

## **ОБГРУНТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ КАЧАНООЧИСНИХ ПРИСТРОЇВ КУКУРУДЗОЗБИРАЛЬНИХ МАШИН**

Alexander Bondarenko, Vasiliy Gruban

Mykolayiv State Agrarian University, Ukraine

Krylova Street 17, Mykolayiv 54040,

Ukrainy e-mail: Bondarenko - [V70@rambler.ru](mailto:V70@rambler.ru)

Анотація. Проведений аналіз існуючих качаноочисних пристроїв кукурудзозбиральних машин. Запропонована перспективна конструктивна схема обгорткоразсікаючого притискного пристрою з урахуванням пропускної спроможності багатовальцевого очисного апарату.

Ключові слова: кукурудза, очисний апарат, притисний пристрій

ВСТУП. Практика проектування кукурудзозбиральних машин вимагає на сучасному етапі розробки теорії продуктивності кукурудзозбиральних машин, яка нерозривно пов'язує процеси проектування з реальними умовами експлуатації. Існуючі на сьогоднішній день елементи теорії методологічно спираються на теорію продуктивності робочих машин, розроблену для інших галузей машинобудування [3], теорію експлуатації машино-тракторного парку та вивчення роботи кукурудзозбиральних машин в віртуальних умовах експлуатації. Останні дозволяють тільки виявити непродуктивні витрати робочого часу, намітити шляхи його скорочення і отримати необхідні дані для прогнозування напрямів подальшого вдосконалення машин при проектуванні. Якість роботи будь-якої збиральної машини, а також її продуктивність і ефективність застосування в значній мірі залежать від фізико-механічних і розмірно-масових характеристик сільськогосподарської культури. Це питання особливо стосується технологічного процесу збирання кукурудзи на зерно. Оцінка впроваджуваних в сільськогосподарське виробництво нових сортів і гібридів кукурудзи повинна проводитися не тільки по врожайності та

іншим біологічним якостям але й по ступеню придатності до механізованого збирання та переробки їх продуктів.

Засміченість посівів і нерівномірність агрофону знижує продуктивність збиральних робіт внаслідок порушень технологічного процесу роботи кукурудзозбиральних машин. Масові та фізико-механічні характеристики рослини кукурудзи роблять вирішальний вплив на вибір технічних параметрів робочих органів машини при її проектуванні, а також на енергоємність самої машини.

Нестабільність розмірно-масових характеристик, а саме висоти та середнього діаметру стебел кукурудзи, висоти кріплення і розмірів качанів, вологості частин рослин, механічної їх міцності та інших показників, залежить як від сорту, так і від ґрунтово-кліматичних умов різних зон і кількості опадів в період зростання рослини. А це в свою чергу вимагає від кукурудзозбиральної техніки універсальність та особливу пристосованість до різних умов роботи, резерву пропускнує спроможності робочих органів та значних запасів міцності її частин і механізмів. Також зміна фаз стиглості кукурудзи істотно змінює умови роботи кукурудзозбиральних машин. Для розрахунків продуктивності робочих органів, вибору їх розмірів, необхідно мати відомості про фізико-механічні властивості кукурудзи.

На сьогоднішній день окрім появи нових сортів кукурудзи, застосовуються нові конструкційні матеріали основних робочих органів кукурудзозбиральних машин, та і самі робочі органи постійно удосконалюються. Для вивчення придатності нових сортів кукурудзи до механізованого збирання необхідно враховувати фізико-механічні властивості рослини. Дослідженням фізико-механічних характеристик рослин кукурудзи присвячений ряд робіт Буянова О.І., Бурмістрова М.Ф., Резніка М.Е та інших [1, 2, 3]. Але в літературних джерелах зовсім немає відображення вивчення основних характеристик та розмірно-масових

параметрів нових сортів і гібридів кукурудзи.

Методик теоретичного розрахунку очисних пристроїв кукурудзо-збиральних машин, а саме визначення розмірів, форми основних робочих елементів і режимів роботи залежно від заданої продуктивності та якості очищення качанів до теперішнього часу не існує. Теоретичні та експериментальні дослідження, проведені в цієї області різними авторами, нерідко дають дуже суперечливі рекомендації. Це пояснюється великою відмінністю фізико-механічних властивостей качанів і обгорток залежно від сорту кукурудзи, метеорологічних умов в період вегетації та збирання. Різноманіття специфічних умов протікання процесу очищення залежно від властивостей продукту та різних конструкцій качаноочисних пристроїв експериментально також недостатньо вивчено.

