

УДК 66:621.8:62–75

**Ю.В. Човнюк, доц., канд. техн. наук**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна*

**Л.А. Дяченко, канд. техн. наук**

*ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут», м. Ніжин, Україна,  
lubaand@ukr.net*

## Нові напрямки розвитку сільськогосподарського машинобудування, заснованого на хвильових та віброхвильових принципах

Розглянуті нові напрямки розвитку машин сільськогосподарського призначення, які засновані на хвильових та віброхвильових принципах. У якості кількох ведучих вузлів таких машин можуть бути обрані мехатронні системи.

**нові напрямки, розвиток, сільськогосподарське машинобудування, хвилі, віброхвильові принципи**

**Ю.В. Човнюк, доц., канд. техн. наук**

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, Украина*

**Л.А. Дяченко, канд. техн. наук**

*ОП НУБіП Украины «Нежинский агротехнический институт», г. Нежин, Украина*

**Новые направления развития сельскохозяйственного машиностроения, основанного на волновых и виброволновых принципах**

Рассмотрены новые направления развития машин сельскохозяйственного назначения, которые основаны на волновых и виброволновых принципах. В качестве нескольких ведущих узлов таких машин могут быть выбраны мехатронные системы.

**новые направления, развитие, сельскохозяйственное машиностроение, волны, виброволновые принципы**

**Постановка проблеми.** Одним з можливих підходів до сучасних технологічних процесів (ТП) у обробці сільськогосподарської сировини (зерно, насіння, горох та ін.), котрі забезпечили б збільшення випуску напівфабрикатів із одночасним підвищенням їх якості, а також при її транспортуванні, є розробка і створення інтегральних технологій із застосуванням машин з м'якими, деформованими, неметалевими, гнучкими робочими органами (НГРО), які працюють на хвильових, вібраційно-хвильових принципах. Коротко це можна сформулювати у вигляді трьох напрямків, які реалізують створення принципово нових сільськогосподарських машин.

1. Розробка і створення інтегральних технологічних процесів із сумісним протіканням ряду технологічних операцій у одній машині та об'єднання їх з операцією транспортування.

2. Розробка сільськогосподарських машин, які відрізняються тим від відомих, що з метою збереження біологічної цінності сільськогосподарської сировини при переробці і сумісництві ряду технологічних операцій, робочі органи таких машин виготовляються з м'якого неметалевого матеріалу (наприклад, полімерів і біополімерів) у формі емкості або каналу і забезпечуються механізмами деформації робочого органу, котрі керовані

джерелами хвильового і вібраційного впливу за допомогою ПЕОМ чи програмного пристрою. Механізми деформації робочого органу кінематично зв'язані з ним і розміщені таким чином, щоб надати йому необхідної геометричної форми, яка реалізує хвильовий, віброхвильовий принципи взаємодії робочого органу з оброблюваною сировиною.

3. Розробка принципів узгодження роботи сільськогосподарських машин, які відрізняються від відомих тим, що з метою надання машині нових або універсальних можливостей, спрощення її переналагодження на нові режими і узгодження її роботи з іншими машинами, узгодження роботи у часі і просторі проводиться не на механічному, а на більш високих рівнях, наприклад, електричному або електронному. Третій напрямок є невід'ємною частиною 2-го.

Запропоновані нові принципи узгодження роботи машин у найбільш широкому сенсі цього слова представляють собою для сільськогосподарського машинобудування основу найбільш природного і органічного методу розробки надійних та сумісних машин, як при їх сумісній роботі у єдиній технологічній лінії чи різноманітних технологічних лініях, так й при переході на нові технологічні режими. Машини з такими якостями відносяться до машин нового покоління, у котрих механіка, крім системи управління та регулювання у звичайному сенсі, підкріплена «інтелектом» у вигляді ПЕОМ з відповідним програмним забезпеченням. Подібне сполучення якостей відносить ці машини до нової або достатньо молоді зараз науки – мехатроніки. Напрямки 1 – 3 з 1980 р. знайшли втілення у ряді технологій і машин [1, 2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Застосування чисто хвильового принципу (створення біжучої хвилі у середовищі) виявляється малоефективним для організації ряду технологічних процесів чи операцій з в'язкопластичними середовищами у обробці сільськогосподарської сировини та матеріалів. Для здолання зазначених труднощів було запропоновано використати ефект перетворення в'язкопластичного опору у в'язкий. Ефект спостерігається у випадку, якщо тілу, що рухається у в'язкопластичному середовищі, надати додатково переміщення, яке утворює деякий кут з основним (робочим) напрямком руху [1, 3].

