

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР СПОСОБОМ ОБЧІСУВАННЯ КОЛОСКІВ НА КОРЕНІ

І. Іваненко,
УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого

Наведено результати теоретичних досліджень взаємодії дефлектора та зубів гребінок обчісувального барабана зернозбиральної машини зі стеблами і колосками та процесу транспортування гребінками - лопатями обчісувального барабана продуктів обчісування під час збирання зернових культур способом обчісування на корені. Виведено аналітичні залежності для визначення параметрів дефлектора та обчісувального барабана зернозбиральної машини.

Ключові слова: збирання зернових культур, вирівнювання колосків, обчісування на корені, обчісувальний барабан, транспортування продуктів обчісування.

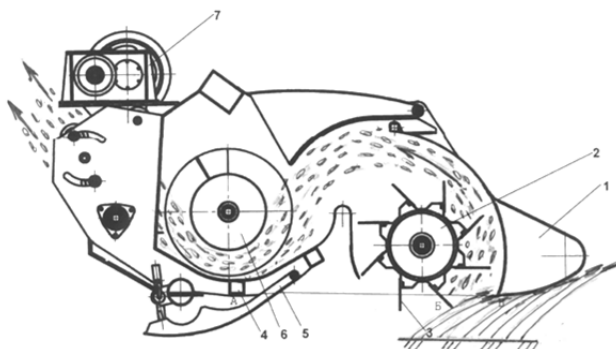
Суть проблеми. Спосіб збирання зернових, насінників трав, рису та інших культур з використанням обчісувальних жниварок на відміну від традиційних, коли зрізається і подається в молотарку комбайна вся хлібна маса з бур'янами, полягає в обчісуванні колосків або суцвіття рослин без зрізання стебла (рис. 1). Звичайний серійний комбайн, обладнаний обчісувальною жниваркою, менш енергоємний, його робочі органи не перевантажені соломом і працюють більш надійно, в тому числі у разі обмолоту забур'янених і перезволожених хлібів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При збиранні зернових культур шляхом їх обчісування на корені збиральної машини проводиться спочатку вирівнювання колосків стеблостою дефлектором в камеру обчісування, обчісування колосків зі стебел обчісувальним барабаном, а потім транспортування продуктів обчісування. Дослідження процесу обчісування стебел розглянуті в роботах [1-3], але результати дослідження комплексу операцій процесу збирання зернових культур способом обчісування нам не відомі.

Мета досліджень. Теоретично дослідити взаємодію дефлектора зі стеблостом, гребінок-лопатею обчісувального барабана, що обертається, з продуктами обчісування (колосками, зерном та інше) та подальше їх транспортування.

Результати досліджень. Машина для збирання зернових культур способом обчісування на корені [3] складається з наступних основних вузлів (рис. 1): дефлектора 1, барабана 2 з обчісувальними гребінками-лопатями 3,

рамної конструкції 4, лиж 5 для копіювання профілю поля, шнека 6 та приводу 7. Сформований зовнішньою поверхнею дефлектора 1 шар колосків попадає на обчисувальний барабан 2, що обертається. Обчесаний гребінками 3 зерновий ворох попадає на внутрішню поверхню дефлектора 1, а потім в приймальну камеру шнека 6, яким подається на подальшу переробку.



1 – дефлектор, 2 – обчисувальний барабан, 3 – обчисувальна гребінка, 4 – брус рамної конструкції машини, 5 – лижа для копіювання профілю поля, 6 – шнек, 7 – привід

Рисунок 1 – Схема обчисувальної зернозбиральної машини

Враховуючи досить великі швидкості руху пристрою під час збирання зернових способом обчисування (до 15 км/год), з метою зменшення втрат зерна необхідно віднайти оптимальну кривизну робочої поверхні дефлектора, який проводить вирівнювання колосків стеблостою перед камерою обчисування.

Виконаємо аналіз дії дефлектора на стебла з колосками, що підводяться до камери обчисування. Аналіз проведемо з такими припущеннями: а) при дії дефлектора на стебла останні чинять опір згину; б) згинаючись, стебло повертається навколо своєї основи, що закріплена в ґрунті [3].

В момент, коли стебло відігнулось на відстань a вперед в напрямку руху пристрою, відбувається дотик лінії **ABC** дефлектора з верхнім краєм колоска стебла, який в подальшому позначимо **К** (рис. 2). Для аналізу цього явища розглянемо швидкості та сили, що діють при взаємодії лінії **ABC** дефлектора на стебла з колосками. Точка **К** являє собою точку доторкання зі стеблом лінії **AB** дефлектора, що нахилена до горизонту під кутом α_n . Швидкість точки **К** дефлектора рівняється швидкості v_M руху машини.

