

УДК 631.355.072/1

О.І. Ракул, В.Є. Пилип, асистенти

Миколаївський національний аграрний університет, Миколаїв

Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів апарату багатофакторної дії для збирання кукурудзи

Наведено результати теоретичних досліджень основних способів відокремлення качанів кукурудзи від стебел і розроблені відповідні математичні моделі. Розглянуто технологічний процес відокремлення качанів при поєднанні багатьох сил, а також проведена оцінка результуючої напруги. На підставі отриманих рівнянь визначенні шляхи подальшого розвитку кукурудзозбиральної техніки нового покоління.

кукурудза, відокремлення качанів, качановідокремлювальний апарат, багатофакторна дія, математична модель

А.И. Ракул, В.Е. Пилип, ассистенты

Николаевский национальный аграрный университет, Николаев

Обоснование конструктивно-технологических параметров аппарата многофакторного действия для уборки кукурузы

Приведены результаты теоретических исследований основных способов отделения початков кукурузы от стеблей и разработаны соответствующие математические модели. Рассмотрен технологический процесс отделения початков при сочетании многих сил, а также проведенная оценка результирующего напряжения. На основании полученных уравнений определены пути дальнейшего развития кукурузоуборочной техники нового поколения.

кукуруза, отделение початков, початкоотделительный аппарат, многофакторное действие, математическая модель

Постановка проблеми. Важливим технологічним процесом при збиранні кукурудзи на зерно, що в значній мірі регламентує якісні та кількісні показники зібраного врожаю, є відокремлення качанів кукурудзи від стебел. Однак поставлені на виробництво ще в середині минулого сторіччя пікерно-стриперні качановідокремлювальні апарати, які встановлені на більшості кукурудзозбиральних машин світу, за якісними показниками роботи знаходяться на неналежному рівні. В значній мірі незадовільна якість виконання заданого технологічного процесу пояснюється тим, що в основу їх роботи покладений принцип відокремлення за рахунок повздовжнього розтягування плодоніжки, що призводить до її розриву. Але у деяких випадках опір розриву стебла може бути меншим, ніж у плодоніжки, що призведе до втрати врожаю вільними качанами [1]. До того ж, за рахунок значного натягу плодоніжки та різкому її руйнуванню не виключена можливість вильоту качана після відокремлення за межі жатки.

Тому розробка нової конструкції качановідокремлювального апарату, який відповідає міжнародним вимогам якості, стандартизації та сертифікації, а також його теоретичне обґрунтування є важливою науковою задачею.

Аналіз останніх досліджень. Значний об'єм робіт по вдосконаленню качановідокремлювального апарату проведений ученими різних науково-дослідних установ колишнього СРСР. Окремі елементи цього питання вирішувалися в КБ Херсонського комбайнового заводу, але на жаль основна частина досліджень була призупинена на початку 90-х років минулого сторіччя.

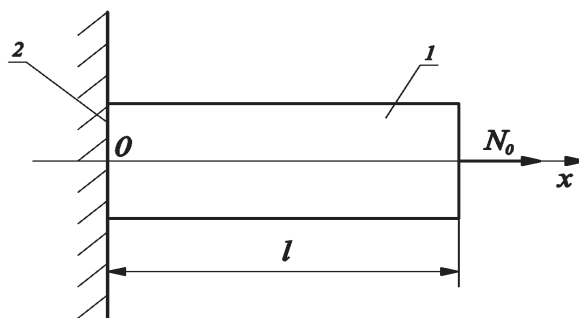
Величезний внесок у розвиток цієї галузі зробили ряд учених. Передусім слід згадати роботи П.П. Карпуши, Н.Ф. Туделя, Л.І. Анисимовой, К.В. Шатилова, М.І. Конопельцева, К.І. Шмата [3, 4, 5, 8] у яких освітлені питання протікання технологічних процесів, а також кінематичних залежностей в розробляємих конструкціях. На підставі цих досліджень з'явилась загальна думка, що найбільш перспективним шляхом вдосконалення качановідокремлювальних апаратів є стабілізація параметрів процесу відокремлення качанів. Тобто перехід від конструкцій, в яких відокремлення качанів носить випадковий, хаотичний характер, до конструкцій, в яких ці процеси прогнозовані на основі певних закономірностей [8].

