УДК 631. 333

ТЕОРІЯ РОЗГОНУ ДОБРИВ ВІДЦЕНТРОВИМ РОЗСІВАЛЬНИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ З ПОХИЛОЮ ВІССЮ ОБЕРТАННЯ

О. В. Адамчук, ст. наук. співр.

Теоретичним шляхом одержано залежності для визначення абсолютної швидкості добрив у момент їх сходження з відцентрового розсівального робочого органу, вісь обертання якого розміщена похило до горизонтальної площини, а лопатки установлені на диску під кутом до його радіуса

Ключові слова: *дисковий відцентровий розсівальний робочий орган, похила вісь обертання, лопатка, добрива, абсолютна швидкість*

Проблема. Ефективність роботи машин для поверхневого розсівання твердих мінеральних добрив, за умови дотримання агрономічних вимог до якості розподілу добрив по поверхні грунту, в значній мірі залежить від їх змінної продуктивності.

В зв'язку з тим, що на сучасному етапі можливість підвищення продуктивності за рахунок збільшення робочої швидкості агрегатів і коефіцієнта використання змінного часу вичерпано, єдиним шляхом підвищення продуктивності залишається збільшення робочої ширини захвату машин.

Загальновідомо, що робоча ширина захвату машин залежить від величини абсолютної швидкості сходження добрив з відцентрового розсівального робочого органу (РО) υ_{ac} і кута між вектором останньої і горизонтальною площиною α_{ac}. Величина υ_{ac} залежить від геометричних параметрів та кінематичних режимів роботи РО, а також фізико-механічних властивостей мінеральних добрив.

У результаті досліджень, проведених в ННЦ «ІМЕСГ», було зроблено оптимізацію геометричних параметрів РО з урахуванням фізико-механічних властивостей мінеральних добрив [1]. При цьому було встановлено, що

збільшення кінематичного режиму роботи РО обмежується міцністю гранул добрив. Отже, при існуючих конструкційних матеріалах та видах добрив можливість збільшення робочої ширини захвату машин шляхом збільшення величини υ_{ac} вичерпано.

Однак, збільшення робочої ширини захвату можливе шляхом забезпечення раціональних значень кута α_{ac} [2].

Аналізуючи отримані результати (рис. 1) не складно прийти до висновку, що раціональні значення α_{ac} знаходяться в межах 30^0-35^0. В той же час автором роботи [3] установлено, що існуючі РО можуть забезпечити досягнення значень α_{ac} не більше $15{,}7^0$.

Для забезпечення раціональних значень α_{ac} вісь обертання РО доцільно розміщувати похило [2].

При створенні РО з похилою віссю обертання важливо мати методику, яка б забезпечувала визначення абсолютної швидкостей сходження добрив з поверхні РО υ_{ac} та кута між вектором останньої і горизонтальною площиною α_{ac} залежно від параметрів та режимів роботи РО, а також фізико-механічних властивостей добрив.

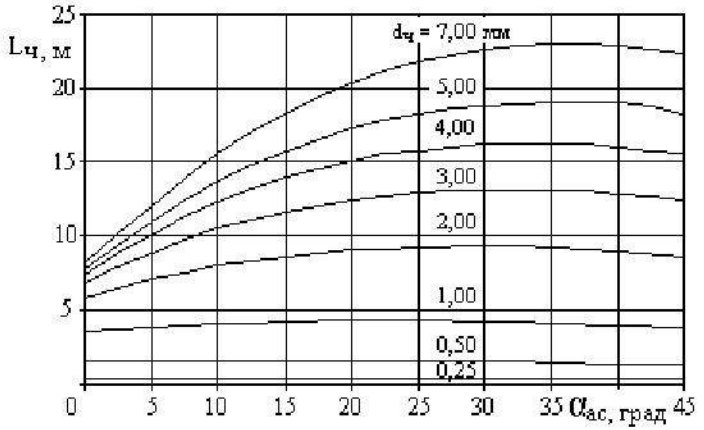


Рис. 1. *Залежність дальності розсівання частинок аміачної селітри* $L_ч$ *від кута її сходження з РО* α_{ac}

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найбільш глибоко питання руху добрив по поверхні РО висвітлено в наукових працях Адамчука В. В. [4] та Василенка П. М. [5]. Однак, автори розглядають рух добрив по поверхні зазначеного РО за умови, що його вісь обертання є відповідно вертикальною та горизонтальною.

Дослідженню розгону добрив РО з похилою віссю обертання присвячена стаття Адамчука О. В. [6]. В ній автор надає методику для визначення υ_{ac} з РО, вісь обертання якого розміщена похило до горизонтальної площини, а лопатки установлено радіально. Крім того, автор дослідив вплив параметрів та режимів РО на величину υ_{ac} і кута розгону добрив РО.

Мета досліджень. Отримання залежностей для визначення абсолютної швидкості добрив в момент їх сходження з РО, вісь обертання якого розміщена похило до горизонтальної площини, а лопатки установлено під кутом до його радіуса.

