

УДК 631.355.072

НОВА КОНСТРУКЦІЯ КАЧАНООЧИСНОГО МЕХАНІЗМУ З ПНЕВМАТИЧНИМ ПРИСТРОЄМ

Д.В.Кузенко, кандидат технічних наук, доцент

Л.М.Кузенко, кандидат технічних наук

Миколаївський державний аграрний університет

Описано конструкцію пневматичного качаноочисного механізму, а також методику визначення параметрів повітряного струменя.

Описана конструкция пневматического початкоочистительного механизма, а также методика определения параметров воздушного потока.

Постановка проблеми.

Аналіз відомих конструкцій качаноочисних апаратів [1] і технологічних процесів їх роботи показує, що всі вони, не дивлячись на наявність великого набору різних механічних робочих елементів і пристосувань, не відрізняються універсальністю і не можуть забезпечити без пошкодження качанів повного відділення обгортки

з їх поверхні. Для вирішення цієї важливої і складної проблеми необхідні принципово нова технологія і робочі органи з оригінальними і ефективними робочими елементами, які б забезпечували повну очистку качанів від обгортки.

Аналіз останніх досліджень.

Результати теоретичних і експериментальних досліджень двохвальцевих качаноочисних механізмів представлені в роботах Гриня В.О., Анісімової Л.І., Бондарєва В.Т., Карпуші П.П. Найбільш повно вивчено питання силової взаємодії качанів з вальцями, обґрунтування їх конструктивних та кінематичних параметрів. Інші конструкції качаноочисних механізмів не досліджувались. Не приділено уваги створенню механізмів багатофакторної дії.

Мета досліджень.

Обґрунтування параметрів повітряного струменю для використання в технологічному процесі очищення качанів кукурудзи від обгортки.

Результати досліджень.

Як уже відмічалось [1], суттєвою відмінністю технологічного процесу качаноочисного механізму нової конструкції є взаємодія качана з очисним вальцем та протирізальною пластиною, яка створює зусилля різання, направлене по дотичній до циліндричної поверхні стрижня качана. Проте, як і у випадку двохвальцевої схеми, так і в новій конструкції, підвищення ефективності процесу відокремлення обгортки від стрижня качана приводить до необхідності вирішення технічного протиріччя, яке полягає в тому, що інтенсивність механічного впливу на качан обмежена допустимим рівнем його пошкоджень. І в більшості випадків воно вирішується, виходячи із умови зниження рівня травмованості качанів.

Пошуки шляхів інтенсивності технологічного процесу очищення качанів від обгортки при збиранні кукурудзи на зерно [2], аналіз літературних джерел і результатів досліджень інших авторів [3,4] показали доцільність використання в цьому технологічному процесі енергії повітряного струменя. Це дає змогу забезпечити "м'який" режим роботи і в широких межах змінювати інтенсивність дії повітряного струменя на качан.

Проведені дослідження показали, що повітряний струмінь доцільно направити в зону взаємодії качана з протиризальною пластину таким чином, щоб вектор сили тиску повітря співпадав з вектором сили різання [1]. При цьому вирішується триєдина задача: по-перше, — інтенсифікується процес руйнування зв'язків обгортки із стрижнем качана; по-друге, — знижується імовірність заклинювання качанів малих розмірів в робочій щілині “валець — протиризальна пластина” за рахунок постійного підпору повітряного струменя; по-третє, — покращуються умови руху обгортки із зони “основний валець — протиризальна пластина” в зону взаємодії основного і допоміжного вальців.

Схема пневматичного качаноочисного механізму запропонованої конструкції представлена на рис.1. Механізм складається з основного 1 та допоміжного 3 вальців і протиризальної пластини 4. Основний валець 1, взаємодіючи із качаном 2, змушує його обертатися навколо своєї осі і взаємодіяти із протиризальною пластиною, яка створює зусилля різання. Для підвищення інтенсивності дії на обгортку качана з тильної сторони до протиризальної пластини 4 прикріплено сопла 5, які створюють повітряний струмінь із відповідними характеристиками певної інтенсивності.