Дана стаття присвячена аналізу існуючих конструктивних схем існуючих качаноочисних пристроїв кукурудзо-збиральних машин та визначенню перспективних напрямків розвитку очисних апаратів.

**ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ.** На підставі аналізу існуючих технологій збирання кукурудзи на зерно можна стверджувати, що найбільш складною та важкою з погляду технологічного забезпечення є операції відокремлення та очищення качанів від обгортки. Таким чином одним з основних робочих органів кукурудзо-збиральних комбайнів, що в значній мірі визначає якісні та кількісні показники їх роботи, можна рахувати качаноочисний пристрій. Від його роботи залежать як продуктивність, працездатність, так і показники якості роботи машини в цілому. Очисні пристрої містять в собі очисні апарати, притискні та розподільні пристрої.

Притискні пристрої суттєво покращують якість очищення качанів, збільшують продуктивність очисних апаратів. Такі пристрої виконують наступні функції:

- притискують качани до поверхонь очисних вальців, збільшуючи

зусилля тертя вальців об качан і сприяють розпушуванню обгорток та кращому їх захопленню вальцями;

- періодично звільняють качани від притиснення до вальців, щоб дозволити їм обертатися навколо своєї вісі для захоплення обгорток з усіх боків качана;

- сприяють просуванню качанів по каналах апарату з оптимальною заданою швидкістю;

- розтинають обгортки на качанах, що сприяє інтенсивному їх розпушуванню;

- перешкоджають підняттю (здиблюванню) качанів у момент відриву обгорток, сприяючи цим усуненню вилущування зерна з тильної частини качана.

Проте не всі відомі конструкції притискних пристроїв можуть виконувати ці функції. По здатності просувати качани по вальцях очисного апарату існуючі пристрої можна розділити на активні, які здатні просувати качани, та пасивні, які не тільки не просувають качани, але і пригальмовують їх просування. Пасивні притискні пристрої встановлювалися на ранніх конструкціях качаноочисних апаратів з нахилом очисних вальців до горизонту біля  $30^\circ$ . Такі притискні пристрої конструктивно прості, але не можуть виконувати багатьох необхідних функцій. В сучасних машинах застосовують переважно активні притискні пристрої на апаратах з нахилом вальців  $12 - 15^\circ$ .

За конструктивним виконанням всі відомі притискні пристрої можна розділити на п'ять основних типів (рис. 1), це транспортерні, лопатеві, кривошипно-клавішні, кривошипно-планчасті та шарнірно-планчасті. Останні два типи відносяться до пасивних притискних пристроїв.

Транспортерні притискні пристрої виконують у вигляді транспортерів з еластичними притискними пластинами (ластами). Іноді до транспортерів кріплять різкаючі елементи (наприклад металеві ножі) та

додають транспортеру поперечні коливальні рухи для посилення ефекту розпушування обгорток. Такі пристрої забезпечують просування, качанів вздовж пристрою, але притиск качанів в цих пристроях безперервний, що заважає обертанню качанів навколо своєї вісі.

Лопатеві пристрої найбільш поширені, їх виконують у вигляді двох або декількох валів з багатолопатовими притискними елементами. Вали розташовуються впоперек очисних вальців на важелях, що коливаються, з пружними підвісками, які під час виконання технологічного процесу можуть підводитися під час проходження качанів під спеціальними елементами. Лопаті виготовляють зазвичай з високоякісної еластичної гуми. Такі пристрої забезпечують просування качанів і можливість їх обертання, при цьому притискаючи їх до вальців періодично, кожною окремою лопаттю.

Кривошипно-клавішний пристрій виконують у вигляді двох кривошипних валів, на яких закріплені клавіші, з еластичними притискними пластинами (ластами). При обертанні кривошипних валів клавіші своїми пластинами періодично притискають качани до вальців і просувають їх по очисним вальцям. Проте, як і у транспортерного пристрою, качани, що потрапили між притискними пластинами, можуть бути скинуті з вальців, без притиснення, що знижує ефективність очищення.

Кривошипно-планчастий пристрій виконують у вигляді двох або більш кривошипних валів і шарнірних притискних планок, сполучених з кривошипами валів за допомогою шатунів. При обертанні кривошипних валів шарнірні планки періодично притискають качани до вальців. Проте такі пристрої не сприяють просуванню качанів, а декілька пригальмовують їх. Тому для збільшення продуктивності очисного апарату його вальці розташовують під кутом  $30^\circ$  і більш до горизонту.