Результати досліджень. Конструкція РО з похилою віссю обертання включає кінематично сполучений з механізмом приводу в обертальний рух плоский диск, з установленими на його робочій поверхні лопатками (рис. 2). На площині диска лопатка утворює з радіусом РО кут $\psi_л$.

З метою спрощення задачі приймаємо допущення, що:

- коефіцієнт тертя частинок добрив по поверхні лопатки має постійне значення;
- характер руху кожної частинки однаковий і відповідає характеру руху всієї маси добрив вздовж лопатки;
- частинки добрив рухаються вздовж лопатки по відрізку АВ, який є спільним для вертикальної стінки лопатки і її днища, без кочення;
- товщиною лопатки і діаметром частинки добрив нехтуємо.

Запишемо рівняння для визначення абсолютної швидкості сходження частинки добрив з поверхні РО:

$$\upsilon_{ac} = \sqrt{\upsilon_{вс}^2 + \upsilon_{пс}^2 \pm 2\upsilon_{вс}\upsilon_{пс}\sin\psi_л}\,, \qquad (1)$$

де $\upsilon_{вс}$ — відносна швидкість руху частинки добрив у момент її сходження з поверхні РО, м/с;

$\upsilon_{пс} = \omega R$ — переносна швидкість руху частинки добрив у момент її сходження з поверхні РО, м/с;

ω — кутова швидкість РО, рад./с;

R — радіус РО, м;

$\psi_л$ — кут між стінкою лопатки і радіусом РО, рад.

Для визначення $\upsilon_{ас}$ необхідно мати залежність для визначення $\upsilon_{вс}$. Проведемо дослідження, спрямовані на її отримання.

В зв'язку з тим, що проекція складової сили ваги частинки добрив на відрізок АВ у процесі її руху вздовж лопатки змінює напрямок, доцільно розділити РО на сектори таким чином, щоб напрямок вектора проекції складової ваги частинки в процесі її руху в межах кожного сектора не змінювався. Для випадку, коли лопатки установлено радіально ($\psi_л = 0$) такими секторами були [6]: EOG; GOC; COD; DOE (рис. 2). При цьому, відрізки ЕС і DG є взаємоперпендикулярними діаметрами плоского диска, а відрізок ЕС утворює з горизонтальною площиною кут α.

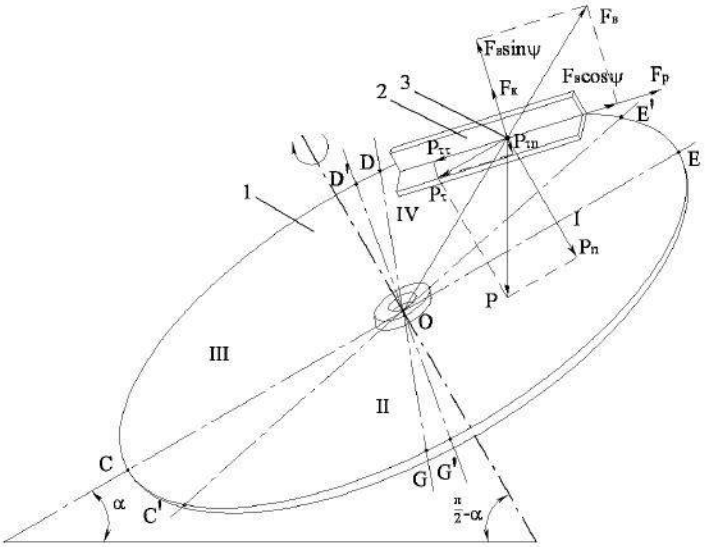


Рис. 2. *Схема сил, що діють на частинку добрив при її русі вздовж лопатки, яка установлена на робочій поверхні диску РО під кутом до R і направлена «за» напрямком обертання РО:*

1 — диск; 2 — лопатка; 3 — частинка добрив

Однак, якщо лопатка утворює з радіусом РО деякий кут $\psi_л \neq 0$, в зазначених вище секторах не забезпечується виконання умови щодо незмінності напрямку вектора проекції складової сили ваги частинки добрив в своїх межах.

Аналізуючи вплив кута $\Psi_л$ на напрямок вектора проекції складової сили ваги частинки добрив нескладно прийти до висновку, що для отримання секторів, в межах яких напрямок вектора проекції складової сили ваги частинки добрив не змінюватиметься, слід змістити (повернути) межі зазначених вище секторів навколо вісі обертання РО на кут $\Psi_л$. При цьому потрібно мати на увазі, якщо лопатки направлені «проти» напрямку обертання РО — межі секторів слід змістити на кут $\Psi_л$ «за» напрямком обертання РО, а якщо лопатки направлені «за» напрямком обертання РО — межі секторів слід змістити на кут $\Psi_л$ «проти» напрямку обертання РО.