З боку лінії **AB** на колосок в точці **К** діє нормальна сила тиску **N** перпендикулярно **AB** та сила тертя ковзання **F** вздовж лінії **AB**. Геометричним складанням цих сил одержимо рівнодіючу силу **R**, що відхилена від сили **N** на кут ϕ тертя ковзання дефлектора об колосок. Якщо вважати, що стебло

згинається (переміщується) в напрямку дії сили \mathbf{R} , то точка \mathbf{K} колоска буде переміщуватися в напрямку дії цієї сили зі швидкістю \mathbf{v}_K .

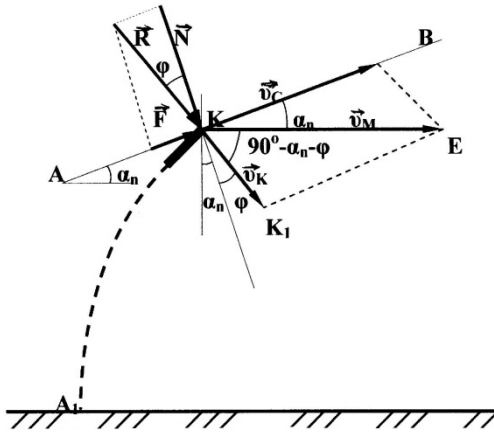


Рисунок 2 – Схема до аналізу дії дефлектора зернозбиральної машини для обчісування колосків на стебло, що пригинається

Для точки \mathbf{K} лінії \mathbf{AB} , що доторкається з точкою \mathbf{K} колоска, швидкість \mathbf{v}_K буде являти собою переносну швидкість. Відносно швидкості точки \mathbf{K} лінії \mathbf{AB} буде швидкість \mathbf{v}_C ковзання лінії \mathbf{AB} відносно колоска, а абсолютною швидкістю \mathbf{v}_a точки \mathbf{K} лінії \mathbf{AB} буде швидкість машини \mathbf{v}_M .

Визначимо залежність швидкостей \mathbf{v}_K та \mathbf{v}_C від швидкості \mathbf{v}_M і кутів α_n та φ . Для цього розглянемо трикутник $\mathbf{KK}_1\mathbf{E}$ (рис.2) і врахуємо, що швидкість \mathbf{v}_K відхилена від вертикалі на кут $\alpha_n + \varphi$. В трикутнику $\mathbf{KK}_1\mathbf{E}$ кут $\mathbf{K}_1\mathbf{EK}$ рівняється α_n , кут \mathbf{EKK}_1 дорівнює $90^\circ - \alpha_n - \varphi$, а кут $\mathbf{KK}_1\mathbf{E}$ рівняється $180^\circ - \alpha_n - (90^\circ - \alpha_n - \varphi) = 90^\circ + \varphi$. Тоді за теоремою синусів маємо, якщо врахувати, що швидкість \mathbf{v}_M - це вектор \mathbf{KE} , швидкість \mathbf{v}_K - це вектор $\mathbf{K}_1\mathbf{K}$, а швидкість \mathbf{v}_C - це лінія $\mathbf{K}_1\mathbf{E}$:

$$\frac{v_M}{\sin(90^\circ + \varphi)} = \frac{v_C}{\sin(90^\circ - \alpha_n - \varphi)} = \frac{v_K}{\sin \alpha_n}, \quad (1)$$

звідки

$$\left. \begin{aligned} v_C &= v_M \frac{\cos(\alpha_n + \varphi)}{\cos \varphi}; \\ v_K &= v_M \frac{\sin \alpha_n}{\cos \varphi}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Розглянемо обґрунтування до вибору параметрів дефлектора. Такими параметрами є кут α_n , висота встановлення дефлектора, його довжина, розміри окремих його частин. Крім того, необхідно визначити, з яких за

формою (прямолінійною або криволінійною) частин повинен складатися дефлектор. Вимоги до дефлектора встановлені наступні: він має пригинати стебла з колосками вперед до руху агрегату без втрат зерна та пошкоджень; необхідно, щоб габарити дефлектора були по можливості менші як по висоті, так і по довжині.

З наведеного вище аналізу роботи дефлекторів з прямолінійною і криволінійною формами їх робочих поверхонь видно, що прямолінійні дефлектори більш габаритні за довжиною, а криволінійні дефлектори менш габаритні. З іншого боку, прямолінійні дефлектори плавніше діють на стебла. Виходячи з цього, дефлектор необхідно виконати так, щоб в передній частині зробити його криволінійним, а в середній і задній частині – прямолінійним. Розрахункова схема такого дефлектора і можливе розміщення перед ним стебел з колосками показані на рисунку 3.

