критеріїв його впливу є більш доскональним [4].

Мета досліджень. Дослідити розсівання твердих мінеральних добрив в умовах вітру теоретичним шляхом за допомогою математичного моделювання процесу польоту частинки твердих мінеральних добрив при попутному і зустрічному вітрі.

Результати досліджень. Очевидно, що з усіх можливих напрямків вітру відносно напрямку руху агрегату найбільше впливає на показники внесення добрив вітер, направлений перпендикулярно до напрямку руху машини. Розглянемо рух частинок добрив, які сходять з робочого органу (РО), до поверхні поля в умовах впливу на них вітру, в двох конкретних випадках: вплив вітру проти напрямку руху частинок добрив, вплив вітру за напрямком руху частинок добрив (рис. 1).

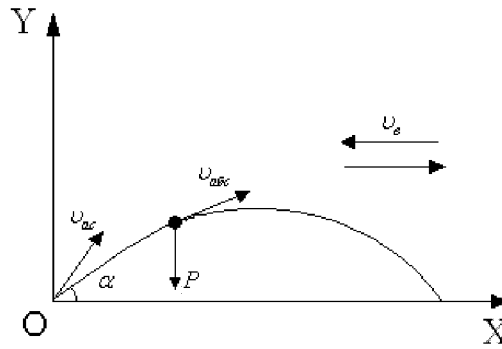


Рисунок 1 - Загальна схема до дослідження руху частинок мінеральних добрив в умовах вітру

На загальній схемі (рис. 1) зображений процес польоту частинки мінеральних добрив та вплив на неї сил, де:

P - сила тяжіння, Н;

u_{ac} - абсолютна швидкість сходу частинки добрив з РО, м/с;

u_w - швидкість вітру, який діє на частинку добрив, м/с;

u_{abc} - абсолютна швидкість руху частинки добрив, в процесі польоту, м/с;

α - кут під яким частка добрив сходить з РО, град.

Розробивши загальну графічну схему польоту частинки добрив, тобто політ частки при впливі на неї зустрічного вітру і за напрямком руху, та розглянувши які саме сили на неї впливають, можна змодельовати процес польоту частки добрив, описавши його системою рівнянь.

Згідно з другим законом Ньютона представимо сили у векторній формі, які впливають на частинку твердих мінеральних добрив, в процесі польоту:

$$\vec{ma} = \vec{F}_{тяжс} + \vec{F}_{оп} \quad (1)$$

Знаходимо значення сил:

$$F_{тяжс} = mg, \quad (2)$$

$$F_{оп} = Ku_{abc}^2, \quad (3)$$

де K – коефіцієнт опору, який визначається за формулою:

$$K = C_x \cdot \frac{\rho}{2} \cdot \frac{\pi d^2}{4} = C_x \cdot \frac{\rho \pi d^2}{8}, \quad (4)$$

де C_x - коефіцієнт тертя поверхні тіла об повітря;

ρ - щільність повітря, кг/м³;

d - розмір частки добрив, м.

Знаючи всі сили які впливають на частинку отримані математичним шляхом, проектуємо їх на осі X та Y, та отримуємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} ma_x = -F_{on}x \\ ma_y = F_{on}y - mq \end{cases} \quad (5)$$

Знайдемо проекцію квадрату швидкості на осі ХтаY:

$$v = \sqrt{v_y^2 + (v_x \pm v_{\epsilon\theta})^2}, \quad (6)$$

$$v_x = (v_x + v_{\epsilon\theta}) \sqrt{(v_x + v_{\epsilon\theta})^2 + v_y^2}, \quad (7)$$

$$v_y = v_y \sqrt{(v_x + v_{\epsilon\theta})^2 + v_y^2}. \quad (8)$$

Знаючи K , v_x , v_y знайдемо значення F_{on} по осям ХтаY:

$$F_{on}x = \pm K(v_x \pm v_{\epsilon\theta}) \sqrt{(v_x \pm v_{\epsilon\theta})^2 + v_y^2}, \quad (9)$$

$$F_{on}y = Kv_y \sqrt{(v_x \pm v_{\epsilon\theta})^2 + v_y^2}. \quad (10)$$

Підставляючи значення F_{on} в рівняння, та вважаючи $a_x = \frac{dV_x}{dt}$, $a_y = \frac{dV_y}{dt}$ отримуємо систему диференціальних рівнянь в загальному вигляді:

$$\begin{cases} \frac{dV_x}{dt} = mK(v_x \pm v_{\epsilon\theta}) \cdot \sqrt{(v_x \pm v_{\epsilon\theta})^2 + v_y^2} \\ \frac{dV_y}{dt} = Kv_y \cdot \sqrt{(v_x \pm v_{\epsilon\theta})^2 + v_y^2} - mq \end{cases} \quad (11)$$

Основною задачею математичного моделювання в даному випадку є розгляд впливу вітру на частку мінеральних добрив, тому за допомогою спеціального програмного забезпечення та з використанням системи диференціальних рівнянь (11), дослідимо вплив напрямків вітру на дальність польоту частинок твердих мінеральних добрив.