Розглянемо випадок, коли лопатки направлені «за» напрямком обертання РО. Змістивши межі секторів EOG; GOC; COD; DOE на кут $\psi_л$ «проти» напрямку обертання РО отримаємо відповідно сектори E`OG` — I; G`OC` — II; C`OD` — III; D`OE` — IV (рис. 2).

Аналізуючи сили, що діють на частинку добрив запишемо загальне рівняння для визначення результуючої сили F_p, під дією якої частинка добрив рухається вздовж лопатки (рис. 2; 3):

$$F_p = F_в \cos\psi \mp P_{тт} - f_л \left(F_к + P_п + P_{тп} \pm F_в \sin\psi \right), \qquad (2)$$

де $F_p = m\dfrac{d^2L}{dt^2}$ — результуюча сила, під дією якої частинка добрив рухається вздовж лопатки, Н;

m — маса частинки добрив, кг;

L — шлях, який пройшла частинка добрив вздовж лопатки, м;

t — час руху частинки добрив вздовж лопатки, с;

$F_в = mr\omega^2$ –відцентрова сила, Н;

r — відстань від центра обертання РО до поточного положення частинки добрив, м;

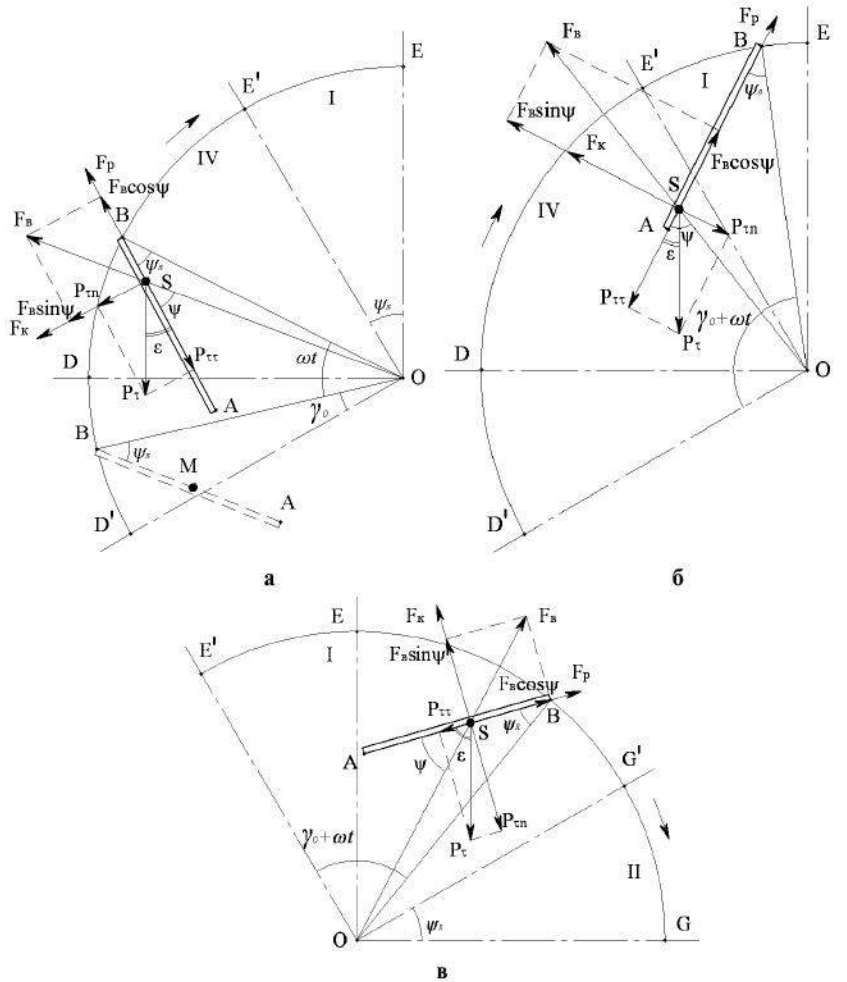
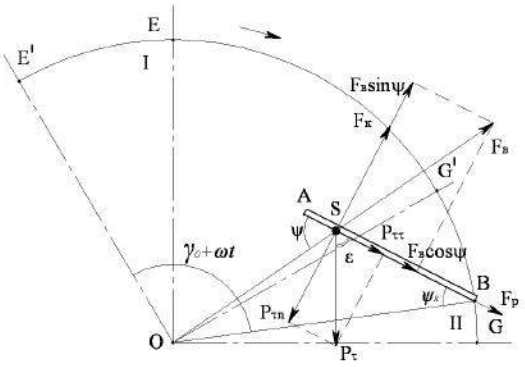


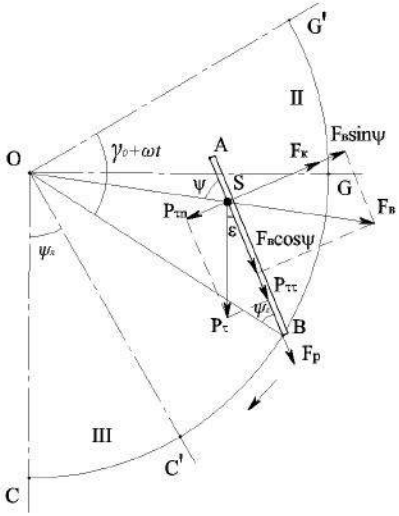
Рис. 3. *Схема для визначення результуючої сили, під дією якої частинка добрив рухається вздовж лопатки РО:*