Сутність цього ефекту можна проілюструвати на прикладі руху прямокутної пластини площею  $S$ , котра здійснює переміщення вздовж поверхні прошарку в'язкопластичного середовища за напрямком направляючих. Швидкість переміщення пластини вздовж направляючих –  $\vec{V}$ , швидкість переміщення в'язкопластичного середовища відносно пластини –  $\vec{U}$ . У цьому випадку тензор швидкостей деформації має дві компоненти:

$$\frac{\partial V_x}{\partial z} = \frac{V}{h}, \quad \frac{\partial V_y}{\partial z} = -\frac{U}{h}.$$

Дотичне напруження у прошарку представляє собою вектор з проекціями  $\tau_{zx}$  та  $\tau_{zy}$ . Згідно закону Шведова-Бінгама, цей вектор може бути записаний у виді:

$$\tau = \bar{\tau}_0 + \mu \frac{\partial \vec{V}}{\partial n}, \quad (1)$$

де  $\bar{\tau}_0$  – вектор граничного напруження зсуву;

$\mu$  – пластична або динамічна в'язкість;

$\frac{\partial \vec{V}}{\partial n}$  – вектор швидкості деформації у напрямку нормалі  $\vec{n}$  до площини зсуву.

Оскільки знаки компонент векторів  $\vec{\tau}_0$  та  $\vec{\tau}$  залежать від знаків компонент вектору  $\frac{\partial \vec{V}}{\partial n}$ , тоді вектор  $\vec{\tau}_0$  можна подати у вигляді:

$$\vec{\tau}_0 = \frac{|\vec{\tau}_0|}{\left| \frac{\partial \vec{V}}{\partial n} \right|} \cdot \frac{\partial \vec{V}}{\partial n}. \quad (2)$$

У розглядуваному випадку з пластиною

$$\left| \frac{\partial \vec{V}}{\partial n} \right| = \sqrt{\left( \frac{\partial V_x}{\partial z} \right)^2 + \left( \frac{\partial V_y}{\partial z} \right)^2} = \frac{1}{h} \cdot \sqrt{V^2 + U^2}. \quad (3)$$

Тоді у відповідності з (1) – (3) проекції вектора мають вид:

$$\tau_{zx} = \frac{|\vec{\tau}_0| \cdot V}{\sqrt{V^2 + U^2}} + \mu \cdot \frac{V}{h}, \quad \tau_{zy} = \frac{|\vec{\tau}_0| \cdot U}{\sqrt{V^2 + U^2}} + \mu \cdot \frac{U}{h}. \quad (4)$$

У цитованих роботах [1 – 3] вказано на відмінність, котра спостерігається при розгляді течії в'язкопластичного середовища з однією та двома компонентами вектору швидкості деформації.

Якщо течія одновимірна, тоді  $\vec{U} = 0$  і вектор дотичного напруження має одну компоненту у відповідності з (4)

$$\vec{\tau}_{zx} = \vec{\tau} = \vec{\tau}_0 + \mu \cdot \left( \frac{\vec{V}}{h} \right), \quad (5)$$

котра визначається у відповідності з найпростішою формою закону (1).

Якщо течія плоска, тобто з'являються додатковий рух середовища відносно пластини зі швидкістю  $\vec{U} \neq 0$  і друга компонента швидкості деформації, то у цьому випадку вектори  $\vec{\tau}$  і  $\vec{\tau}_0$  розгортаються у площині зсуву за напрямком вектору  $\frac{\partial \vec{V}}{\partial n}$ , не змінюючи свої величини. При цьому проекція вектору  $\vec{\tau}_0$  у основному (робочому) напрямку зменшиться. Крім того, якщо при  $\vec{U} = 0$  пластина могла прийти у рух тільки при  $\tau \geq \tau_0$ , то при  $\vec{U} \neq 0$  вона починає рухатись вже при будь-якому значенні  $\tau_{zx} > 0$ . Отже, якісно змінюється характер сили опору руху пластини у заданому напрямку, тобто перетворюється з в'язкопластичного у майже в'язкий. Таким чином, при наданні тілу, яке рухається у в'язкопластичному середовищі, додаткового переміщення, яке створює з основним (робочим) деякий кут, змінюється величина і характер опору для тіла у цьому напрямку.