Найбільш простим способом вирішення поставленої задачі є введення в зону відокремлення качанів додаткових сил, а саме різання, кручення, згинання та інших або їх комбінацію. При цьому процес відокремлення буде відбуватися при складній деформації плодоніжки, що дозволить знизити необхідне зусилля для відокремлення качана, а отже і загальні втрати врожаю.

Метою роботи є обґрунтування роботи пікерно-стриперного качановідокремлювального апарату шляхом розробки математичної моделі процесу відокремлення качанів при комплексному поєднанні декількох сил.

Результати дослідження. По-перше розглянемо роботу серійного качановідокремлювального апарату в якому відокремлення качанів відбувається за рахунок розтягування плодоніжки.

Для цього, як модель руйнування плодоніжки, вибираємо розтягну пружну нитку постійного перетину S_0 . Нитка тягнеться протягувальними вальцями до моменту зіткнення (удару) основою качана об перешкоду (стриперні пластини). Розгляд процесу розпочинаємо з моменту контакту основи качана (рис. 1) зі стріперними пластинами, який приймаємо за нульовий момент часу ($t = 0$). Дію протягувальних вальців замінимо раптово прикладеною силою N_0 до вільного кінця нитки ($z = l$). Лівий кінець нитки вважаємо закріпленим між стріперними пластинами.



1 – нитка; 2 – основа

Рисунок 1 – Розрахункова схема (модель)

У разі статичного навантаження плодоніжки в модельній нитці виникає напруга, однакова по її довжині [7]:

$$\sigma = \frac{N_0}{S_0}, \quad (1)$$

де S_0 – площа перетину нитки.

Початкові умови вважаємо нульовими, тобто вважаємо, що до моменту $t = 0$ нитка знаходиться у спокої:

$$t = 0; \quad u(0, z) = 0; \quad \frac{\partial u(0, z)}{\partial t} = 0, \quad (2)$$

де t – час;

u – функція поздовжніх деформацій.

Граничні умови в точці закріплення нитки ($z = 0$) запишемо як $z = 0, u = (0, t)$.

Максимальне значення деформації нитки $u(t, z)$ досягається у момент часу $t_1 = 2l/a_0$ в точці прикладання сили N_0 ($z = l$):

$$u_{\max} = \frac{16N_0l}{ES\pi^2} \sum_n \frac{1}{n^2}, \quad (n = 1, 3, 5, \dots), \quad (3)$$

де l – довжина нитки;

E – модуль пружності 1-го роду (модуль Юнга) матеріалу хвилеводу.

При динамічному навантаженні:

$$u_{\max} = \frac{2N_0l}{ES_0}. \quad (4)$$

У разі статичного навантаження:

$$u_{\max} = \frac{N_0l}{ES_0}. \quad (5)$$

Тепер знайдемо максимальне зусилля в нитці:

$$T_{\max} = \frac{8N_0ES_0}{\pi q_0 a_0^2} \sum_n \frac{(-1)^{\frac{n-1}{2}}}{n}, \quad (6)$$

де q_0 – маса нитки (плодоніжки) одиничної довжини;

a_0 – швидкість хвиль в плодоніжці.

Таким чином, динамічне руйнування нитки силою N_0 дасть зусилля в точці закріплення плодоніжки та качана [7]:

$$T_{\max} = 2N_0. \quad (7)$$

що у 2 рази більше зусилля при статичному навантаженні силою N_0 .

Знайдемо напругу в нитці при руйнуванні:

$$\sigma_{\max} = \frac{T_{\max}}{S} = \frac{2N_0}{S}. \quad (8)$$

Виходячи з (7) видно, що для більш ефективного виконання технологічного процесу роботи відокремлення качанів необхідно прагнути до збільшення швидкості обертання протягувальних вальців. Однак досить високі швидкості протягування та значні зусилля відокремлення призводять до вильоту качанів за межі жатки, тим самим зменшуючи повноту збирання врожаю.