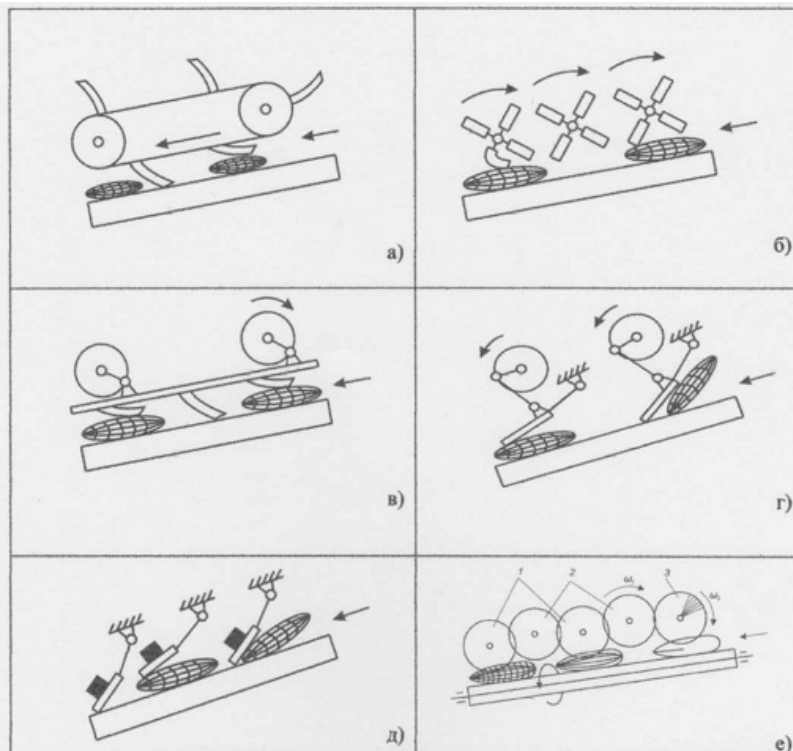


Рис. 1. Схеми притискних пристроїв:

Fig. 1. Plans clamping devices:

а - транспортерний; б - лопатевий; в - кривошипно-клавішний; г - кривошипно-планчастий; д - шарнірно-планчастий; е - обгорткоразсікаючий щітковий.

Шарнірно-планчастий пристрій є найпростішим але й малоефективним. Складається з декількох рядів шарнірно-закріплених притискних планок, встановлених над похилими очисними вальцями. Притиснення качанів регулюється вагою вантажів, що закріплюються на кінцях притискних планок. Качани, рухаючись по вальцях, підводять притискні планки і проходять під ними.

Тому такі притискні пристрої не тільки не сприяють просуванню качанів вздовж каналів апарату, а, навпаки, створюють додаткову перешкоду просуванню качанів. Зайва затримка качанів на очисних вальцях супроводжується підвищеним вилущуванням зерна.

Ступінь очищення качанів від обгортки качаноочисними пристроями залежить від багатьох чинників, зокрема, від довжини та кількості пар

очисних вальців, кута нахилу їх до горизонту та частоти обертання, активності робочих поверхонь вальців і їх діаметру, взаємного розташування вальців в апараті, рівномірності завантаження очисних вальців ворохом качанів, а також загального стану самого вороху. Великий вплив на якість технологічного процесу очистки робить вологість качанів і обгорток, засміченість листостебловими домішками, наявність в воросі вже очищених (в процесі відокремлення качанів) і, головним чином, розпушуваність обгорток на качанах. Сучасні качаноочисні пристрої в найкращому разі при певних умовах здатні забезпечувати ступінь очищення від обгорток на рівні 90-92 %. Проте при цьому подача на кожну пару очисних вальців не повинна перевищувати певних значень. Для отримання високого ступеню очищення качанів кукурудзи та забезпечення високої продуктивності під час проектування необхідно обрати найбільш довершену конструкцію очисного апарату, а також притискного пристрою, яка буде найефективніше використовуватись з запропонованою конструкцією.

Пропускна спроможність очисних вальців зростає із збільшенням кута нахилу вальців до горизонту, але при цьому ступінь очистки зменшується, оскільки качани під дією власної ваги швидше сходять з вальців. При цьому вальці не встигають обірвати з качанів обгортки. Із зменшенням кута нахилу пропускна спроможність вальців зменшується, але збільшується ступінь очищення, але при цьому зростає пошкодження качанів. Кут нахилу вальців залежить від типу притискного пристрою. При використанні притискних пристроїв активної групи вальці рекомендується встановлювати під кутом до горизонту не більш 10-15°. Для притискних пристроїв пасивної групи кут нахилу рекомендується збільшувати до 30-35°. Для збільшення ефекту очищення вальці, які утворюють ложе, рекомендується розташовувати на різній висоті. Таким розташуванням створюється сприятлива умова для придання качанам обертального руху