а, в, д, ж — відповідно частинка добрив рухається вздовж лопатки, яка знаходиться в межах сектора IV; I; II; III;

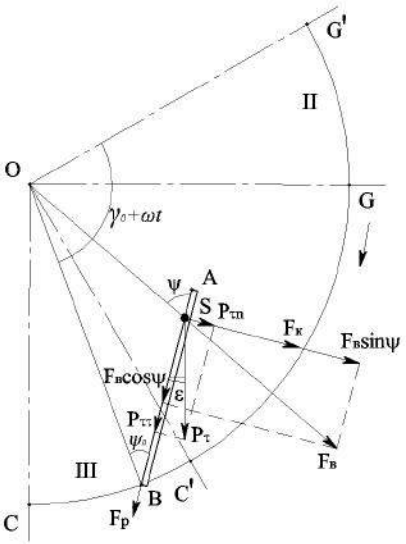
б — частинка добрив рухається в межах сектора IV, вздовж лопатки, яка одночасно перебуває в межах IV і I секторів;


E
E'
I
Fвsinψ
Fк
Fв
G'
A
S
ψ
Pтт
γ₀+ωt
ε
FвcosψB
ψк
Fр
Pтп
II
G
O
Pт

г


G'
II
O
γ₀+ωt
A
Fк
Fвsinψ
ψ
S
G
Fв
Pтп
ε
Fвcosψ
ψк
Pтт
Pт
ψ₀
B
Fр
III
C'
C

д


G'
II
O
G
γ₀+ωt
ψ
A
S
Pтп
Fк
Fвsinψ
Fвcosψ
ε
Pтт
Pт
ψ₀
Fв
III
B
C'
C
Fр

е

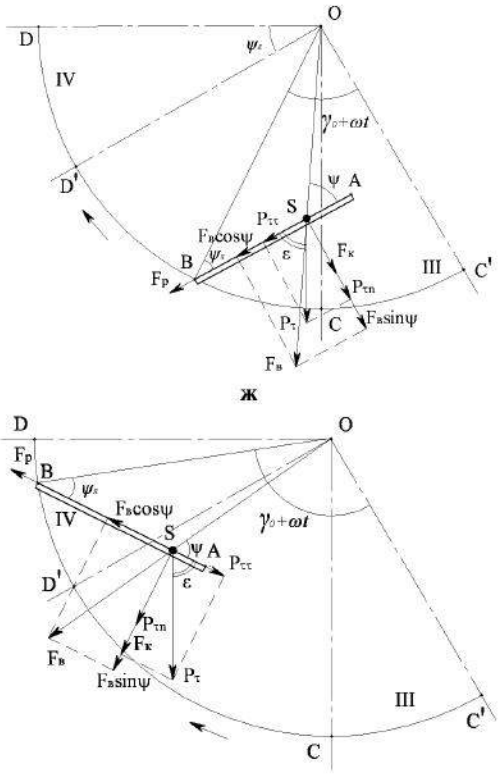


Рис. 3. *Схема для визначення результуючої сили, під дією якої частинка добрив рухається вздовж лопатки РО*

а, в, д, ж — відповідно частинка добрив рухається вздовж лопатки, яка знаходиться в межах сектора IV; I; II; III;

б — частинка добрив рухається в межах сектора IV, вздовж лопатки, яка одночасно перебуває в межах IV і I секторів;

г — частинка добрив рухається в межах сектора I, вздовж лопатки, яка одночасно перебуває в межах I і II секторів;

е — частинка добрив рухається в межах сектора II, вздовж лопатки, яка одночасно перебуває в межах II і III секторів;

з — частинка добрив рухається в межах сектора III, вздовж лопатки, яка одночасно перебуває в межах III і IV секторів;

ω — кутова швидкість РО, рад./с;

ψ — кут, утворений лопаткою та відрізком, який сполучає центр обертання РО з поточним положенням частинки добрив на цій лопатці, рад.;

$P_{\tau\tau} = P_\tau \cos\varepsilon$ — проекція складової сили ваги частинки добрив P_τ на відрізок АВ, Н;

$P_\tau = P\sin\alpha$ — складова сили ваги частинки добрив, що діє вздовж поверхні диска паралельно відрізку ЕС, Н;

$P = mg$ — сила ваги частинки добрив, Н;

g — прискорення вільного падіння, м/с^2;

α — кут, між віссю обертання РО та вертикальною площиною, рад.;

ε — кут, між складовою сили ваги P_τ та її проекцією на відрізок АВ, рад.;

$f_л$ — коефіцієнт тертя добрив по лопатці;

$F_к = 2m\omega\dfrac{dL}{dt}$ — сила Коріоліса, Н;

$P_n = P\cos\alpha$ — складова сили ваги частинки добрив, що діє по нормалі до днища лопатки, Н;

$P_{\tau n} = P_\tau \sin\varepsilon$ — проекція складової сили ваги частинки добрив P_τ на нормаль до відрізка АВ, Н.

