

Ткачук В.С., асистент

ДИНАМІКА ГРУНТОВИХ МАКРОАГРЕГАТІВ НА ПРУЖНИХ СТЕРЖНЯХ, ЩО КОЛИВАЮТЬСЯ АНТИПАРАЛЕЛЬНО

Спроековано і апробовано як в лабораторних, так і в польових умовах пристрій, що дозволяє з високою ефективністю розрушувати ґрунтові макроагрегати порівняно високої твердості і великих розмірів. Пристрій складається із декількох подвійних “білячих коліс” які обертаються з однаковим напрямком вектора кутової швидкості Ω_i , при цьому елементи “білячих коліс” виконують антипаралельний коливальний рух. Пристрій комбінується в систему транспортування коренебульбоносного шару картоплезбиральних машин і призначений для підвищення ефективності сепарації.

Для теоретичного вивчення динамічних властивостей як елементів пристрою, так і ґрунтових макроагрегатів задамось такими моделями складових, що взаємодіють в досліджуваній проблемі. Прутки “білячих коліс” доцільно в нульовому наближенні моделювати циліндричними пружними стержнями, жорстко закріпленими на більш масивних кільцях (рис. 1). Ґрунтові макроагрегати доцільно моделювати однорідними твердими тілами з характерними розмірами L і межею міцності $[\sigma]$. Механізм

взаємодії між прутками і ґрунтовими агрегатами в нульовому наближенні можна прийняти як кулонівське тертя, хоча в умовах значних частот коливань слід врахувати залежність сили тертя від швидкості.

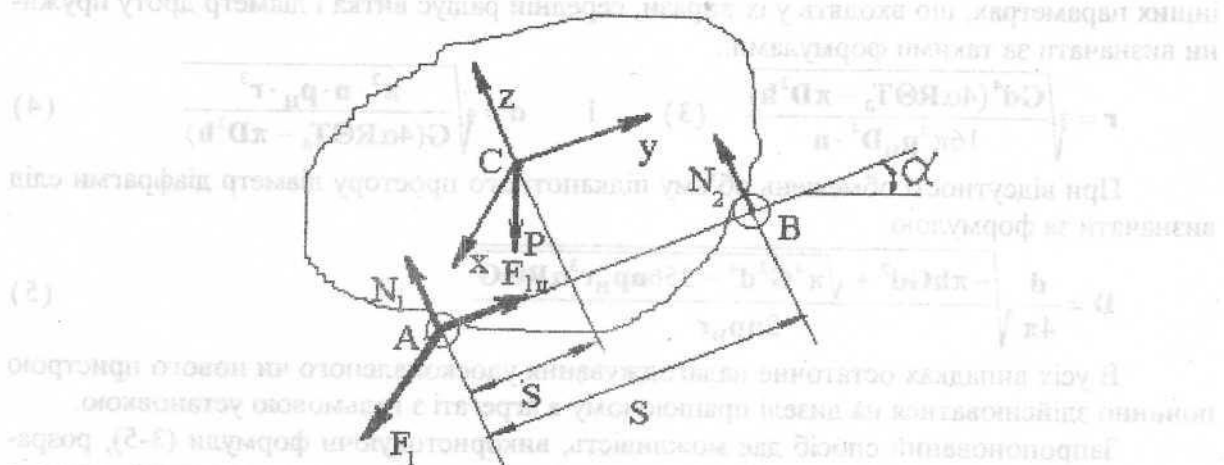


Рис.1. Розрахункова схема

Відстань між прутками вибираємо за умови не просівання середніх бульб і приймаємо рівним X_0 (по хорді). Розглядається взаємодія з грудками, які також не просіваються, тобто такі, для яких виконується умова $L > X_0$. Приймаємо також, що підкопуючі пристрої і попереднє транспортування відокремлюють бульбоносний шар від грудок, розміри яких перевищують $2X_0$ (великі глиби).