навколо своєї вісі в результаті взаємодії різних по значенню сил тертя качана об верхній та нижній вальці. Для посилення ефекту обертання доцільно в нижнє положення встановлювати вальці, що мають більший коефіцієнт тертя об качан. Зсув вальців по висоті найкраще обирати в межах 15-30 мм. Ефект обертання качанів на вальцях можна підсилити, якщо збільшити окружну швидкість нижнього вальця, на який приходить більша частина ваги качана. Це можна досягти або збільшенням частоти обертання вальця, або збільшенням його діаметру. Але в обох цих випадках збільшиться знос очисних вальців, оскільки різницю окружних швидкостей дотичних поверхонь вальців викличе поява додаткових сил тертя.

Для того, щоб процес очищення качанів був рівномірним, та давав найкращу якість необхідною і достатньою умовою буде те, щоб качани кукурудзи подавались рівномірним шаром. З урахуванням того, що качани в каналі очисного апарату повинні рухатися в один шар своїми повздовжніми вісями вздовж каналу, пропускна спроможність однієї пари очисних вальців визначиться залежністю:

$$q_{nco} = g_n v_n / (l_n + \Delta l_n),$$

де  $g_n$ , - середня маса очищеного качана, кг;

$l_n$  - середня довжина качана, м;

$\Delta l_n$  - практично немінучий середній інтервал між качанами в каналі очисного апарату;

$v_n$  - швидкість переміщення качанів по каналах, м/с.

Пропускна спроможність багатовальцевого очисного апарату визначається наступним виразом:

$$Q = g_n v_n k_0 / (l_n + \Delta l_n),$$

де  $k_0$ - загальна кількість пар вальців в очисному апараті.

$$Q_{nco} = 3,6 g_n x_n k_0 / (l_n + \Delta l_n).$$



Дослідженнями та випробуваннями встановлено, що окружну швидкість вальців слід обирати в межах 0,9 - 1,3 м/с. Із збільшенням швидкості, як правило, збільшується пропускна спроможність очисних вальців, проте вже при швидкостях понад 1,1 - 1,3 м/с спостерігається нестабільне переміщення качанів по вальцях, збільшується пошкодження качанів і зерна, а подальше збільшення швидкості починає знижувати захоплюючу здатність вальців, при цьому ступінь очищення знижується.

У зв'язку з ширшим застосуванням в сучасних машинах стріперних апаратів, які дають більше забруднення вороху качанів листям та уламками стебел, виникає невідкладна необхідність попереднього очищення такого вороху від цих домішок перед подачею в відомі качаноочисні пристрої.

Підводячи підсумки по ефективності відомих в даний час інструкцій качаноочисних пристроїв слід зазначити, що найбільш перспективним напрямом їх розвитку слід вважати використання очисних апаратів з обгорткоразсікаючими притискними пристроями, переважно щітковими, як найбільш простими по пристрою та менш трудомісткими у виготовленні. В процесі досліджень очисного пристрою кукурудзозбирального комбайна ККП-3 нами була розроблена та досліджена схема обгорткоразсікаючого щіткового притискного пристрою. Замість лопатевого притискного пристрою було встановлено чотирьохвальний обгорткоразсікаючий пристрій (рис. 2).

На запропонованому качаноочисному пристрої лопаті виготовлені із гуми діаметром 0,5 мм, діаметр щіток 150 мм. На валах притискного пристрою барабани набрані з пакетів таких щіток. Перший (по ходу качанів) та третій щіткові барабани виконують функції розтину обгортки і притиснення качанів до вальців. Ці барабани підтримуються пружинними підвісками, регулюючими силу притиснення качанів до вальців і зазор між кінцями щіток і вальцями. Другий та четвертий барабани виконують

функції очищення розсікаючих барабанів від рослинних залишків, що накололися на щітки, та маючи порівняно з барабанами меншу окружну швидкість, пригальмовують рух качанів по каналу, підсилюючи цим ефективність дії розсікаючих барабанів. Ці барабани розташовані над вальцями на незмінній висоті, а кола руху кінців їх щіток декілька перекривають аналогічні кола розсікаючих барабанів, що дозволяє їм зчищати рослинні залишки.

Обгорткорозсікаючий пристрій окрім притиску качанів до вальців виконують розсічення обгортки вздовж качана.