Якщо добрива надходять на поверхню РО в межах сектора I або IV в рівнянні (2) перед $P_{\tau\tau}$ ставимо знак «–», а якщо в межах сектора II або III ставимо знак «+».

Якщо лопатки установлено на площині диска під кутом до радіуса РО за напрямком обертання РО в рівнянні (2) перед $F_в \sin\psi$ ставимо знак «+», якщо ж вони установлені проти напрямку обертання РО в рівнянні (2) перед $F_в \sin\psi$ ставимо знак «–».

Підставивши значення сил у рівняння (2), одержимо диференціальне рівняння руху частинки добрива вздовж лопатки:

$$m\frac{d^2L}{dt^2} = mr\omega^2\cos\psi \mp mg\sin\alpha\cos\varepsilon - \\ -f_л\left(2m\omega\frac{dL}{dt} + mg\sin\alpha\sin\varepsilon + mg\cos\alpha \pm mr\omega^2\sin\psi\right). \quad (3)$$

Розглянувши (рис. 3), де точка M — початкове положення частинки добрив на лопатці, точка S — поточне положення частинки добрив на поверхні лопатки, точка O — центр обертання РО, нескладно прийти до висновку, що залежно від того, в якому секторі буде відбуватися подача добрив на поверхню РО, визначення кута ε здійснюватиметься за відповідним рівнянням, а саме:

- $\varepsilon = \frac{\pi}{2} - \left(\gamma_0 + \omega\ t\right)$ — для випадку, коли добрива подаються на поверхню РО в межах сектора IV, а лопатка в момент контакту з нею частинки добрив перебуває в цьому ж секторі, рад.,
  де γ_0 — кут, утворений відрізками OD` та OB, в момент контакту частинки добрив з лопаткою, рад.;
- $\varepsilon = -\frac{\pi}{2} - \left(\gamma_0 + \omega\ t\right)$ — для випадку, коли добрива подаються на поверхню РО в межах сектора IV, а лопатка в момент контакту з нею частинки добрив одночасно перебуває в межах IV і I секторів, рад.,
  де γ_0 — кут, утворений відрізками OD` та OB, в момент контакту частинки добрив з лопаткою, рад.;
- $\varepsilon = \gamma_0 + \omega\ t$ — для випадку, коли добрива подаються на поверхню РО в межах сектора I, а лопатка в момент контакту з нею частинки добрив перебуває в цьому ж секторі, рад.,
  де γ_0 — кут, утворений відрізками OE` та OB, в момент контакту частинки добрив з лопаткою, рад.;
- $\varepsilon = \pi - \left(\gamma_0 + \omega\ t\right)$ — для випадку, коли добрива подаються на поверхню РО в межах сектора I, а лопатка в момент контакту з нею частинки добрив одночасно перебуває в межах I і II секторів, рад.,
  де γ_0 – кут, утворений відрізками OE` та OB, в момент контакту частинки добрив з лопаткою, рад.;
- $\varepsilon = \frac{\pi}{2} - \left(\gamma_0 + \omega\ t\right)$ — для випадку, коли добрива подаються на поверхню РО в межах сектора II, а лопатка в момент контакту з нею частинки добрив перебуває в цьому ж секторі, рад.,

де γ_0 — кут, утворений відрізками OG` та OB, в момент контакту частинки добрив з лопаткою, рад.;

- $\varepsilon = -\frac{\pi}{2} + \left(\gamma_0 + \omega\ t\right)$ — для випадку, коли добрива подаються на поверхню PO в межах сектора II, а лопатка в момент контакту з нею частинки добрив одночасно перебуває в межах II і III секторів, рад.,
де γ_0 – кут, утворений відрізками OG` та OB, в момент контакту частинки добрив з лопаткою, рад.;
- $\varepsilon = \gamma_0 + \omega\ t$ — для випадку, коли добрива подаються на поверхню PO в межах сектора III, а лопатка в момент контакту з нею частинки добрив перебуває в цьому ж секторі, рад.,
де γ_0 — кут, утворений відрізками OC` та OB, в момент контакту частинки добрив з лопаткою, рад.;
- $\varepsilon = \pi - \left(\gamma_0 + \omega\ t\right)$ — для випадку, коли добрива подаються на поверхню PO в межах сектора III, а лопатка в момент контакту з нею частинки добрив одночасно перебуває в межах III і IV секторів, рад.,
де γ_0 — кут, утворений відрізками OC` та OB, в момент контакту частинки добрив з лопаткою, рад.