Ефект перетворення в'язкопластичного опору нагадує ефект перетворення сухого тертя [4].

У даній роботі у якості додаткового переміщення стосовно в'язкопластичних середовищ запропоновано використовувати як односпрямоване, так й різноспрямоване вібраційне переміщення. Вібраційному переміщенню перевага надається за технічними міркуваннями. При такому виборі додаткового переміщення НГРО технологічної машини для обробки сільськогосподарської продукції одночасно з основним (низької частоти) хвилеподібним або хвильовим рухом великої амплітуди набувають чинності і додаткові (високої частоти) коливні рухи малих амплітуд.

Таким чином, машини віброхвильового принципу дії включають у себе машини хвильового та перистальтичного принципів дії.

Для приведення НГРО у коливальний рух застосовуються відомі способи вібробудження: кінематичний, динамічний, параметричний, автоколивальний.

Найбільше розповсюдження зараз набули перші два способи.

**Постановка завдання.** Мета даної роботи полягає у встановленні параметрів хвилеподібного руху низької частоти НГРО, який реалізується за одним із наведених нижче способів хвилеутворень. При цьому останні засновані на аналізі руху хвиль деформації по поверхні НГРО.

**Виклад основного матеріалу.** У основу аналізу руху хвиль деформації по поверхні НГРО покладені наступні основні припущення: форма і величина поверхні хвилі деформації, а також об'єм простору, який вона обмежує, є величинами постійними.

Цю умову можна пояснити прикладом. Уявімо собі тверде тіло, наприклад, півкулю, котра лежить на поверхні столу.

Накриємо її м'якою і щільною прилеглою (до півкулі) тканиною. У місці, де лежить тіло, тканина хвилеподібно деформується. Утворена таким чином на тканині хвиля деформації має форму і величину поверхні, а також об'єм простору, який нею обмежений, такими, що відповідають охопленому твердому тілу. При переміщенні тіла вздовж столу хвиля деформації буде рухатись по поверхні тканини без зміни своєї форми, величини поверхні і об'єму простору, який нею обмежений.

Для вивчення руху таких хвиль деформації НГРО слід ввести рухому та нерухому системи координат відповідно  $O_1, x_1, y_1, z_1$  та  $O, x, y, z$ . Поверхня хвилі задається рівнянням у рухомих координатах:

$$z_1 = f_1(x_1, y_1), \quad (6)$$

де  $y_1 = f_2(x_1)$ ,  $(x_1, y_1)$  – область визначення  $z_1$  (рис. 1, а). Зв'язок координат у системах  $O, x, y, z$  та  $O_1, x_1, y_1, z_1$  наступна:

$$\begin{cases} x = a + x_1 \cos \alpha_1 + y_1 \cos \alpha_2 + z_1 \cos \alpha_3, \\ y = b + x_1 \cos \beta_1 + y_1 \cos \beta_2 + z_1 \cos \beta_3, \\ z = c + x_1 \cos \gamma_1 + y_1 \cos \gamma_2 + z_1 \cos \gamma_3. \end{cases} \quad (7)$$

У розглядуваному випадку  $a, b, c, \alpha_i, \beta_i, \gamma_i (i=1,2,3)$  є функціями часу у загальному випадку. Розглянемо приклади деяких видів рухів хвиль деформації по поверхні НГРО і залежності для визначення їх форм і кінематичних параметрів.