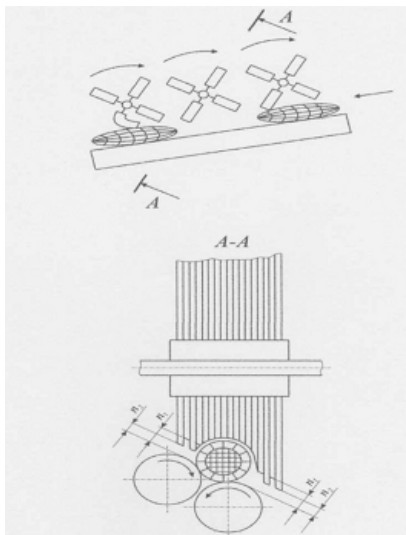


Рис. 2. Схема запропонованого обгорткорозсікаючого притискного пристрою

Fig. 2. The scheme proposed obbortkorazsikayachoho prytisknogo prystroyu

Розсічені обгортки втрачають взаємний зв'язок і розпушуються (рис. 3), що полегшує їх захоплення вальцями. Окружні швидкості кінців щіток у розсікаючих пристроях більше швидкостей розсікаючих щіткових валів, щітки яких виконують функції очищення щіток від дрібних рослинних домішок, що накололися на них. При цьому качан, що потрапив під зчищаючу щітку, декілька пригальмовується. Обгортки такого качана інтенсивно розсікаються щіткою, що сприяє їх розпушуванню та кращому захопленню вальцями. Крім того, щітки сприяють просуванню качанів по

каналах і ефективніше здійснюють притиск качанів, оскільки окремі щітки еластично облягають поверхню качана.

Дослідженнями встановлені оптимальні частоти обертання щіткових барабанів: для тих, що розсікають це 450 об/мин, для тих, що зчищають об/мин. По-кадрове вивчення процесу очищення качанів показало, що обгортки з переважної більшості качанів обриваються вже в першій половині довжини очисних вальців. Обробка великого об'єму лабораторних проб, проведених на макетній установці, дозволила вивести (для оптимальних швидкостей вальців) емпіричні залежності якісних показників роботи обгорткорозсікаючого пристрою від частоти обертання очисних вальців.

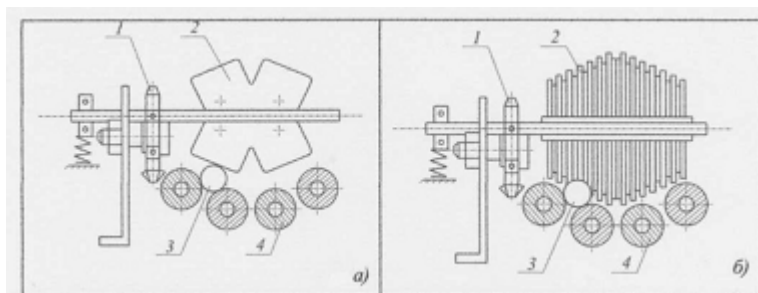


Рис. 3. Обгорткорозсікаючий притискний пристрій

Fig. 3. Obhortkorazsikayuchyuy platen

а) існуючий серійний; б) запропонований І - привідна зірочка; прижимні лопаті; 3 - качан кукурудзи; 4 - валець

Продуктивність (у кг/с) однієї пари вальців:	$q_{mo} = 0,187 n_g 0,4/3,6$	(4)
Ступінь (у %) очищення качанів від обгортки:	$e = 0,14 n_g - 1,85 \cdot 10^{-4} n_g^2 + 68,3$	(5)
Ступінь (у %) вилушування зерна з качанів:	$P = 4,8 \cdot 10^{-3} n_g + 2,76$	(6)
Ступінь (у %) пошкодження поверхні зерен на качанах:	$\delta = 3,5 \cdot 10^{-4} n_g + 0,07$	(7)
де $n_g$ - частота обертання очисних вальців, об/хв.		

Для режимів роботи в очисного пристрою в наступних інтервалах:

- 450 - 500 об/хв - розсікаючий пристрій;
- 385 - 410 об/хв - зчищаючий пристрій обгорткорозсікаючого

притискного пристрою;

- оптимальна частота обертання очисних вальців знаходиться в інтервалі 380 - 400 об/хв.

На таких режимах роботи, при силі натиснення на качан 20 - 50 Н, відстані між поверхнею нижніх вальців ложа та кінцями щіток розсікаючого барабана 3 -5 мм, а кінцями щіток зчищаючого барабана 60 мм, куті нахилу вальців до горизонту 12° ступень очищення качанів від обгорток знаходитиметься на рівні 98,3 - 98,5 %, пропускна спроможність однієї пари вальців приблизно 0,55 - 0,60 кг/с, вилущування зерна 4,6 - 5,27 %, пошкодження поверхні зерен на качанах 0,16