Розглянемо ґрунтовий макроагрегат з розмірами $2X_0 > L > X_0$, який знаходиться на двох прутках. Площина, що проходить через поздовжні паралельні осі, нахилена під кутом α до горизонту. Розглянемо спочатку випадок "грубих" прутків, тобто випадок, коли можна знехтувати поперечними коливаннями прутків. Введемо систему координат x, y, z , зв'язану з центром мас грудки в точці її початкового попадання на прутки C, направивши вісь Cx поздовж осі прутків, вісь Cy – перпендикулярно в площині, нахилений під кутом α до горизонту і вісь Cz – перпендикулярно (рис. 1). Вибираємо несиметричне розміщення грудки на прутках, тобто приймаємо, що в загальному випадку виконується умова $S > S_0$. Умова стійкості грудки на перекидання є $S > 0.5L \tan \alpha$. Запишемо динамічне рівняння повного руху грудки

$$m\ddot{\vec{r}} = m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{N}_2 + \vec{F}_{T1} + \vec{F}_{T2} \quad (1)$$

$$I\ddot{\phi} = F_{T1} * S + F_{T2} * (S_0 - S)$$

де m, I – маса і момент інерції грудки відносно осі z ;

N_1, N_2 – реакції прутків;

F_{T1}, F_{T2} – сили тертя;

F_1, F_2 – складові сил тертя поздовж осі x .

Проектуємо рівняння (1) на координатні осі:

Для проекції на вісь z маємо: $m\ddot{r}_z = m\ddot{r}_z + N_1 \cos \alpha + N_2 \cos \alpha - mg \cos \alpha$. Для проекції на вісь x маємо: $m\ddot{r}_x = m\ddot{r}_x + F_{T1} + F_{T2} - mg \sin \alpha$. Для проекції на вісь y маємо: $m\ddot{r}_y = m\ddot{r}_y$. Для проекції на вісь ϕ маємо: $I\ddot{\phi} = F_{T1} * S + F_{T2} * (S_0 - S)$.

$$\begin{cases} m\ddot{x} = F_1 - F_2 \\ m\ddot{y} = -mg \sin \alpha + N_1 \sin \alpha + N_2 \sin \alpha + F_{1y} + F_{2y} \\ 0 = -mg \cos \alpha + N_1 \cos \alpha + N_2 \cos \alpha \\ I\ddot{\phi} = F_1 S + F_2 (S_0 - S) \end{cases} \quad (2)$$

Вважаючи, що тертя сухе, приймаємо коефіцієнти тертя K_x і K_y . Тоді із рівнянь (2) знаходимо

$$\begin{aligned} N_1 + N_2 &= mg \cos \alpha \\ y &= -\frac{g(\sin \alpha - k_y^k \cos \alpha)t^2}{2} \end{aligned} \quad (3)$$

Вираз $y(t)$ одержаний за умови початкових умов і являє собою рівняння рівноприскореного руху (за умови $tg \alpha > K_y$). В тому випадку, коли порушується умова рівноваги грудки ($S < 0,5Ltg \alpha$), слід розглянути обертання грудки навколо нижнього прутка.

Для визначення N_1, N_2 в стійкому стані використовуємо принцип можливих переміщень. Надамо можливого переміщення $\delta \zeta$ точці B і складемо рівняння віртуальних робіт

$$N_2 \delta \zeta - P \delta \zeta_1 \cos \alpha = 0 \quad (4)$$

Потужність переміщень дозволяє одержати

$$N_2 = P \left(\frac{S}{S_0} - \frac{L}{2S_0} tg \alpha \right) \cos \alpha \quad (5)$$

$$N_1 = P \cos \alpha - N_2 = P \left(1 - \frac{S}{S_0} - \frac{L}{2S_0} tg \alpha \right) \cos \alpha$$

Підставивши одержані вирази в перше і третє рівняння і вводячи ступінчасту функцію, відповідальну за антипаралельний рух прутків, одержимо

$$\begin{cases} \ddot{x} = k_x g \left(1 - \frac{S}{S_0} - \frac{L}{2x_0} tg \alpha \right) \cos \alpha f_1(f) - k_x g \left(\frac{S}{S_0} - \frac{L}{2S_0} \right) \cos \alpha f_2(t) \\ I\ddot{\phi} = k_x mg \left(\left(1 - \frac{S}{S_0} - \frac{L}{2S_0} tg \alpha \right) S \cos \alpha f_1(t) \right) + k_x mg (S - S_0)^* \\ * \left(\frac{S}{S_0} - \frac{L}{2S_0} tg \alpha \right) \cos \alpha f_2(t) \end{cases} \quad (6)$$