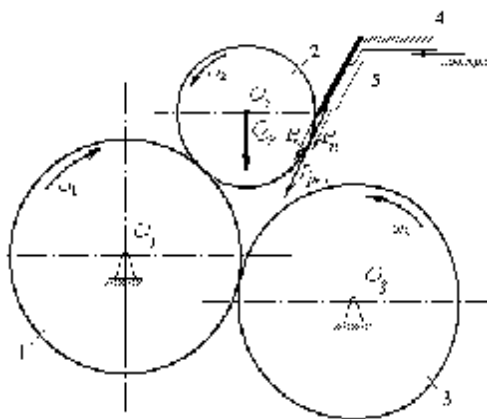


Рис.1. Схема качаноочисного механізму

Принцип роботи пневматичних робочих елементів для руйнування матеріалів, а в нашому випадку обгортки качана, побудований на активній дії повітряного струменя на матеріал. При цьому відбувається перетворення енергії тиску повітря в кінетичну енергію витікання, а далі кінетичної енергії витікання повітря із сопла в механічну енергію руйнування зв'язків обгортки із стрижнем качана. Силу аеродинамічного тиску повітряного струменя, що натікає на тверду поверхню, можна визначити з допомогою відомої теореми Ейлера, з якої виходить, що похідна по часу вектора кількості руху системи матеріальних точок дорівнює головному вектору всіх зовнішніх сил, які діють на систему, тобто:

$$\frac{d\bar{\mathbf{k}}}{dt} = -\bar{\mathbf{P}}, \quad (1)$$

де $\bar{\mathbf{P}}$ – сила тиску струменя повітря на поверхню, Н.
Зміна моменту кількості руху $\bar{\mathbf{Dk}}$ за час Dt

$$\bar{\mathbf{Dk}} = \bar{\mathbf{k}}_1 - \bar{\mathbf{k}}_0, \quad (2)$$

де $\bar{\mathbf{i}}$ – величини моментів кількості руху в кінцевому і початковому перерізах струменя повітря.

В загальному випадку кількість руху дорівнює

$$\bar{\mathbf{k}} = \mathbf{M} \times \bar{\mathbf{V}} \times Dt, \quad (3)$$

де \mathbf{M} – маса повітря, що протікає через переріз в одиницю часу, кг/с;
 $\bar{\mathbf{V}}$ – швидкість струменя повітря, м/с.

В той же час

$$\mathbf{M} = \mathbf{r} \times \mathbf{Q} = \mathbf{r} \times \mathbf{f} \times \bar{\mathbf{V}}, \quad (4)$$

де \mathbf{r} – щільність повітря, кг/м³;
 \mathbf{Q} – витрата повітря, м³/с;
 \mathbf{f} – площа перерізу струменя, м².

Підставляючи значення \mathbf{M} в рівняння (3), отримаємо

$$\bar{\mathbf{k}} = \mathbf{r} \times \mathbf{Q} \times \bar{\mathbf{V}} \times Dt. \quad (5)$$

Тоді із рівняння (2) отримаємо

$$\bar{\kappa} = (\mathbf{r} \times \mathbf{Q}_1 \times \bar{\mathbf{V}}_1 - \mathbf{r} \times \mathbf{Q}_0 \times \bar{\mathbf{V}}_0) \times Dt. \quad (6)$$

Розділивши вираз (6) на Δt і переходячи до границі, отримаємо:

$$\frac{d\bar{\kappa}}{dt} = \mathbf{r} \times \mathbf{Q}_1 \times \bar{\mathbf{V}}_1 - \mathbf{r} \times \mathbf{Q}_0 \times \bar{\mathbf{V}}_0. \quad (7)$$