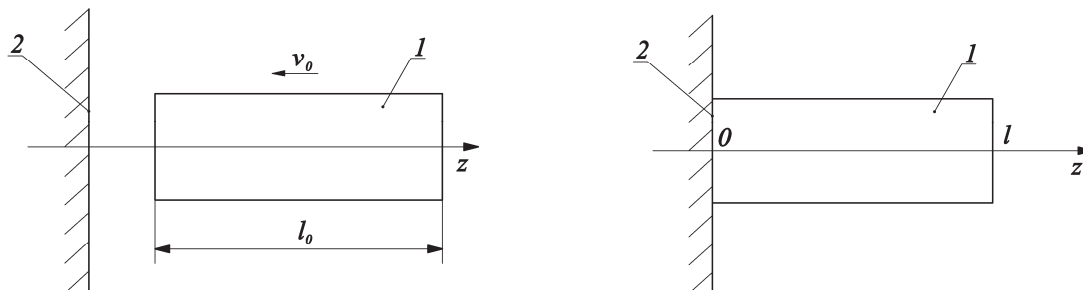
Відокремлення качанів в пікерно-стриперних апаратах невід'ємно супроводжується ударом останніх об стриперні пластини, тому наступним кроком в вивченні роботи качановідокремлювальних апаратів буде дослідження даного явища.

Взаємодію качана зі стриперними пластинами можна розглянути як удар пружного стрижня, що рухається зі швидкістю v_0 , по нерухомій плиті (рис. 2), маса якої значно перевищує масу стрижня. Вважаємо, що стриперні пластини не деформуються і залишаються нерухомими.

Розглянемо дві моделі удару. У першому випадку хвильовими процесами в качані нехтуватимемо. Вважаємо, що качан деформується повністю одночасно по всій довжині. Розподіл напруження в качані апроксимуємо лінійною залежністю виду:

$$\sigma(z) = \sigma_0 \frac{z}{l}, \quad (9)$$

де z – координата, величина якої відрізняється від вільного кінця качана;
 σ_0 – напруження в взаємодіючій зі стріперними пластинами основі качана;
 l – довжина качана;
 $\sigma(z)$ – напруження в точці з координатою z .



1 – стрижень (качан); 2 – плита (стріперні пластини)

Рисунок 2 – Схема взаємодії (удару) стрижня об стріперні пластини

Зусилля в качані визначається як:

$$T(z) = S_0 \sigma(z), \quad (10)$$

де S_0 – площа поперечного перетину качана.

На нескінченно малій ділянці качана dz отримаємо повну роботу деформації всього качана:

$$A = \frac{\sigma_0^2 S_0 l}{6 E}, \quad (11)$$

де E – модуль пружності.

Прирівняємо роботу деформації (11) до кінетичної енергії, знайдемо [6]:

$$\sigma_0 = \sqrt{3} \frac{v_0}{a_0} E, \quad (12)$$

де a_0 – швидкість поздовжніх хвиль в качані. $a_0 = \sqrt{E/\rho}$.

Тоді, підставляючи (12) в (10), отримаємо вираз для визначення зусилля в качані при ударі:

$$T = \sqrt{3} \frac{v_0}{a_0} E S_0. \quad (13)$$

У другому випадку вирішимо це ж завдання, використовуючи хвильову модель стрижня.

Максимального значення переміщення правого торця качан ($z = l$) досягає при $t = l/a_0$ [2]:

$$u_{\max} = -\frac{8v_0 l}{\pi^2 a_0} \left(1 + \frac{1}{9} + \frac{1}{25} + \dots \right) = -\frac{v_0 l}{a_0}. \quad (14)$$

Максимальне значення зусилля в точці $z = 0$ досягається у момент часу $t_1 = l/a_0$:

$$T_{\max} = -\frac{4v_0 E S_0}{\pi a_0} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{2n-1} = -\frac{v_0}{a_0} E S_0 = -v_0 S_0 \sqrt{\rho E}, \quad (n = 1, 3, 5, \dots). \quad (15)$$

Таким чином, вірне рішення задачі (15) відрізняється від наближеного (13) множителем $\sqrt{3}$. Наближене рішення дасть завищене значення.