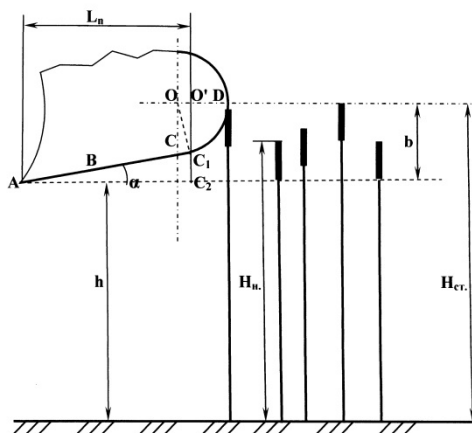


Рисунок 3 – Схема до розрахунку параметрів дефлектора

Аналізуючи вплив кута α_n на роботу прямолінійної частини дефлектора, бачимо, що чим менший кут α_n , тим плавніше діє дефлектор на стебла, тобто тим менші прискорення, швидкість і шлях пригинання вниз стебла за одиницю часу, а значить - тим менші сили інерції, що створюються на початку згину стебла, і менша небезпека руйнування колоска та втрат зерна. З іншого боку, надто зменшувати кут α_n не вигідно, тому, що виросте довжина L_n прямолінійної частини дефлектора (рис.3) і довжина машини. Зважаючи на це кут α_n повинен бути обмежений. Будемо вважати, що його значення знаходяться в межах від 15° до 25° . Відстань L_n також повинна бути обмежена, наприклад, в межах від 500 мм до 700 мм.

Висоту h встановлення нижньої точки A дефлектора над землею розраховують відносно стебла з найнижче розміщеним колоском і визначають за формулою :

$$h \approx H_n - l_k. \quad (3)$$

З іншого боку, висота h дорівнює:

$$h \approx H_{ст} - b, \quad (4)$$

де $H_{ст}$ - висота стеблостою, що визначається висотою найбільш довгих стебел;

b - висота зони розміщення колосків стебел (рис. 3).

Як видно з схеми (рис. 3), верхня межа висоти h з відомим наближенням знаходиться на рівні нижнього краю колоска найнизькорослішого стебла.

Висота центра O криволінійної частини дефлектора над горизонталлю, що співпадає з точкою A , дорівнює $C_2C_1 + C_1O'$, де C_2 - точка на горизонталі, що проходить через точку A ; C_1 - точка початку криволінійної частини дефлектора, а O' - точка перетину горизонталі, що проходить через центр O , з вертикаллю, що перетинає точку C_1 . Цій же сумі $C_2C_1 + C_1O'$ дорівнює і висота b . Відстань C_2C_1 дорівнює $L_n \operatorname{tg} \alpha_n$, а відстань C_1O' з деяким наближенням дорівнює радіусу $r = OC_1$ кривизни криволінійної частини дефлектора.

Із рівнянь $b \approx L_n \operatorname{tg} \alpha_n + r$ знаходимо необхідний радіус кривизни криволінійної частини дефлектора:

$$r \approx b - L_n \operatorname{tg} \alpha_n. \quad (5)$$

Виконуючи розрахунки за наведеними формулами, бажано досягти, щоб радіус r за своєю величиною знаходився в межах від $0,3L_n$ до $0,5L_n$.

На відокремлення зерна від стебла має великий вплив напрям сил, що діють на суцвіття. Розглянемо варіант технологічної дії на рослини робочих органів однобарабанної конструкції, що обертаються. На рис.4 представлена схема барабана, що обертається, з плоскими лопатями, встановленими нерадіально.

На схемі показано барабан з вісьмома лопатями. Лопаті в кінцевих своїх частинах містять обчисувальні зуби. Лінія DE лопаті проходить на відстані OE від осі O обертання, яке позначимо e (тобто $OE = e$). На початку обчисування лінія A_1DK є прямою, а кут її нахилу до землі менше 90° . Позначимо цей кут θ (рис. 4) і зобразимо це явище на кресленні в збільшеному вигляді.

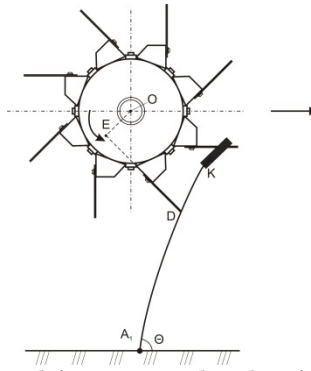


Рисунок 4 – Схема обчисувального барабана і положення стебла з колоском перед обчисуванням

Таке креслення представлено на рисунку 5. На початку обчисування лопать D_1D барабана підходить на початок колоска, який позначимо M , і діє на нього з силою P . Колосок у свою чергу діє на стебло A_1M з силою Q_1 , рівною P і протилежно направленою. Сила P розтягує стебло, під дією цієї сили стебло прагне вирватися з ґрунту, але його утримує закріплене в ґрунті коріння стебла з силою Q_2 .