*А. Поступальний прямолінійний рух хвилі на площині  $O, x, y$  (рис. 1, б).*

Для хвилі довільної форми (6) (див. рис. 1, б, ліва частина) при  $a = c = 0$ ,  $b = V_y \cdot t$ :

$$\begin{cases} x = x_1, \quad V_x = 0, \quad a_x = 0, \\ y = y_1 + V_y \cdot t, \quad V_y = V_y, \quad a_y = \dot{V}_y, \\ z = z_1, \quad V_z = 0, \quad a_z = 0. \end{cases} \quad (8)$$

Для циліндричних хвиль (див. рис. 1, б, права частина) розглядається рух перерізу хвилі (див. рис. 1, б, виділено). Переріз хвилі представляє собою плоску хвилю на  $O, y, z$ .

Для одиничної плоскої хвилі, наприклад  $z_1 = -(y_1 - 1)^2 + 1$ ,  $y_1 - \in [0, 2]$  котра рухається на відріжку  $[0, L]$  зі швидкістю  $V_y$  (рис. 1, в),

$$\begin{cases} y = y_1 + V_y \cdot t, \quad V_y = V_y, \quad a_y = \dot{V}_y, \\ z = z_1, \quad V_z = 0, \quad a_z = 0. \end{cases} \quad (9)$$

Час руху одиничної хвилі на відрізку  $[0, L]$

$$T = \frac{L}{V_y}. \quad (10)$$

Якщо хвилі повторюються через час  $T$ , тоді  $T$  назвемо періодом руху хвилі, а величину

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{V_y}{L}. \quad (11)$$

частотою руху хвиль.

Якщо на  $[0, L]$  задається група одиничних хвиль, тоді можна вважати їх за одну одиничну хвилю складної форми і аналізувати так само, як у прикладі. Слово «одинична» стосовно до хвилі складної форми підкреслює, що хвилі у ґрунті можуть бути як однакові, так і різні, відстані між ними у ґрунті можуть бути як однаковими так і різними.

Наступний приклад, коли група хвиль на  $(-\infty, +\infty)$  задається у системі  $O_1, x_1, y_1, z_1$ , функцією  $z_1 = f(y_1)$ , періодичною по  $y_1$ . У цьому випадку при русі групи хвиль відносно  $O, y, z$  функція  $z_1 = f(y_1)$  стає періодичною по часу. У цьому випадку можна казати не про групу хвиль, а просто про рух хвиль. Це можна подати у вигляді нескінченного «гребінця», котрий рухається вздовж вісі з певною швидкістю. Для групи хвиль  $z_1 = 1 - \cos y_1$ ,  $y_1 \in (-\infty, +\infty)$ , котра рухається на  $[0, L]$  зі швидкістю  $V_y$  (див. рис. 1, г),

$$\begin{cases} y = y_1 + V_y \cdot t, & V_y = V_y, & a_y = \dot{V}_y, \\ z = z_1, & V_z = 0, & a_z = 0. \end{cases} \quad (12)$$

Аналогічно попередньому прикладу час проходження  $[0, L]$  групою хвиль

$$T_1 = \frac{L}{V_y}. \quad (13)$$

Якщо на  $[0, L]$  вміщується  $n = \frac{L}{\lambda}$  одиничних хвиль довжини  $\lambda$ , тоді умовний час проходження однією хвилею дорівнює

$$T = \frac{T_1}{n} = \frac{\lambda}{V_y}. \quad (14)$$

Звідси отримуємо відомий вираз для фазової швидкості хвилі

$$V_y = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot \nu. \quad (15)$$

Після підстановки  $T = \frac{2\pi}{\omega}$  у (15) отримуємо залежність між  $V_y$  та  $\omega$ :

$$\omega = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot V_y. \quad (16)$$

Таким чином, при русі нескінченної хвилі вздовж вісі  $O, y$  маємо періодичну по часу хвилю. Ця властивість у подальшому буде представлена одним зі способів хвилеутворення. Вона свідчить про те, що хвилі на поверхні НГРО можна утворювати не тільки при поступальному русі відносно його постійної форми або шаблону хвилі, але і при обертальному русі відповідного шаблону хвилі.