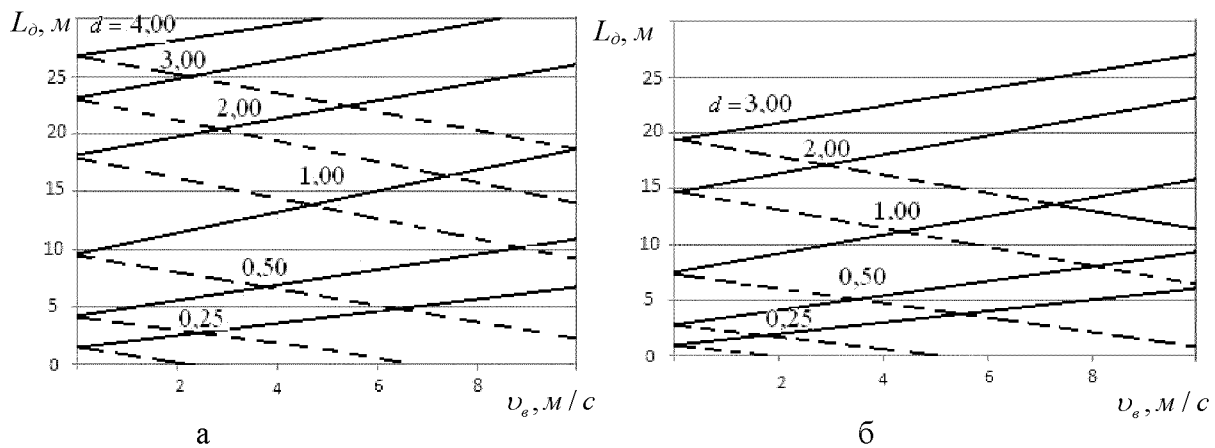
Отримані результати у вигляді графічних залежностей наведено на рис. 2, на прикладі часток суперфосфату гранульованого і калійної солі.

Аналогічно можна змоделювати залежність дальності розсівання в умовах вітру і для інших видів мінеральних добрив, маючи початкові дані.

Ріст швидкості та зміна напрямку вітру в усіх досліджуваних варіантах приводить до зміни дальності розсівання відносно агрегату. При цьому попутний вітер відносно напрямку сходження добрив с РО збільшує дальність їх розсівання, а зустрічний вітер – зменшує. Графічні залежності мають практично лінійний характер. Аналізуючи значення кута між графічними залежностями та віссю абсцис, не складно прийти до висновку: зі збільшенням кута α збільшується вплив вітру на дальність

розсівання добрив; при $\alpha = 0$ більш чутливими до дії вітру будуть фракції часток добрив, які мають відносно менший розмір.

Вплив вітру приводить до зміни робочої ширини захвату агрегату в порівнянні з його роботою при у безвітряну погоду. Тому при визначенні робочої ширини захвату (B_a) необхідно вводити її поправку, враховуючу вплив вітру як ΔB_a . Найбільш доцільним є шлях, передбачаючий корегування робочої ширини захвату з урахуванням дальності розсівання добрив, які сходять з РО проти напрямку вітру і, які сходять за напрямком вітру. Однак при такому підході буде мати місце асиметричне розподілення добрив по ширині захвату агрегату відносно напрямку руху його повздовжньої осі. В результаті цього виникає необхідність створювати спеціальні автоматизовані системи управління процесом розкидання твердих мінеральних добрив в умовах вітру.



— — напрямок вітру збігається з напрямком проекції вектора абсолютної швидкості сходження частинки з РО на горизонтальну площину;
 - - - - - вітер має протилежний напрямок відносно проекції вектора абсолютної швидкості сходження частинки на горизонтальну площину;

Рисунок 2 - Залежність дальності розсівання частинок L_0 суперфосфату гранульованого (а) і калійної солі (б) від швидкості бокового вітру v_e та їх діаметру d , з кутом $\alpha = 30^\circ$

Висновки. Результати теоретичних досліджень підтверджують, що по можливості, напрямок руху агрегату відносно напрямку вітру необхідно вибирати таким чином, щоб кут між ними був мінімальним. Це дозволить суттєво зменшити ΔB_a . Система диференційних рівнянь (11) є адекватною розсіванню тільки окремих гранул кожної фракції мінеральних добрив в умовах вітру. Тобто з її використанням не можна визначити в цілому дальність розсівання добрив. Однак її використання дозволяє досліджувати та оцінювати характер і значимість впливу вітру на дальність розсівання частинок окремих фракцій мінеральних добрив як за вітром, так і проти напрямку вітру руху частинки, що в свою чергу створює передумови розробки автоматизованої системи управління процесом розкидання твердих мінеральних добрив в умовах вітру.

Список літератури

1. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй / Г.Н. Абрамович. – М.: Наука, 1984. – 716с.
2. Адамчук В.В. Дослідження руху частинки технологічного матеріалу в повітряному середовищі в умовах вітру і супроводжуючого повітряного струменя / В.В. Адамчук // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха: ННЦ “ІМЕСГ”, 2005. – Вип. 89. – С. 27 – 49 (укр.).
3. Адамчук В.В. Теоретичне дослідження руху частинки технологічного матеріалу в повітряному середовищі в умовах вітру і супроводжуючого повітряного струменя / В.В. Адамчук // Промислова гідроліка і пневматика. – 2005. – №1(7). – С.47 – 52 (укр.).

4. Адамчук В.В. Обґрунтування моделі внесення мінеральних добрив / В.В. Адамчук // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха: ННЦ “ІМЕСГ”, 2002. – Вип.86. – С.90 – 99 (укр.).

В. Адамчук, П. Косик

Исследование рассева твердых минеральных удобрений в условиях ветра

Рассмотрены вопросы рассева твердых минеральных удобрений машиной в условиях ветра. Проведены теоретические исследования с целью определения влияния ветра на частицы твердых минеральных удобрений в процессе их рассева.

V. Adamchuk, P. Kosik

Screening study of solid mineral fertilizers in windy conditions

The problem dispersion of solid fertilizer machine in wind conditions. A theoretical study to determine the effect of wind on the solid particles of mineral fertilizers in their dispersion.

Одержано 17.08.12