Вигляд $f_i(t)$ приведено на рис. 3

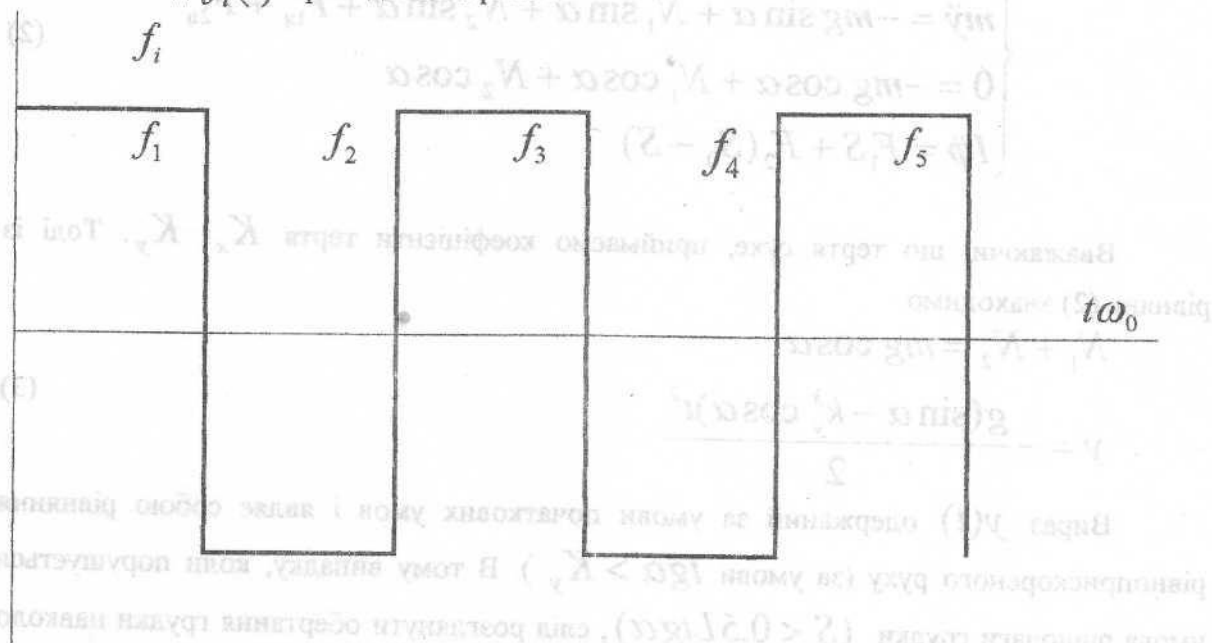


Рис. 2. Функції вібрації

Для подальшого розв'язання рівнянь (6) приймаємо початкові нульові умови, а також розкладемо функцію $f_i(t)$ в ряд Фур'є по синусах кратних дуг:

$$f_1(t) = \frac{4}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k} \sin k\omega t$$

$$f_{21}(t) = \frac{4}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k} \sin k\omega t \quad (7)$$

$$k = 2n + 1,$$

$$n = 0, 1, 2, \dots$$

Одержимо
$$\begin{cases} \ddot{x} = x_0 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k} \sin k\omega t \\ \ddot{\phi} = \Phi_0 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k} \sin k\omega t \end{cases} \quad (8)$$

$$x_0 = \frac{4k_x g}{\pi} \left(1 - \frac{L}{S_0} \tan \alpha \right) \cos \alpha \quad (9)$$

$$\Phi_0 = \frac{2k_x mgL}{\pi I_x} \left(1 - \frac{S}{S_0} \right) \sin \alpha \quad (10)$$

$$\dot{x} = -x_0 \omega^{-1} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2} \cos k\omega t + x_0 \omega^{-1} \frac{\pi}{6} \quad (11)$$

$$x = -x_0 \omega^{-2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^3} \sin k\omega t + x_0 \omega^{-1} \frac{\pi^2}{6} + x_0 \quad (12)$$

$$\dot{\varphi} = -\Phi_0 \omega^{-1} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2} \cos k\omega t + \Phi_0 \omega^{-1} \frac{\pi^2}{6} \quad (13)$$

$$\varphi = -\Phi_0 \omega^{-2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^3} \sin k\omega t + \Phi_0 \omega^{-1} \frac{\pi}{6} t + \varphi_0 \quad (14)$$

Із виразів (9)...(14) можна зробити такі висновки:

Амплітуда коливного руху грудки поздовж прутків пропорційна ω^{-2} . Для того, щоб рух поздовж x можна використовувати для кришення, частота ω не повинна бути великою.

Амплітуда не залежить від симетрії розміщення грудки на прутках.

Грудки, розміщені на верхній частині барабану, виконують більш інтенсивні коливання, ніж ті, які розміщені на бокових, але тих, що не втратили рівновагу.

На верхній частині барабану обертальний рух відсутній, але він суттєвий на бокових частинах.