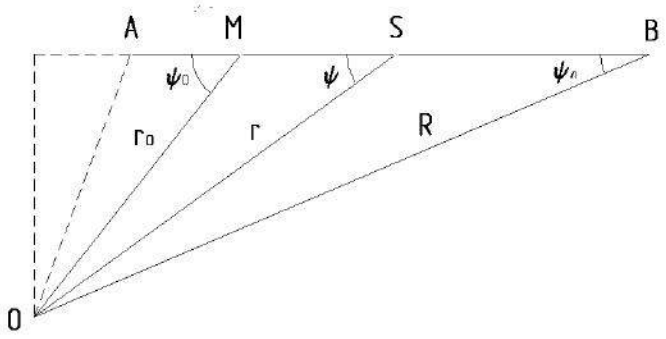


Рис. 4. *Схема для визначення шляху, який пройшла частинка добрив вздовж лопатки*

Розглянувши рис. 4 не складно прийти до висновку, що:

$$r\sin\psi = R\sin\psi_л, \tag{4}$$

$$r\cos\psi = r_0\cos\psi_0 + L, \tag{5}$$

$$\psi_0 = \frac{R\sin\psi_л}{r_0}, \tag{6}$$

де γ_0 — радіус подачі частинки добрив на РО, м;

ψ_0 – кут, утворений радіусом подачі γ_0 та відрізком АВ, рад.

Підставивши в рівняння (3) значення $r\cos\psi$ і $r\sin\psi$ та провівши ряд елементарних перетворень, отримаємо:

$$\frac{d^2L}{dt^2} = r_0\omega^2\cos\psi_0 + \omega^2 L \mp g\sin\alpha\cos\varepsilon -$$

$$-2f_л\omega\frac{dL}{dt} - f_л g\sin\alpha\sin\varepsilon - f_л g\cos\alpha \mp f_л\omega^2 R\sin\psi_л. \tag{7}$$

Розглянемо випадок, коли добрива подаються на поверхню РО в межах сектора IV (D`OE`). Рівняння (7) матиме вигляд:

$$\frac{d^2L}{dt^2} + 2f_л\omega\frac{dL}{dt} - \omega^2 L = r_0\omega^2\cos\psi_0 - g\sin\alpha\sin\left(\gamma_0 + \omega\ t\right) -$$
$$-f_л g\sin\alpha\cos\left(\gamma_0 + \omega\ t\right) - f_л g\cos\alpha - f_л\omega^2 R\sin\psi_л. \tag{8}$$

Таким чином, отримано лінійне рівняння другого порядку з постійними коефіцієнтами і правою частиною. Характеристичне рівняння матиме вигляд:

$$\lambda^2 + 2f_л\omega\lambda - \omega^2 = 0, \tag{9}$$

а його корені відповідно:

$$\lambda_1 = \omega\left(\sqrt{f_л^2 + 1} - f_л\right) \text{ та } \lambda_2 = \omega\left(-\sqrt{f_л^2 + 1} - f_л\right). \tag{10}$$

Запишемо значення розв`язку $\bar{L}$ рівняння (8) без правої частини:

$$\bar{L} = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t}, \tag{11}$$

де C_1 та C_2 — довільні сталі.

Знайдемо частковий розв`язок L^* рівняння (8):

$$L^* = T,$$

де T — довільна стала.

Якщо $T = const$, то $\frac{d^2L}{dt^2} = \frac{dL}{dt} = 0$. Після підстановки їх значень у рівняння (8) отримаємо:

$$T = -r_0 \cos\psi_0 + f_т R \sin\psi_т + \\ + \frac{g}{\omega^2}\left[\sin\alpha \sin\left(\gamma_0 + \omega\ t\right) + f_т \sin\alpha \cos\left(\gamma_0 + \omega\ t\right) + f_т \cos\alpha\right]. \quad (12)$$

Частковий розв`язок L^* рівняння (8) матиме вигляд:

$$L^* = \theta = -r_0 \cos\psi_0 + f_т R \sin\psi_т + \\ + \frac{g}{\omega^2}\left[\sin\alpha \sin\left(\gamma_0 + \omega\ t\right) + f_т \sin\alpha \cos\left(\gamma_0 + \omega\ t\right) + f_т \cos\alpha\right]. \quad (13)$$

Загальний розв`язок рівняння (8) може бути записаний наступним чином:

$$L = \bar{L} + L^* = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} + \theta. \quad (14)$$

Розгону частинки добрив вздовж лопатки РО передує удар по ній стінки лопатки. В праці [4] автор вивів рівняння для знаходження початкової швидкості руху частинки відносно лопатки. Зазначене рівняння для нашого випадку, має вигляд:

$$\upsilon_0 = \omega r_0 \sin\psi_0, \quad (15)$$

де υ_0 — початкова швидкість руху частинки добрив відносно лопатки, м/с.

Початкові умови для визначення C_1 та C_2 будуть: $t = 0$, $L = 0$, $\frac{dL}{dt} = \upsilon_0$.