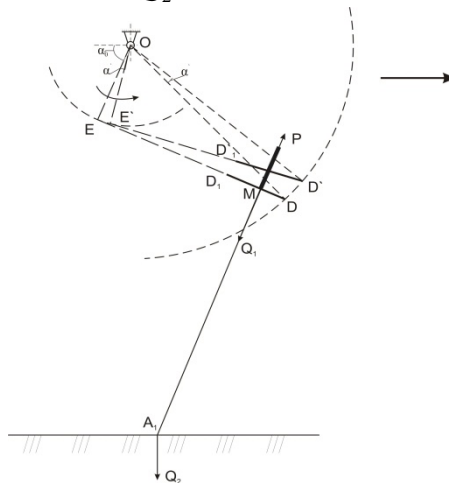


Рисунок 5 – Положення ED_1D лопаті у момент початку обчисування стебла і положення $E'D'_1D'$ лопаті у момент закінчення обчисування стебла і відривання колоска.

Максимальне значення $Q_{1\max}$ сили Q_1 буде у тому випадку, коли колосок відривається від стебла. В цьому випадку сила P досягне максимального значення P_{\max} . Зважаючи на це, відривання (обчисування) колоска від стебла буде тоді, коли

$$P_{\max} = Q_{1\max} \quad (6)$$

Ця умова справедлива, якщо $Q_{1\max}$ менше $Q_{2\max}$, при якому стебло утримується його кореннями, закріпленими в ґрунті. Зважаючи на викладене, умова відривання (обчисування) колоска від стебла, корінь якого залишається в ґрунті, буде дорівнювати:

$$P_{\max} = Q_{1\max} \angle Q_{2\min} \quad (7)$$

Тільки за цієї умови колосок відокремиться від стебла і зможе далі транспортуватися лопатями барабана. Відрив колоска відбудеться після переходу лопаті, що обертається, з положення D_1D в нове положення D'_1D' (рис. 5). При цьому кривошип обернеться на кут EOE' , що залежить від необхідного шляху дії сили P . В цілому цей кут невеликий, а багато колосків під час відривання розпадаються на окремі частинки.

Для визначення кута EOE' враховуємо, що цей кут рівний куту DOD' (рис. 5), оскільки фігури OED і $OE'D'$ не міняють своєї форми під час обертання обчисувального барабана. І кут EOE' (рис. 5), і кут DOD' позначені α' . Під час руху точки D по колу радіуса OD кут α' в радіанах виявиться рівним $\frac{DD'}{OD}$ або $\frac{DD'}{\sqrt{(OE)^2 + (ED)^2}}$. Якщо відстань OE

позначити a , а відстань ED позначити b , то

$$\alpha' = \frac{DD'}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (8)$$

Необхідний шлях відривання суцвіть від стебла встановлюється експериментально.

За рівномірного обертання обчисувального барабана його кутова швидкість ω постійна, тому $\alpha' = \omega t_1$, де t_1 – час обертання від точки E до точки E' . Зважаючи на це, при обчисуванні колоска має місце рівність

$$\omega t_1 = \frac{DD'}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (9)$$

Це рівність тим точніша, чим менше відстань MD (рис. 5). Відлік кута α обертання кривошипа проводиться від горизонтальної лінії, що

проходить через його центр O зліва. Початок обчисування стебла відбудеться при куті α , рівному α_0 , закінчення обчисування матиме місце при $\alpha = \alpha_0 + \alpha'$.

Аналіз характеристик міцності, що визначають процес відриву колоска від стебла, показав, що залежність між напругою і деформацією стебел (рис. 6) для всіх досліджуваних культур лінійна і зберігається такою до моменту розривання.