Замінивши ліву частину рівності на $-\mathbf{P}$ і вирішуючи рівняння відносно \mathbf{P} , отримаємо:

$$\bar{\mathbf{P}} = \mathbf{r} \times (\mathbf{Q}_0 \times \bar{\mathbf{V}}_0 - \mathbf{Q}_1 \times \bar{\mathbf{V}}_1). \quad (8)$$

Проектуючи векторне рівняння (8) на напрямок дії сили $\bar{\mathbf{P}}$ на тверду нерухому плоску поверхню, отримаємо:

$$\mathbf{P} = \mathbf{M} \times \mathbf{V} = \mathbf{r} \times \mathbf{f} \times \mathbf{V}^2. \quad (9)$$

Якщо струмінь повітря витікає під дією напору ΔH , то швидкість \mathbf{V} визначиться наступним чином

$$\mathbf{V} = \sqrt{2 \frac{\Delta H}{\rho}}. \quad (10)$$

Відповідно, з урахуванням (10), вираз (9) перепишемо в такому виді

$$\mathbf{P} = 2\mathbf{f} \times \Delta H. \quad (11)$$

Значення сили тиску струменя повітря \mathbf{P} буде змінюватись залежно від орієнтації відокремленої “стружки” обгортки і буде максимальним, коли “стружка” обгортки буде забезпечувати поворот струменя повітря на 180° . При цьому сила тиску буде в два рази більшою, ніж на плоску поверхню, тобто $\mathbf{P} \gg 4\mathbf{f} \times \Delta H$.

Потужність, яку ровиває струмінь повітря, визначимо із умови, що при відділенні обгортки вона буде переміщуватись з деякою швидкістю \mathbf{V}_n , тобто $\mathbf{N} = \mathbf{P} \times \mathbf{V}_n$, або

$$\mathbf{N} = \mathbf{r} \times \mathbf{f} \times (\mathbf{V}^2 \times \mathbf{V}_n - \mathbf{V} \times \mathbf{V}_n^2). \quad (12)$$

Досліджуючи рівняння (12) на максимум, отримаємо

$$\frac{d\mathbf{N}}{d\mathbf{V}_n} = \mathbf{r} \times \mathbf{f} \times (\mathbf{V}^2 - 2\mathbf{V} \times \mathbf{V}_n) = \mathbf{0}; \quad (13)$$

$$\mathbf{V}_n = \frac{\mathbf{V}}{2}.$$

Як видно з (13), при взаємодії з плоскою поверхнею максимальне значення к.к.д. струменю повітря не може бути більше 0,5.

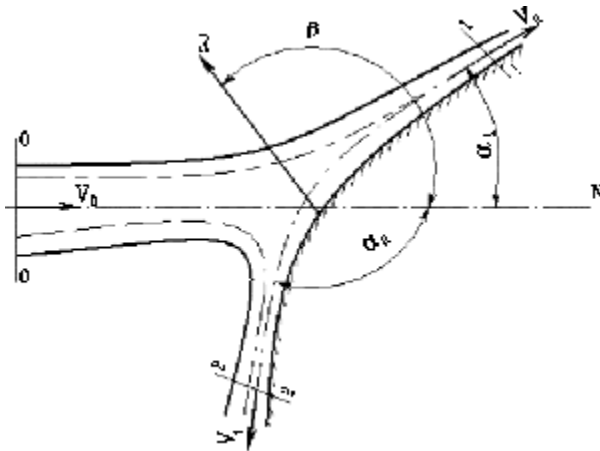


Рис.2. Схема до аналізу силової взаємодії струменю повітря і стрижня качана

Зусилля підпору качана, яке створює струмінь повітря в робочій зоні і яке запобігає його заклинюванню, визначимо шляхом складання рівняння кількості руху стосовно відсіку повітряного потоку, обмеженого перерізами 0-0, 1-1 і 2-2 в проекції на вісь $\mathbf{N}-\mathbf{N}$, що співпадає з напрямком дії повітряного струменю (рис.2). В загальному випадку рівняння зміни кількості руху

запишеться в такому виді

$$M_1 \times V_1 \times \cos a_1 + M_2 \times V_2 \times \cos a_2 - M_0 \times V_0 = R \times \cos b \times Dt, \quad (14)$$

де R — сила реакції поверхні стрижня качана, яка дорівнює по величині виштовхувальній силі, але протилежна по знаку.