*Б. Поступальний криволінійний рух хвилі на  $O, x, y$ .*

У цьому випадку системи  $O, x, y, z$  та  $O_1, x_1, y_1, z_1$  залишаються паралельними одна одній й у рівнянні хвилі  $a = a(t)$ ,  $b = b(t)$ . Наприклад, при русі одиничної довільної хвилі (6) при  $a = r \cdot \cos \omega t$ ,  $b = r \cdot \sin \omega t$ :

$$\begin{cases} x = r \cdot \cos \omega t + x_1, & V_x = -\omega r \cdot \sin \omega t, & a_x = -\omega^2 r \cdot \cos \omega t, \\ y = r \cdot \sin \omega t + y_1, & V_y = \omega r \cdot \cos \omega t, & a_y = -\omega^2 r \cdot \sin \omega t, \\ z = z_1, & V_z = 0, & a_z = 0. \end{cases} \quad (17)$$

Тут хвиля рухається з періодом  $T = \frac{2\pi}{\omega}$  і частотою  $\nu = \frac{\omega}{2\pi}$ . Траєкторії точок поверхні хвилі – кола.

*В. Обертальний рух хвилі навколо вісі  $O, z$ , який співпадає з віссю  $O_1, z_1$ .*

Для довільної хвилі (6), котра обертається навколо  $O, z$  з кутовою швидкістю  $\omega$  (див. рис. 1, д)

$$\begin{cases} x = x_1 \cdot \cos \omega t - y_1 \cdot \sin \omega t, & V_x = -\omega \cdot (x_1 \cdot \sin \omega t + y_1 \cdot \cos \omega t), \\ y = x_1 \cdot \sin \omega t + y_1 \cdot \cos \omega t, & V_y = \omega \cdot (x_1 \cdot \cos \omega t - y_1 \cdot \sin \omega t), \\ z = z_1, \\ a_x = -\omega^2 \cdot (x_1 \cdot \cos \omega t - y_1 \cdot \sin \omega t), & a_y = -\omega^2 \cdot (x_1 \cdot \sin \omega t + y_1 \cdot \cos \omega t), & a_z = 0. \end{cases} \quad (18)$$

Для обертального руху так само, як і для поступального, великий практичний інтерес представляють циліндричні хвилі. Їх вивчення проводиться подібно поступальним хвилям.

*Г. Обертальний рух хвилі навколо вісі  $O, z$ , яка не співпадає з віссю  $O_1, z_1$  при  $O, z \parallel O_1, z_1$ .*

Для довільної хвилі (6), котра обертається навколо вісей  $O, z$  та  $O_1, z_1$ , з кутовою швидкістю  $\omega$  (див. рис. 1, е)

$$\begin{cases} x = r \cdot \cos \omega t + x_1 \cdot \cos \omega t - y_1 \cdot \sin \omega t, & y = r \cdot \sin \omega t + x_1 \cdot \sin \omega t + y_1 \cdot \cos \omega t, & z = z_1, \\ V_x = -\omega \cdot (r \cdot \sin \omega t + x_1 \cdot \sin \omega t + y_1 \cdot \cos \omega t), & V_y = \omega \cdot (r \cdot \cos \omega t + x_1 \cdot \cos \omega t - y_1 \cdot \sin \omega t), & V_z = 0, \\ a_x = -\omega^2 \cdot (r \cdot \cos \omega t + x_1 \cdot \cos \omega t - y_1 \cdot \sin \omega t), & a_y = -\omega^2 \cdot (r \cdot \sin \omega t + x_1 \cdot \sin \omega t + y_1 \cdot \cos \omega t), & a_z = 0. \end{cases} \quad (19)$$

*Д. Плоский рух хвилі на  $O, x, y$  при  $O, z \parallel O_1, z_1$*

Цей вид руху хвилі є сукупністю поступального і обертального рухів, тому можна використати попередні результати:

$$\begin{cases} x = a(t) + x_1 \cdot \cos \alpha(t) - y_1 \cdot \sin \alpha(t), & y = b(t) + x_1 \cdot \sin \alpha(t) + y_1 \cdot \cos \alpha(t), & z = z_1, \\ V_x = \dot{a}(t) + \dot{\alpha}(t) \cdot x_1 \cdot \sin \alpha(t) - \dot{\alpha}(t) \cdot y_1 \cdot \cos \alpha(t), \\ V_y = \dot{b}(t) + \dot{\alpha}(t) \cdot x_1 \cdot \cos \alpha(t) - \dot{\alpha}(t) \cdot y_1 \cdot \sin \alpha(t), & V_z = 0, \\ a_x = \ddot{a}(t) - x_1 \cdot [\ddot{\alpha}(t) \cdot \sin \alpha(t) + \dot{\alpha}^2(t) \cdot \cos \alpha(t)] - y_1 \cdot [\ddot{\alpha}(t) \cdot \cos \alpha(t) - \dot{\alpha}^2(t) \cdot \sin \alpha(t)], \\ a_y = \ddot{b}(t) + x_1 \cdot [\ddot{\alpha}(t) \cdot \cos \alpha(t) - \dot{\alpha}^2(t) \cdot \sin \alpha(t)] - y_1 \cdot [\ddot{\alpha}(t) \cdot \sin \alpha(t) + \dot{\alpha}^2(t) \cdot \cos \alpha(t)], & a_z = 0. \end{cases} \quad (20)$$

*Е. Просторовий рух хвилі.*

У цьому випадку визначення кінематичних параметрів для довільних точок хвилі (6) слідує з рівностей (7), що досягається їх диференціюванням.

У якості прикладу можна навести цікавий для практичних застосувань випадок гвинтового руху хвилі по поверхні НГРО циліндричної форми:  $x^2 + y^2 = r^2$ . Для довільної хвилі (6), котра обертається з кутовою швидкістю  $\omega$  навколо  $O, z$ , яка



відстоїть від  $O_1, z_1$  на відстані  $x^2 + y^2 = r^2$  та  $O, z \| O_1, z_1$  і одночасно рухається впововж  $O, z$  з  $V = V_z$ ,

$$\begin{cases} x = r \cdot \cos \omega t + x_1 \cdot \cos \omega t - y_1 \cdot \sin \omega t, & y = r \cdot \sin \omega t + x_1 \cdot \sin \omega t + y_1 \cdot \cos \omega t, & z = V_z \cdot t + z_1, \\ V_x = -\omega \cdot (r \cdot \sin \omega t + x_1 \cdot \sin \omega t + y_1 \cdot \cos \omega t), & V_y = \omega \cdot (r \cdot \cos \omega t + x_1 \cdot \cos \omega t - y_1 \cdot \sin \omega t), & V_z = V_z, \\ a_x = -\omega^2 \cdot (r \cdot \cos \omega t + x_1 \cdot \cos \omega t - y_1 \cdot \sin \omega t), & a_y = -\omega^2 \cdot (r \cdot \sin \omega t + x_1 \cdot \sin \omega t + y_1 \cdot \cos \omega t), & a_z = 0. \end{cases} \quad (21)$$

Період й частоти руху хвилі визначаються наведеними рівностями.

На основі аналізу цих видів рухів хвиль були сформульовані способи хвилеутворення на НГРО. В усіх випадках хвилеутворення, тобто надання хвилі певної форми та організації її руху, проводиться кінематично.