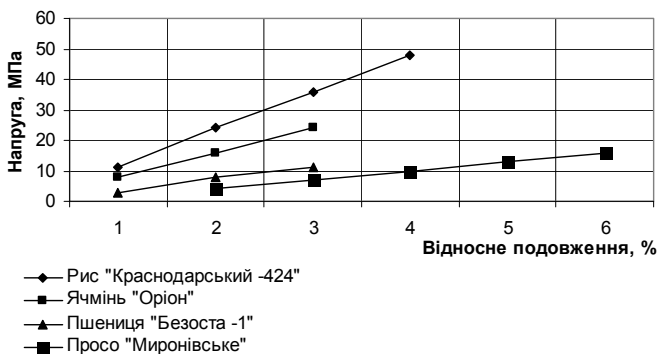


Рисунок 6 – Залежність між напругою і деформацією стебел зернових культур

Ступінь поздовжньої деформації стебел у всіх зернових культур на момент збирання різний (для пшениці і ячменю – 3,0-3,5%, для рису і проса – 4,5-6,0%). Це пояснюється різною вологістю стебел на момент збирання для цих культур [3].

Аналіз результатів досліджень зусиль відривання рослин від ґрунту і зусиль відокремлення суцвіть від стебла зернових культур показав значний розкид їх середніх значень залежно від культури. При цьому середні значення зусиль відривання рослин від ґрунту різних культур коливаються в межах 39 - 90 Н, а середні значення зусиль відокремлення суцвіть від стебла – 18 - 36Н. Різниця між середніми значеннями зусиль відриву рослин з ґрунту і середніми значеннями зусиль відокремлення суцвіть досить велика для різних культур. Наприклад, у тритикале «Зеніт Одеський» вона становить 41Н, а для вівса «Кубанський» - 18 Н. Проте є видимою закономірність в незначному розкиді чисельних значень відносних середніх значень зусиль відокремлення суцвіть до середніх значень зусиль відривання рослин від ґрунту в межах 0,44 - 0,54.

Після відриву від стебел колоски та їх частинки транспортуються лопатями барабана, що обертається. Розглянемо це явище.

На рисунку 7 представлено положення $E'D_1D'$ лопаті у момент закінчення обчисування стебла A_1M' і положення $E''D_1D''$ лопаті під час транспортування колосів та їх частинок. Колосок або його частину зображено на лопаті D_1D'' у вигляді кружечка M , що знаходиться на лопаті в положенні, необхідному для зручності зображення сил, що діють на нього. Кут α повороту барабана з лопаттю тут більше α_0 , тобто більше кута, необхідного для обчисування колоска.

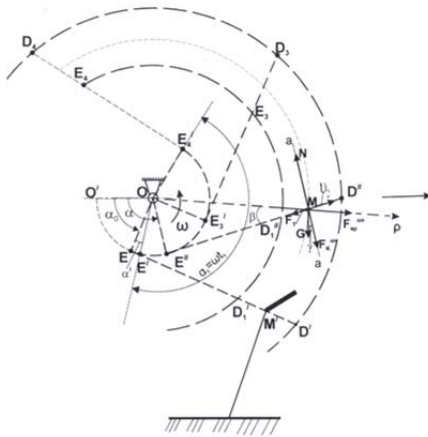


Рисунок 7 – Схема до аналізу руху продукту обчисування разом з лопаттю обчисувального барабана

Розглянемо сили, що діють на колосок або його частинки, які можна прийняти за матеріальні точки [3-5]. На колосок (або його частинки) M діють сили тяжіння G , сила нормальної реакції N , сила тертя F_T з боку лопаті і сили інерції. Це відомий з курсу теоретичної механіки випадок відносного руху матеріальної точки, диференціальне рівняння якого у векторній формі має вигляд (якщо нехтувати опором повітря, яке зустрічає точка на своєму шляху):

$$m\vec{w} = \sum \vec{P}_i + \vec{N} + \vec{F}_e^{un} + \vec{F}_k^{un}, \quad (10)$$

де m - маса колоска або його частинки;

\vec{w}_r - відносне прискорення точки (колоска або його частинки);

$\sum \vec{P}_i$ - геометрична сума заданих сил, що діють на точку (колосок або його частинки);

\vec{N} - сила реакції зв'язку;

\vec{F}_e^{un} - переносна сила інерції;

\vec{F}_k^{un} - коріолісова сила інерції.

Проведемо систему відліку з початком в точці O (центр обертання барабана) і віссю (кривошипом) OE' , що співпадає з положенням OE' радіуса барабана, за якого закінчується обчисування колоска і починається транспортування продуктів обчисування. Кут повороту осі OE' позначимо α , він відліковується від осі OO' (горизонталь) проти годинникової стрілки, нове положення точки E' буде E'' . Їй відповідає положення $D_1''D''$ лопаті, на якій знаходиться точка (кружечок) M . З'єднаємо цю точку з точкою O лінією OM і позначимо довжину цієї лінії ρ .