Виходячи з вищесказаного можна зробити висновок, що використання хвильової теорії дасть більш точніше уявлення про процеси, які проходять в качані при його

відокремленні за рахунок удару об стріперні пластини. Однак удар, в процесі качановідокремлення, залишається небажаним явищем, оскільки в результаті такої взаємодії качана зі стріперними пластинами виникає велика вірогідність руйнування основи качана, що в подальшому при його транспортуванні робочими органами кукурудзозбиральних машин і очищені від обгортки призведе до часткового, а в гіршому випадку і до повного вилущення зерна, тим самим підвищуючи загальні втрати врожаю.

Якщо розглядати поєднання декількох сил у процесі качановідокремлення, то одним з перспективних шляхів інтенсифікації даного процесу є комплексне використання розтягування плодоніжки разом з її закручуванням. При цьому кручення буде виступати в ролі додаткового руйнуючого зусилля.

Розглянемо технологічну схему, в якій кручення тіла плодоніжки здійснюється закручуванням качана прогумованою стрічкою зі швидкістю v_1 . Одночасно обертанням протягувальних вальців здійснюється переміщення качана в бік стріперних пластин зі швидкістю v_0 , після досягнення яких відбувається його відокремлення.

Що стосується взаємодії качана з рухомою стрічкою, то можливо два варіанти моделювання процесу закручування.

Перший варіант закручування качана без прослизання. Тоді кут закручування визначиться як [7]:

$$\varphi_{\max} = \frac{v_1}{v_0} \frac{h}{R}, \quad (16)$$

де R – середній радіус качана;

h – шлях, пройдений качаном за час контакту зі стрічкою.

Другий варіант визначення кута закручування з рівняння крутильного маятника (рис. 3):

$$I_o \ddot{\varphi} + \frac{I_p G}{l} \varphi = M(t), \quad (17)$$

де I_p – полярний момент інерції для круглого валу (як моделі плодоніжки);

I_o – момент інерції качана щодо вісі симетрії;

G – модуль зрушення (модуль пружності II роду) для матеріалу валу (плодоніжки);

l – довжина валу (плодоніжки);

$M(t)$ – крутний момент від дії сили тертя між качаном і прогумованою стрічкою.

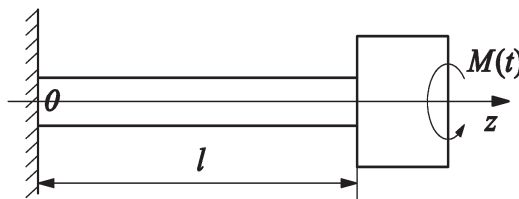


Рисунок 3 – Розрахункова схема крутильних деформацій

При цьому максимальний кут закручування дорівнює:

$$\varphi_{\max} = \varphi(t_1) \approx \frac{M_0}{I_o} \cdot \frac{1 - \cos \omega t_1}{\omega^2}, \quad (18)$$

де t_1 – час дії закручування, рівний проміжку між моментом входу качана в контакт зі стрічкою та моментом удару качана об стріперні пластини.

Тепер знайдемо крутний момент в перетині кріплення качана до плодоніжки:

$$M_{кр \max} = \frac{M_0}{I_o} \frac{GI_p}{l} \frac{1 - \cos \omega t_1}{\omega^2} = M_0 (1 - \cos \omega t_1). \quad (19)$$

Максимального значення момент (19) досягає при $\cos\omega t_1 = -1$ або при $\omega t_1 = \pi$. Тоді $M_{кр. max} = 2M_0$.

Найбільшу дотичну напругу кручення визначимо як [6]:

$$\tau_{max} = \frac{M_{кр. max}}{W_p}, \quad (20)$$

де W_p – момент опору валу при крученні.

Для круглого перетину валу:

$$W_p = \frac{I_p}{R} = \frac{\pi R^3}{2}. \quad (21)$$

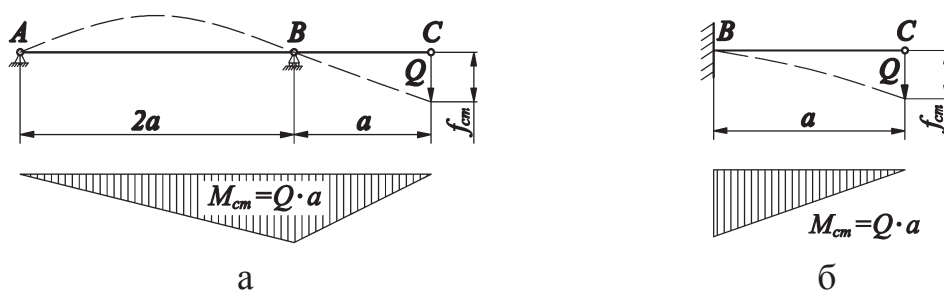
Іншим перспективним шляхом усунення недоліків роботи серійних качановідокремлювальних апаратів вважається введення в зону качановідокремлення додаткового зусилля зламу плодоніжки. Тому розглянемо технологічну схему, в якій обертанням протягувальних вальців здійснюється переміщення качанів до стриперних пластин. При цьому, за рахунок конструктивних змін качановідокремлювального апарату, качани займають положення, відмінне від вертикальності, що і забезпечує злам плодоніжки.

Напруження в плодоніжці при дії вигинаючого моменту M визначиться як:

$$\sigma_{cm} = \frac{M_{cm}}{W}, \quad (22)$$

де W – момент опору перетину.

Розглянемо дві схеми статичного навантаження (рис. 4). Вважаємо, що довжина качана $l = 2a$, довжина плодоніжки теж рівна $2a$.



а – з шарнірним затисканням в точці В; б – з жорстким затисканням у точці В

Рисунок 4 – Схеми статичного навантаження

У обох випадках напруження вигину однакові, а коефіцієнти динамічності в другому випадку більше в $\sqrt{3}$, ніж в першому.

Визначимо динамічне напруження вигину [7]:

$$\sigma_{\delta} = \sigma_{cm} \cdot k_{\delta}. \quad (23)$$

де σ_{cm} – напруження при статичному навантаженні;

k_{δ} – коефіцієнт динамічності.

Тоді по першій схемі отримаємо:

$$\sigma_{\delta} = 32 \frac{Q_0 a}{\pi d^3} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{v_0^2 EI}{g Q_0 a^3}} \right]. \quad (24)$$

По другій схемі:

$$\sigma_{\delta} = 32 \frac{Q_0 a}{\pi d^3} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{3v_0^2 EI}{g Q_0 a^3}} \right]. \quad (25)$$

Розглянуті способи відокремлення качанів по одинці не в змозі забезпечити необхідний якісний рівень процесу качановідокремлення, їх необхідно використовувати комплексно. Лише в такому разі можливо досягти істотного поліпшення роботи качановідокремлювальних апаратів.

Для оцінки результуючої напруги скористаємося відомими теоріями міцності [7], в результаті чого отримаємо:

$$\sigma_{\Sigma} = \frac{1}{2} \left[\sigma_{p.e.} + \sqrt{\sigma_{p.e.}^2 + 4\tau_k^2} \right]; \quad (26)$$

$$\sigma_{\Sigma} = \left[0,35\sigma_{p.e.} + 0,65\sqrt{\sigma_{p.e.}^2 + 4\tau_k^2} \right]; \quad (27)$$

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_{p.e.}^2 + 4\tau_k^2}; \quad (28)$$

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_{p.e.}^2 + 3\tau_k^2}, \quad (29)$$

де $\sigma_{p.e.} = \sigma_p + \sigma_e$ – сума нормального напруження;

σ_e – динамічне напруження вигину;

σ_p – *тах* напруження розтягування;

τ_k – *тах* дотичне напруження кручення.

Висновки. В результаті проведених досліджень основних способів відокремлення качанів розроблена математична модель качановідокремлення при поєднанні багатьох сил, яка дає можливість встановити закономірності зміни основних кінематичних параметрів качановідокремлювального апарату багатофакторної дії.

Подальші дослідження, після перевірки отриманих результатів на лабораторних приладах, будуть зосереджені на практичному втіленні даних розробок при проектуванні та виготовленні кукурудзозбиральної техніки.