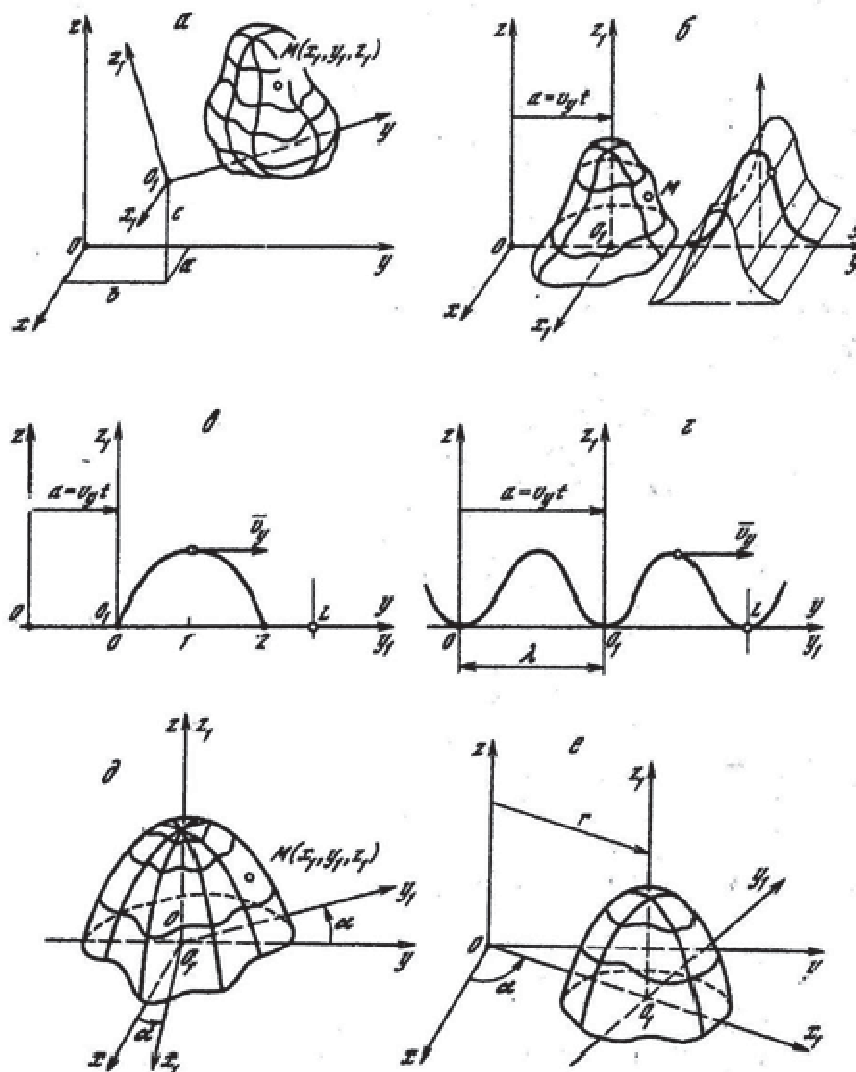
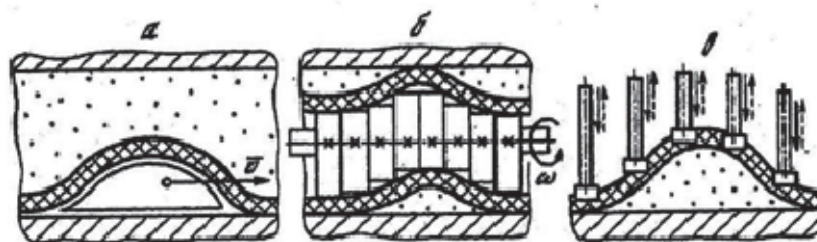


Рисунок 1 – Види хвиль деформації на поверхні непрямокутного гнучкого робочого органу технологічної машини для обробки сільськогосподарської сировини та матеріалів

Способи хвилеутворення наведені на рис.2.



а – поступальним шаблоном, б – обертальним шаблоном, в – початковою або локальною деформацією

Рисунок 2 – Кінематичні способи хвиле утворення

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** 1. При хвилеутворенні шаблонами (зовнішніми чи внутрішніми) вони приводяться у необхідний рух і створена ними хвиля чи хвилі починають рухатись. При локальному деформуванні НГРО може реалізуватись як постійний рух і форма хвилі, так і створюватись змінна форми і руху хвилі за допомогою управління. На відміну від жорстких шаблонів у даному способі є можливість перебудовувати процес хвилеутворення.

2. Наведені способи хвилеутворення дозволяють на НГРО технологічних машин для обробки сільськогосподарських матеріалів та сировини утворювати хвилі необхідних форм, напрямків, параметрів та тривалостей. Це дозволяє проводити у таких машинах різноманітні технологічні процеси обробки сільськогосподарських матеріалів як окремо кожного, так й у сукупності.

3. Отримані результати можуть бути використані для розробки конструктивної класифікації нового покоління сільськогосподарських машин з НГРО, які працюють на віброхвильових принципах.

4. Викладене вище дозволяє стверджувати наступне: сільськогосподарські машини з НГРО складають новий клас у теорії машин і механізмів і за своїми ознаками відносяться до об'єктів мехатроніки.