Проектуючи на цю лінію (вісь) векторне рівняння (10), отримаємо:

$$m\ddot{\rho} = \sum P_\rho + N_\rho + F_e^{un} + F_k^{un}, \quad (11)$$

де m - маса колоска або його частинки;

$\ddot{\rho}$ - проекція прискорення колоска або його частинки на вісь $O\rho$,

$$\ddot{\rho} = \frac{d^2 \rho}{dt^2} \text{ (тут } t \text{ - час);}$$

$\sum P_\rho$ - сума проєкцій на вісь $O\rho$ заданих сил, що діють на колосок (або його частинки);

N_ρ - проекція сили реакції лопаті на вісь $O\rho$;

$F_{e\rho}^{un}$ - проекція переносної сили інерції на вісь $O\rho$;

$F_{k\rho}^{un}$ - проекція коріолісової сили інерції на вісь $O\rho$.

В даному випадку заданими є сила тяжіння G і сила тертя F_T , вони показані на рис. 7. На цьому ж рисунку показана і сила реакції N . Сила тяжіння G рівна добутку mg , де m - маса колоска (або його частинки), а g - прискорення вільного падіння. Сила тяжіння G проектується на вісь $O\rho$, проекція рівна $G \cos(90^\circ - \beta + \gamma) = mg \sin(\beta - \gamma)$, тут β кут між лініями OM і $E''M$, а γ кут між силою G і лінією дії сили N .

Сила тертя F_T діє уздовж лопаті і рівна Nf , де f - коефіцієнт тертя ковзання колоска об лопать. Сила N буде визначена нижче.

Переносним рухом колоска (або його частинки) є поступальна хода машини і барабана і обертальний рух барабана з лопатями. При поступальній, прямолінійній і рівномірній ході машини її прискорення рівне нулю, зважаючи на що, сили інерції машини також рівні нулю, значить, в розрахунки вони не потрапляють. При обертальному русі барабана з лопатями у їх точок є доцентрові прискорення; крім того, у разі нерівномірного обертання барабана у його точок буде ще тангенціальне (дотичне) прискорення, але якщо барабан обертається рівномірно, то його тангенціальні прискорення рівні нулю. Зважаючи на це, вектор сили $\overrightarrow{F_{e\rho}^{un}}$ в загальному випадку рівний геометричній сумі векторів $\overrightarrow{F_{e\rho}^{un}}$ і $\overrightarrow{F_{eT\rho}^{un}}$:

$$\overrightarrow{F_{e\rho}^{un}} = \overrightarrow{F_{e\rho}^{un}} + \overrightarrow{F_{eT\rho}^{un}}. \quad (12)$$

Тут, як вже доводилося, $\overrightarrow{F_{e\rho}^{un}}$ переносна відцентрова сила інерції, а $\overrightarrow{F_{eT\rho}^{un}}$ переносна тангенціальна сила інерції.

Сила $\overrightarrow{F_{e\rho}^{un}}$ направлена по осі $O\rho$ в позитивну її сторону і рівна $m\omega^2\rho$, де ω - кутова швидкість обертання барабана, ρ - відстань від центру барабана O до точки M ; сила інерції $\overrightarrow{F_{eT\rho}^{un}}$, направлена перпендикулярно осі ρ у бік, протилежний напрямку кутового прискорення ε лопаті і рівна $m\varepsilon\rho$; при рівномірному обертанні барабана ε рівний нулю, тоді $m\varepsilon\rho$ також рівне нулю (барабан обертається рівномірно), значить $\overrightarrow{F_{eT\rho}^{un}} = 0$, а $\overrightarrow{F_{e\rho}^{un}} = \overrightarrow{F_{e\rho}^{un}}$, тобто:

$$F_{e\rho}^{un} = m\omega^2\rho = F_{e\rho}^{un} \quad (13)$$

Коріолісова сила інерції F_k^{un} по величині рівна mWk , де Wk прискорення Коріоліса колоска (або його частинки). Це прискорення рівне по величині $2\omega v_r$, де v_r - швидкість руху колоска щодо лопаті $D_1''D''$ в

позитивну сторону осі ρ (під деяким гострим кутом), вона ж рівна $\dot{\rho} \cos \beta$, де $\dot{\rho}$ перша похідна від ρ за часом t , а β - кут між напрямом осі ρ і лінією $E''D''$ лопаті. Швидкість V_r може бути направлена не лише в позитивну сторону осі ρ , вона ще може бути рівна нулю або ж може бути направлена в негативну сторону осі ρ . Ми приймаємо для розрахунків, що швидкість V_r направлена в позитивну сторону осі під деяким гострим кутом (але якщо вона направлена протилежно, то в розрахунках буде знак «-»).