Амплітуда обертального руху залежить від симетричності розміщення грудок на прутках.

На верхніх ділянках барабану ($\alpha \approx 0$) всі грудки виконують однаковий рух, втрачається залежність від L .

З'являється постійна складова швидкості, направлена поздовж осі x , якщо $S_0 > Ltga$ і в протилежну сторону, якщо $S_0 < Ltga$.

На бокових ділянках з'являється рівномірне обертання грудок.

Науково-виробниче видання

АГРАРНА НАУКА – СЕЛУ

Науковий збірник

Випуск 7

За редакцією кандидата технічних наук, професора, академіка Міжнародної Академії наук екології та безпеки життєдіяльності, Заслуженого працівника народної освіти України, ректора академії **М.І.Самокиша**.

Аграрна наука – селу . Вип. 7 / за ред. Самокиша М. І. – Кам'янець-Подільський, 1999. – 1–276, табл., рис.

ISBN 5-7757-0062-X

У збірнику наукових праць надруковані результати досліджень вчених академії та інших наукових установ з питань агроекології, землеробства, раціонального використання органічних та мінеральних добрив, удосконалення технологій вирощування польових, кормових і овочевих культур, ефективного використання сільськогосподарської техніки та засобів захисту рослин.

Вагоме місце в науковому збірнику займають результати досліджень з питань годівлі сільськогосподарських тварин, створення нових типів великої рогатої худоби, свиней і овець, раціонального використання продукції тваринництва та підвищення її продуктивності. Наведені приклади профілактики та лікування тварин.

Висвітлюються також питання економічних взаємовідносин на селі, реформування земельних відносин, розвиток майнових та інтеграційних відносин, ціноутворення в системі аграрної політики.

Наукове видання розраховане на наукових співробітників, аспірантів і магістрів, керівників і спеціалістів АПК, фермерів і студентів сільськогосподарських навчальних закладів.

УДК 63.001

© Подільська державна аграрно-технічна академія, 1999

32300, Україна, м. Кам'янець-Подільський Хмельницької області, вул. Шевченка, 13.

Відповідальний за випуск **М. І. Бахмат**.

Редактор **Т. В. Дужак**

Підписано до друку 14.05.99. Формат 60х84/8. Папір офсетний. Друк офсетний. Ум.друк.арк. 32,085.
Гарнітура Таймс. Тираж 300. Замовлення №19.

Макет підготовлено лабораторією тиражування і копіювання ПДАТА.
32300, Україна, м. Кам'янець-Подільський Хмельницької області, вул. Шевченка, 13.

Друк ТзОВ "АБЕТКА", 32300, м. Кам'янець-Подільський, вул. Л. України, 31; а/с 83, тел. (03849) 2-73-84.
Свідоцтво №131 від 17.10.97.

Самокиш Михайло Іванович — кандидат технічних наук, професор, академік Міжнародної Академії наук екології і безпеки життєдіяльності, Заслужений працівник народної освіти України, ректор академії (голова)

Сільськогосподарські науки

Бахмат Микола Іванович — доктор с.-г. наук, професор, академік МАНЕБ, проректор з наукової роботи академії (заступник голови)

Гончарук Олександр Васильович — доктор с.-г. наук, професор, академік МАНЕБ і Національної Академії наук Молдови (заступник голови)

Алексєєва Олена Семенівна — доктор с.-г. наук, професор, академік АН ВШ України, заслужений діяч науки і техніки України, завідувач кафедри рослинництва і селекції академії

Якименко Анатолій Семенович — доктор с.-г. наук, професор, завідувач кафедри загального землеробства академії

Ковтуник Іван Миколайович — доктор с.-г. наук, професор кафедри рослинництва та селекції академії

Ветеринарні науки

Цвігун Анатолій Тимофійович — доктор с.-г. наук, професор, зав. кафедри годівлі с.-г. тварин академії

Яблонський Валентин Андрійович — доктор біологічних наук, професор, член-кореспондент УААН, академік АН ВШ України, заслужений діяч науки і техніки України, завідувач кафедри ветеринарного акушерства і хірургії академії

Левченко Володимир Іванович — доктор ветеринарних наук, професор, академік УААН, завідувач кафедри внутрішніх незаразних хвороб Білоцерківського аграрного університету

Юрченко Василь Климентійович — доктор с.-г. наук, професор, завідувач кафедри фізіології с.-г. тварин Вінницького державного с.-г. інституту