З урахуванням початкових умов знаходимо довільні сталі C_1 та C_2:

$$C_1 = \frac{\mp\upsilon_0 - \lambda_{2\theta}}{\lambda_2 - \lambda_1},\ C_2 = \frac{\pm\upsilon_0 + \lambda_{1\theta}}{\lambda_2 - \lambda_1}. \quad (16)$$

В отриманих рівняннях перед складовою υ_0 ставимо верхній знак коли лопатки установлено під кутом до радіуса РО за напрямком його обертання, а нижній знак коли проти.

Підставивши довільні сталі C_1 та C_2 в рівняння (14) та виконавши елементарні перетворення, отримаємо рівняння руху частинки добрива вздовж лопатки РО:

$$L = \frac{1}{\lambda_2 - \lambda_1}\left[\left(\upsilon_0 + \lambda_1\theta\right)e^{\lambda_2 t} - \left(\upsilon_0 + \lambda_2\theta\right)e^{\lambda_1 t}\right] + \theta\,. \tag{17}$$

Продиференціювавши рівняння (17), отримаємо рівняння для визначення відносної швидкості руху частинки добрив вздовж лопатки РО:

$$\upsilon_в = \frac{1}{\lambda_2 - \lambda_1}\left[\left(\upsilon_0 + \lambda_1\theta\right)e^{\lambda_2 t} - \left(\upsilon_0 + \lambda_2\theta\right)e^{\lambda_1 t}\right], \tag{18}$$

$\upsilon_в$ — відносна швидкість руху частинки добрив вздовж лопатки РО, м/с.

Проаналізувавши рис. 4, визначимо шлях, який пройшла частинка добрив вздовж лопатки від точки її подачі до точки її сходження з поверхні РО:

$$L = R\cos\psi_л - r_0\cos\psi_0\,. \tag{19}$$

Для визначення часу руху частинки добрив вздовж лопатки та її відносної швидкості в момент сходження з поверхні РО запишемо рівняння (17) та (18) у вигляді системи рівнянь з урахуванням рівнянь (15), (19). Після елементарних перетворень отримаємо:

$$\begin{cases} R\cos\psi_л - r_0\cos\psi_0 = \dfrac{1}{\lambda_2 - \lambda_1}\left[\left(\omega r_0\,\mathrm{sin}\psi_0 + \lambda_1\theta\right)e^{\lambda_2 t} - \left(\omega r_0\,\mathrm{sin}\psi_0 + \lambda_2\theta\right)e^{\lambda_1 t}\right] + \theta \\ \upsilon_{вс} = \dfrac{1}{\lambda_2 - \lambda_1}\left[\left(\omega r_0\,\mathrm{sin}\psi_0 + \lambda_1\theta\right)\lambda_2 e^{\lambda_2 t} - \left(\omega r_0\,\mathrm{sin}\psi_0 + \lambda_2\theta\right)\lambda_1 e^{\lambda t}\right], \end{cases} \tag{20}$$

де $\psi_0 = \dfrac{R\sin\psi_л}{r_0}$; $\lambda_1 = \omega\left(\sqrt{f_л^2 + 1} - f_л\right)$; $\lambda_2 = \omega\left(-\sqrt{f_л^2 + 1} - f_л\right)$;

$$\theta = -r_0\cos\psi_0 + f_л R\sin\psi_л + \frac{g}{\omega^2}\left[\sin\alpha\sin\left(\gamma_0 + \omega\, t\right) + f_л\sin\alpha\cos\left(\gamma_0 + \omega\, t\right) + f_л\cos\alpha\right];$$

$\upsilon_{вс}$ — відносна швидкість руху частинки добрив у момент її сходження з поверхні РО, м/с; t — час руху частинки добрива вздовж лопатки РО, с.

Таким чином, отримано систему рівнянь для визначення часу руху частинки добрив вздовж лопатки та її відносної швидкості в момент сходження частинки з поверхні РО для випадку, коли добрива подаються на поверхню РО в межах сектора IV (D`OE`), а їх контакт з лопаткою відбувається, коли остання перебуває в межах сектора IV.

Система рівнянь (20) може бути використано для визначення часу руху частинки добрив вздовж лопатки та її відносної швидкості в момент сходження частинки з поверхні РО для випадку, коли добрива подаються на поверхню РО за межами сектора IV. Для цього потрібно в систему рівнянь (20) підставити значення θ, яке визначається для кожного випадку окремо. Так, якщо:

- добрива подаються на поверхню РО в межах сектора IV і в момент їх контакту з лопаткою остання перебуває одночасно в межах IV і I секторів

$$\theta = -r_0 \cos\psi_0 + f_л R \sin\psi_л + \\ + \frac{g}{\omega^2}\left[\sin\alpha \sin\left(\gamma_0 + \omega\ t\right) - f_л \sin\alpha \cos\left(\gamma_0 + \omega\ t\right) + f_л \cos\alpha\right];$$