Прискорення Кориоліса направлене в ту ж сторону, куди буде направлений вектор відносного руху V_r , якщо його повернути на 90° у бік напрямку кутової швидкості ω . При швидкості V_r , направлений за схемою на рис. 2, прискорення W_k буде направлене вгору, а кориолісова сила інерції, спрямована протилежно прискоренню W_k , направлена вниз, що і показано на рис. 2. Таким чином:

$$F_k^{un} = 2m\omega\dot{\rho} \cos \beta. \quad (14)$$

Лінія дії Кориолісової сили інерції відхилена від вертикально направленої сили тяжіння G на кут, який позначимо γ .

З викладеного видно, що проекція сили G на лінію $D_1''D''$ (лопоть) буде така: $-G \sin \gamma$ (знак «-» тут буде тому, що проекція сили протилежна позитивному напрямку осі ρ), проекція сили F_{ec}^{un} на лінію $D_1''D''$ буде ($+F_{ec}^{un} \cos \beta$), а проекція сили F_k^{un} на лінію $D_1''D''$ рівна нулю. Проекція сили G на вісь $O\rho$ буде рівна ($+G \cos(90^\circ - \beta + \gamma)$), проекція сили F_{ec}^{un} на вісь $O\rho$ буде така ж, як (4), а проекція сили F_k^{un} на вісь $O\rho$ буде $F_k^{un} \cos(90^\circ - \beta)$. При проектуванні сили G на лінію дії сили N отримаємо ($-G \cos \gamma$), проекція сили F_{ec}^{un} на лінію дії сили N буде ($-F_{ec}^{un} \sin \beta$), а проекція сили F_k^{un} на лінію дії сили N буде ($-F_k^{un}$).

Для визначення сили N проектуватимемо всі сили на пряму $a - a$, що співпадає з лініями дії сил N і F_k^{un} ; уздовж цієї лінії $a - a$ руху немає, значить, сума проєкцій сил буде рівна нулю, тоді

$$0 = N - F_k^{un} - G \cos \gamma - F_{e\zeta}^{un} \sin \beta, \quad (15)$$

де γ кут відхилення сили F_k^{un} від вертикалі.

З формули (6) знаходимо:

$$N = F_k^{un} + G \cos \gamma + F_{e\zeta}^{un} \sin \beta. \quad (16)$$

Сила тертя F_T рівна

$$F_T = Nf = f(2m\omega\dot{\rho} \cos \beta + mg \cos \gamma + m\omega^2 \rho \sin \beta) \quad (17)$$

З урахуванням приведених даних рівняння (11) прийме вигляд $m\ddot{\rho} = mg \sin(\beta - \gamma) - f(2m\omega\dot{\rho} \cos \beta + mg \cos \gamma + m\omega^2 \rho \sin \beta) \cos \beta - (2m\omega\dot{\rho} \cos \beta + mg \cos \gamma + m\omega^2 \rho \sin \beta) \sin \beta + m\omega^2 \rho + 2m\omega\dot{\rho} \cos \beta$.

З даної рівності отримуємо (після скорочення на m і перетворення):

$$\ddot{\rho} + 2\omega \cos \beta (1 - \sin \beta - f \cos \beta) \dot{\rho} - \omega^2 \cos \beta (\cos \beta - f \sin \beta) \rho = -g \cos \beta (\sin \gamma + f \cos \gamma). \quad (18)$$

Ми отримали лінійне диференціальне рівняння другого порядку з коефіцієнтами, які, враховуючи зміну кута γ з часом, не є постійними. Це рівняння розв'язується за допомогою комп'ютерних програм. Розв'язуючи його, можна отримати залежність параметра ρ від впливаючих чинників.

Але нам небажано, щоб ρ набувало дуже великих або дуже малих значень. Нам потрібно, щоб продукти обчислення рухалися по зовнішній частині криволінійного каналу, наприклад, по дузі $D'D''D_3D_4$ (рис. 7) і потрапили в зону шнека 6 (рис. 1), що подає зерновий ворох на подальшу переробку. З урахуванням цієї вимоги вирішуватиметься дана задача.

Позначимо необхідну відстань від центру O до точки D' через ρ_D .

Вважатимемо їх постійними, тоді $\dot{\rho}_D = \frac{d\rho_D}{dt} \approx 0$ і $\ddot{\rho}_D = \frac{d^2\rho_D}{dt^2} \approx 0$.