## Список літератури

1. Гноевой А. В. Применение вибрационно-волновых методов в мясной промышленности [Текст] / А. В. Гноевой, В. М. Чесноков // Мясная индустрия СССР. – 1985. – №9. – С.40 – 43.
2. Гноевой А. В. Машины с деформируемыми неметаллическими рабочими органами – основа интегральной технологии [Текст] / А. В. Гноевой // Молочная промышленность. – 1989. – №3. – С.10 – 14.
3. Гноевой А. В. Эффект преобразования вектора предельного напряжения сдвига в плоскости сдвига и его применение в пищевой промышленности [Текст] / А. В. Гноевой, В. М. Чесноков // Пути совершенствования технологических процессов и оборудования для производства, хранения и транспортировки продуктов питания: Тез. докл. Всесоюз. научн.-техн. конф. – М.: МТИММП, 1984. – С.197.
4. Жуковский Н. Е. Заметка о плоском расसेве [Текст] / Н. Е. Жуковский – Собрание сочинений. – М.: Л.: Гостехиздат, 1949. – Т.3. – 700с.

**Yuriy Chovniuk, Assos. Prof., PhD tech. sci.**

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine*

**Lyubov Dyachenko, PhD tech. sci.**

*Separated subdivision of NULES of Ukraine «Nizhin Agrotechnical Institute», Nizhin, Ukraine*

### **New directions of agricultural machinery based on the wave and vibo-wave principles**

The purpose of this study is to establish the parameters of the wave-like motion of low frequency of non-metallic flexible working bodies, which is implemented by one of the following to wave formation. At the same latest based on the analysis of deformation waves on the surface of non-metallic flexible working bodies.

New directions of development of machines for agricultural purposes, wich are based on the wave vibrationprinciples were considered. Mechatronic systems can be selected as several major sites such machines.



During the formation of wave patterns (external and internal) they are held in the required movement and wave or waves, created by them, begin to move. During local deformation of non-metallic flexible working can be realized as constant movement and shape of the waves and create forms and variable wave motion with the help of management. In contrast to the rigid patterns in this method it is possible to reconstruct the process of formation of wave.

The following methods of wave formation allow forming wave necessary forms, directions, parameters and durations on the non-metallic flexible working bodies of the technological machines for processing of agricultural raw materials. It allows for these machines to the different processes of processing of agricultural materials separately for each and collectively.

The obtained results can be used to develop a new generation of structural classification of agricultural machinery from nonmetallic flexible working bodies that operate on the principles of vibration wave.

The foregoing suggests the following: agricultural machinery non-metallic flexible working is a new class of the theory of machines and mechanisms and their characteristics are to objects mechatronics.

**New directions, development, agricultural machinery, waves, vibro-wave principles**

Одержано 05.11.15

**УДК 621.524**

**А.С. Гринченко, проф., д-р техн. наук, А.И. Алферов, доц., канд. техн. наук**  
*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко, г. Харьков, Украина, alfogor@i.ua*

## Теоретические модели функционирования и обеспечения механической надежности культиваторов с подпружиненными рабочими органами

Предложена модель автоколебаний, как основу динамической теории расчета обработки почвы вибрационными рабочими органами и приведена методика обеспечения их безотказности.  
**динамический расчет, безотказность, обработка почв**

**О.С. Гринченко, проф., д-р техн. наук, О.І. Алфьоров, доц., канд. техн. наук**  
*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, м.Харків, Україна*

**Теоретичні моделі функціонування та забезпечення механічної надійності культиваторів з пружними робочими органами**

Запропоновано модель автоколивань, як основу динамічної теорії розрахунку обробки ґрунту вібраційними робочими органами і наведено методику забезпечення їх безвідмовності.  
**динамічний розрахунок, безвідмовність, обробка ґрунту**

**Постановка проблемы.** В условиях роста потребления материальных и энергетических показателей чрезвычайно важен фактор уменьшения себестоимости выпускаемой сельскохозяйственной продукции. Процесс культивации необходим для получения высоких показателей урожайности сельскохозяйственных культур и является обязательной операцией в технологической цепочке предпосевных мероприятий по возделыванию почвы. Техническая обеспеченность данного процесса имеет широкий

---

© А.С. Гринченко, А.И. Алферов, 2015