Список літератури

1. Демко А. Чому втрати урожаю – не збитки, а статистика? / А. Демко, О. Демко // Пропозиція, 2009. – № 9. – С. 100-104.
2. Ерофеев В.И. Волны в стержнях. Дисперсия. Диссипация. Нелинейность. / В.И. Ерофеев, В.В. Кажаяев, Н.П. Семерикові. – 2002. М.: Физматлит. – 208 с.
3. Карпуша П.П. Оптимальні параметри качановідокремлювачів очісувального типу / П.П. Карпуша, М.І. Конопельцев // Вісник сільськогосподарської науки. – К., 1970. – № 6. – С. 40-43.
4. Конопельцев М.И. Обоснование параметров протягивающих вальцов початкоотделяющего аппарата очесывающего типа // Сб. науч. тр. УСХА, Киев, – 1973. – Вып. 100. – С. 15-19.
5. Кукурудзозбиральні комбайни: теоретичні основи, конструкція, проектування. Навчальний посібник / К.І. Шмат, О.Е. Самарін, Є.І. Бондарев, О.В. Мигальов. – Херсон: ОЛДІ-плюс, 2009. – 140 с.
6. Манжосов В.К. Удар. Распространение волн деформаций в ударных системах / В.К. Манжосов, В.Э. Еремьянц. – М.: Наука, 1985. – 358 с.
7. Сагомоян А.Я. Волны напряжения в силовых средах. Учебное пособие / А.Я. Сагомоян. – М.: Изд.-во Моск. ун-та, 1985. – 416 с.
8. Шатилов К.В. Кукурузоуборочные машины / К.В. Шатилов, Б.Д. Козачок, А.П. Орехов и др. – М.: Машиностроение, 1981. – 224 с.

Oleksandr Rakul, Volodimir Pylyp

Mykolayiv national agrarian university

Justification of structural and technological parameters multi-action device for corn harvesting

The aim is justification work corn picker by developing a mathematical model of the process separation of ears in the complex combination several forces.

Are given results theoretical researches basic methods of separation the corn-cobs are conducted from stems and corresponding mathematical models are worked out. The technological process separation of ears is considered at combination of many forces, and making assessments of the resultant voltage. Based on these equations are defined ways further development of corn-harvesting technical new generation.

Developed a mathematical model separation of ears the combination of many forces, which makes it possible to change the basic laws of kinematic parameters corn picker multi-device action.

corn, corn picking, corn picker, multivariable action, mathematical model

Одержано 24.10.14

УДК 631.53.027.3

Є.К. Сербій, доц., канд. техн. наук

Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва ім. Леоніда Погорілого, смт Дослідницьке, Київська обл.

Міцнісні властивості компонентів для дражирування насіння

В статті обґрунтовано доцільність та наведено методику експериментальних досліджень з визначення міцнісних властивостей компонентів для дражирування насіння, встановлено залежності модуля Юнга та максимальної відносної деформації зразків з суміші бентоніту та гумату від її кількісного складу та абсолютної вологості, перевірено їх адекватність.

міцність, бентоніт, гумат, абсолютна вологість, відносна деформація, модуль пружності, дражироване насіння

Е.К. Сербий, доц., канд. техн. наук

Украинский научно-исследовательский институт прогнозирования и испытаний техники и технологий для сельскохозяйственного производства имени Леонида Погорелого, пгт Доследницькое, Киевская обл.

Прочностные свойства компонентов для дражирования семян

В статье обоснована целесообразность и приведена методика экспериментальных исследований по определению прочностных свойств компонентов для дражирования семян, установлены зависимости модуля Юнга и максимальной относительной деформации образцов из смеси бентонита и гумата от его количественного состава и абсолютной влажности, проверено их адекватность.

прочность, бентонит, гумат, абсолютная влажность, относительная деформация, модуль упругости, дражированные семена

Постановка проблеми. Виробництво продукції рослинництва є одним з пріоритетних напрямків діяльності галузі агропромислового комплексу та формування продовольчої безпеки держави в цілому. Серед різноманіття традиційних та інноваційних технологій вирощування рослин деякі технологічні операції є загальними та визначальними при програмуванні якості та кількості майбутнього врожаю. До таких операцій слід віднести, поперед усього, висів – має забезпечувати рівномірне розподілення насіння по полю, що формує рівноцінні зони живлення для кожної рослини. В свою чергу, біологічне різноманіття насіння за розмірами, формою, станом

© Є.К. Сербій, 2014