Аналогічно (7) рівняння (14) можна переписати в такому виді

$$R = \frac{r}{\cos b} (Q_1 \times V_1 \times \cos a_1 + Q_2 \times V_2 \times \cos a_2 - Q_0 \times V_0). \quad (15)$$

Слід відмітити, що в рівнянні (15) присутні три невідомі величини: Q_1 або Q_2 (так як $Q_1 + Q_2 = Q_0$), R і b . Тобто для визначення R величиною b необхідно задаватись (як регулювальний параметр), а перерозподіл потоків Q_1 і Q_2 визначиться експериментальним шляхом.

Не менш важливим є обґрунтування відстані розміщення сопла від поверхні качана. Як відомо [2], структура турбулентного повітряного струменя, що виходить і розповсюджується в необмежений повітряний простір нерухомого повітря, має наступні характерні параметри (рис.3):

- в початковому перерізі швидкість у всіх точках однакова і, відповідно, дорівнює осьовій швидкості $V = V_0$;
- довжина початкової ділянки струменя, на якій швидкість струменя дорівнює початковій швидкості,

$$X_a = 0,335 \frac{d}{0,075} \quad (\text{або } X_a \gg (5...6)d);$$

- кут розширення струменя α визначається із умови $\text{tga} = 0,255$;
- діаметр струменя в будь-якому перерізі дорівнює $D_x = d + 6,8 \times x \times 0,075$.

Таким чином, виходячи з наведених характеристик повітряного струменя, для ефективного використання енергії повітряного потоку необхідно, щоб бокова поверхня качана по відстані і ширині знаходилась в області початкової ділянки повітряного струменя. Так, при можливому розміщенні сопла на відстані 0,005 м від бокової поверхні качана і товщині стружки обгортки 0,003...0,005 м ді-

метр вихідного перерізу сопла повинен бути в межах 0,0025...0,003 м.

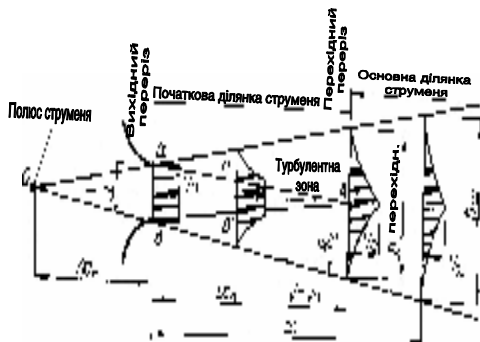


Рис.3. Структура повітряного струменя

Висновки

1. Обґрунтовано доцільність і можливість використання в технологічному процесі очищення качанів від обгортки повітряного струменя в якості робочого елемента.
2. Наведена методика дозволяє з достатньою точністю для інженерних розрахунків визначити параметри повітряного струменя.
3. Подальші дослідження необхідно вести в напрямку теоретичного обґрунтування характеру взаємодії качана з пневматичним робочим елементом качаноочисного механізму, та експериментального дослідження величини зчеплення поверхні качана з робочою поверхнею основного вальця.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кузенко Д.В. Сучасний стан та напрямки технологічного вдосконалення вітчизняних кукурудоззбиральних машин.// Праці Таврійської державної агротехнічної академії. -Вип.2.- 2001.
2. Кузенко Д.В., Кузенко Л.М. Дослідження динаміки взаємодії качана з робочими елементами качаноочисного механізму. //Вісник Харківського ДТУСГ.- Вип. 20.
- 3.Черный Г.Г. Газовая динамика. -М.:Наука,1988.