Підставивши ці дані в рівняння (14), отримуємо рівність:

$$-\omega^2 \cos \beta (\cos \beta - f \sin \beta) \rho_D = -g \cos \beta (\sin \gamma + f \cos \gamma). \quad (19)$$

Розв'язуючи це рівняння відносно ω , знаходимо такий важливий параметр, як ω :

$$\omega = \sqrt{\frac{g(\sin \gamma + f \cos \gamma)}{\rho_D (\cos \beta - f \sin \beta)}} \quad (20)$$

Так визначається необхідна кутова швидкість обертання барабана ω . Ми бачимо, що вона не постійна величина, а залежить від кутів β і γ . Кут визначається з розгляду трикутника $OE''M$ (рис.7):

$$\beta = \arctg \frac{OE''}{E''M}, \quad (21)$$

де OE'' - відстань OE , OE' і OE'' на рис.2;
 $E''M$ - відстань $E''M$ на рис. 2.

При знаходженні точки M в точці D'' $E''D'' = b$, де b відстань $E''D''$, вона ж $E'D'$ або E'_3D_3 , або E'_4D_4 .

Кут γ відхилення сили $F_k^{'''}$ від вертикалі (напрямок сили G) пов'язаний з кутом α , рівним ωt і відлічуваним від горизонталі OO' . Аналіз цього явища показує, що γ рівне:

$$\gamma = \alpha - 90^\circ = \alpha_0 + \alpha' + \omega t - 90^\circ, \quad (22)$$

де t - час, який відлічується при обертанні лопаті вгору від моменту закінчення обчисування стебла, тобто від положення D'_1D' лопаті при його русі вгору. У момент часу $t = 0$, $\gamma = \alpha_0 + \alpha' - 90^\circ$; при $\alpha_0 + \alpha' < 90^\circ$, $\gamma < 0^\circ$, тобто вона величина негативна і відлічується від вертикалі вліво.

При $t = t_1$, де t_1 - час, що відлічується при обертанні лопаті від моменту закінчення обчисування стебла (положення D'_1D' лопаті або положення точки E' кривошипа) до моменту, коли відбудеться скидання маси, що транспортується, продукти обчисування потрапляють в зону шнека 6 (рис. 1); цей момент скидання відповідає положенню точки E'_4 кривошипа або положенню E_4D_4 лопаті. Кут повороту кривошипа за час t_1 показаний на рис. 2 і рівний куту α_1 , рівному ωt_1 . Кут α , що характеризує положення точки E'_4 кривошипа більше кута α_1 на величину $\alpha_0 + \alpha'$, тобто рівний $\alpha_0 + \alpha' + \alpha_1$.

Висновки

1. Виведено диференційне рівняння відносного руху обчесаних колосків та їх частин в зернозбиральній машині.
2. Отримані аналітичні залежності можуть бути використані для визначення оптимальних конструкційних параметрів вузлів машини (параметрів дефлектора, форми та розміщення обчисувальних гребінок, геометрії внутрішньої поверхні дефлектора, форми приймальної камери транспортувального шнека, кутову швидкість обертання обчисувального барабана) для збирання зернових культур способом обчисування на корені.

Література

1. Исследование технологии уборки зерновых культур методом очеса их на корню: Отчет о НИР /МИМСХ; Руководитель П.А. Шабанов. – Тема 32-В. – Мелитополь, 1977. – 68 с.
2. Коваль С.М., Іваненко І.М., Івасюк В.В., Рожанський О.В. Революційні технології зернозбирання обчисуючими жниварками // Техніка АПК. – 2003.- №6. С. 8-10.
3. Провести дослідження технології збирання зернових культур способом обчисування в різних агрокліматичних зонах та доопрацювати конструкцію технічних засобів для її ефективного впровадження: Звіт про НДР /УкрНДПВТ, № держ. реєстрації 0107U004165; керівник Коваль С.М. – Дослідницьке, 2006. 115 с.
4. Хайлис Г.А. Основы теории и расчета сельскохозяйственных машин. – К.: УСХА, 1992. – 240 с.
5. Сисолін П.В., Коваль С.М., Іваненко І.М. Машини для збирання зернових культур методом обчисування колосків. – Кіровоград, "КОД" – 2010. – 112 с.

Аннотація

Приведены результаты теоретических исследований взаимодействия дефлектора и зубов гребенок очесывающего барабана зерноуборочной машины со стеблями и колосками, а также процесса транспортировки гребенками - лопастями продуктов очесывания при сборе зерновых культур способом очесывания на корню. Выведены аналитические зависимости для определения параметров дефлектора и очесывающего барабана зерноуборочной машины.

Summary

The results of theoretical investigations of the deflector and harvesting machine stripping drum combs teeth interaction with stems with ears and transportation process by combs-blades of stripping drum of stripped products using stripping technology while harvesting growing crops are presented. Analytical dependences to determine the harvesting machine deflector and stripping drum parameters are drawn.