- добрива подаються на поверхню РО в межах сектора I і в момент їх контакту з лопаткою остання перебуває в межах сектора I

$$\theta = -r_0 \cos\psi_0 + f_л R \sin\psi_л + \\ + \frac{g}{\omega^2}\left[\sin\alpha \cos\left(\gamma_0 + \omega\ t\right) + f_л \sin\alpha \sin\left(\gamma_0 + \omega\ t\right) + f_л \cos\alpha\right];$$

- добрива подаються на поверхню РО в межах сектора I і в момент їх контакту з лопаткою остання перебуває одночасно в межах I і II секторів

$$\theta = -r_0 \cos\psi_0 + f_л R \sin\psi_л - \\ - \frac{g}{\omega^2}\left[\sin\alpha \cos\left(\gamma_0 + \omega\, t\right) - f_л \sin\alpha \sin\left(\gamma_0 + \omega\, t\right) - f_л \cos\alpha\right];$$

- добрива подаються на поверхню РО в межах сектора II і в момент їх контакту з лопаткою остання перебуває в межах сектора II

$$\theta = -r_0 \cos\psi_0 + f_л R \sin\psi_л -$$

$$-\frac{g}{\omega^2}\left[\sin\alpha \sin\left(\gamma_0 + \omega t\right) - f_л \sin\alpha \cos\left(\gamma_0 + \omega t\right) - f_л \cos\alpha\right];$$

- добрива подаються на поверхню РО в межах сектора II і в момент їх контакту з лопаткою остання перебуває одночасно в межах II і III секторів

$$\theta = -r_0 \cos\psi_0 + f_л R \sin\psi_л -$$

$$-\frac{g}{\omega^2}\left[\sin\alpha \sin\left(\gamma_0 + \omega t\right) + f_л \sin\alpha \cos\left(\gamma_0 + \omega t\right) - f_л \cos\alpha\right];$$

- добрива подаються на поверхню РО в межах сектора III і в момент їх контакту з лопаткою остання перебуває в межах сектора III

$$\theta = -r_0 \cos\psi_0 + f_л R \sin\psi_л -$$

$$-\frac{g}{\omega^2}\left[\sin\alpha \cos\left(\gamma_0 + \omega t\right) - f_л \sin\alpha \sin\left(\gamma_0 + \omega t\right) - f_л \cos\alpha\right];$$

- добрива подаються на поверхню РО в межах сектора III і в момент їх контакту з лопаткою остання перебуває одночасно в межах III і IV секторів

$$\theta = -r_0 \cos\psi_0 + f_л R \sin\psi_л +$$

$$+\frac{g}{\omega^2}\left[\sin\alpha \cos\left(\gamma_0 + \omega t\right) + f_л \sin\alpha \sin\left(\gamma_0 + \omega t\right) + f_л \cos\alpha\right]$$

Висновки.

Отримано залежності для визначення абсолютної швидкості добрив в момент їх сходження з РО, вісь обертання якого розміщена похило до горизонтальної площини, а лопатки установлено під кутом до радіуса диска РО.

Бібліографія

1. *Адамчук В. В.* Вплив параметрів і режимів роботи розсівального органу на сходження з нього частинок мінеральних добрив//Вісник аграрної науки. — 2004. — № 12. — С. 42-45.

2. *Адамчук О. В.* Підвищення ефективності роботи машин для розсівання мінеральних добрив//В зб.: Механізація та електри-фікація сільського господарства. — Глеваха: ННЦ«ІМЕСГ», 2005. — Вип. № 89. — С. 207-212.
3. *Адамчук В. В.* Обгрунтування моделі внесення мінеральних добрив//Міжвід. темат. наук. зб. Механізація та електрифікація сільського господарства. — Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2002. — Вип. № 86. — С. 90-99.
4. *Адамчук В. В.* Теория центробежных рабочих органов машин для внесения минеральных удобрений. — К.: Аграрна наука, 2010. — С. 89-117.
5. *Василенко П. М.* Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. — К.: УАСХН, 1960. — С. 256-260.
6. *Адамчук О. В.* Теоретическое исследование разгона удобрений центробежным рассеивающим рабочим органом с наклонной осью вращения//Zemes ukio inzinerija. — 2013. — С. 6-19.

ТЕОРИЯ РАЗГОНА УДОБРЕНИЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫМ РАССЕИВАЮЩИМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ С НАКЛОННОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ

Теоретическим путем получено зависимости для определения абсолютной скорости удобрений в момент их схождения с центробежного рассеивающего рабочего органа, ось вращения которого установлена наклонно к горизонтальной плоскости, а лопатки установлены под углом к его радиусу

Ключевые слова: *дисковый центробежный рассеивающий рабочий орган, наклонная ось вращения, лопатка, удобрения, абсолютная скорость.*

THEORY OF FERTILIZERS WITH DISTRIBUTING WORKING MEMBER HAVING OBLIQUE AXIS ROTATION

Theoretically obtained are equations for calculation of an absolute velocity of fertilizer at their leaving a centrifugal distributing working member having the oblique axis and blades mounted angularly towards its radius.

Key words*: disk centrifugal distributing working member, oblique axis of rotation, blade, fertilizers. Absolute velocity.*