Скибіцький Володимир Юрійович — доктор ветеринарних наук, професор, завідувач кафедри мікробіології та вірусології НАУ

Економічні науки

Доманчук Дмитро Потапович — доктор економічних наук, професор, академік ААО Росії, зав. кафедри організації с.-г. виробництва академії

Лотоцький Іван Іванович — доктор економічних наук, професор кафедри економіки сільського господарства академії

Яремчук Іван Григорович — доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економіки природокористування і управління Тернопільської академії народного господарства

Дем'яненко Микола Якович — доктор економічних наук, професор, член-кореспондент УААН, заступник директора інституту аграрної економіки УААН

Лупенко Юрій Олексійович — доктор економічних наук, професор, заступник керівника Управління економічної і соціальної політики Адміністрації Президента України

Технічні науки

Водяник Іван Іванович — доктор технічних наук, професор, академік ААО Росії, зав. кафедри тракторів та автомобілів академії

Гаркавий Анатолій Дмитрович — доктор технічних наук, завідувач лабораторією механізації інституту кормів УААН, м. Вінниця

Гріта Ярослав Володимирович — доктор технічних наук, ректор комерційного економічно-правничого інституту, м. Чернівці

Анісімов Віктор Федорович — доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри тракторів і автомобілів Вінницького державного сільськогосподарського інституту

Василенко Ігор Іванович — доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології металів Львівського державного аграрного університету

РОЗДІЛ II. МЕХАНІЗАЦІЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

- Камишилов В.Г., кандидат технічних наук, доцент,
Камишилова Л.Ф., кандидат технічних наук, старший викладач
ПРО МОЖЛИВІСТЬ НЕВРАХУВАННЯ ВПЛИВУ ВНУТРІШНЬОГО
ЗВОРОТНЬОГО ЗВ'ЯЗКУ ПО ЕРС ДВИГУНА 151
- Андреев О. А., кандидат фіз.-мат. наук, доцент,
Ткачук В. С., асистент
ДИНАМІКА КРИШЕННЯ ҐРУНТОВИХ МАКРОАГРЕГАТІВ
ІМПУЛЬСНИМ ВИСОКОЧАСТОТНИМ ВПЛИВОМ 155
- Понеділок В.Ф., доцент,
Кримський В.П., старший викладач,
Божок А.М., старший викладач
РЕЗЕРВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МТА
ПРИ ВИКОНАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ОПЕРАЦІЙ 158
- Божок А.М., старший викладач,
Клевцов М.М., асистент,
Понеділок В.Ф., доцент
УДОСКОНАЛЕННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЗАХИСТУ ДИЗЕЛЯ
ТРАКТОРА МТЗ-80 ПО РОЗРІДЖЕННЮ НА ВСМОКТУВАННІ 162
- Ткачук В.С., асистент
ДИНАМІКА ҐРУНТОВИХ МАКРОАГРЕГАТІВ НА ПРУЖНИХ
СТЕРЖНЯХ, ЩО КОЛИВАЮТЬСЯ АНТИПАРАЛЕЛЬНО 165
- Клевцов М.М., асистент,
Божок А.М., старший викладач
ДОСЛІДЖЕННЯ САРЧ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ ІЗ ЗНИКАЮЧИМ
ІМПУЛЬСОМ ПО ПРИСКОРЕННЮ 168

РОЗДІЛ III. ЗООІНЖЕНЕРІЯ ТА ВЕТЕРИНАРНА МЕДИЦИНА

- Цвігун А.Т., доктор с.-г. наук, професор,
Повозніков М.Г., кандидат с.-г. наук, доцент,
Блюсюк С.М., аспірант
ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТРЕБИ МОЛОДНЯКА ХУДОБИ
М'ЯСНИХ ПОРІД В ОБМІННІЙ ЕНЕРГІЇ І СУХІЙ РЕЧОВИНІ 173
- Вудмаска В.Ю., доктор с.-г. наук, професор,
Омельяненко Д.І., аспірант,
Зубок Н.М., кандидат біологічних наук
ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ
АМОНІЙНИХ СОЛЕЙ ПРИ ВІДГОДІВЛІ ХУДОБИ 174
- Повозніков М.Г., кандидат с.-г. наук, доцент,
Цвігун А.Т., доктор с.-г. наук, професор,
Блюсюк С.М., аспірант
ОСОБЛИВОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЖИВЛЕННЯ МОЛОДНЯКА
М'ЯСНОЇ ХУДОБИ 177