УДК 631.355.072/1

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ УДАРНОГО ВИГИНУ ПЛОДОНІЖКИ КУКУРУДЗИ ПІД ЧАС ВІДОКРЕМЛЕННЯ КАЧАНІВ

О. Ракул, асистент
Миколаївський національний аграрний університет

Ключові слова: качановідокремлювальний апарат, відділення качанів, математична модель, вигин, плодоніжка.

Розроблена математична модель ударного вигину плодоніжки при відділенні качанів від стебел. На підставі отриманих рівнянь визначені шляхи подальшого розвитку кукурудзозбиральної техніки.

Постановка проблеми. Відокремлення качанів кукурудзи від стебел є важливим технологічним процесом під час збирання кукурудзи на зерно, що значною мірою регламентує якісні та кількісні показники зібраного врожаю. На жаль, поставлені на виробництво ще в середині минулого сторіччя пікерно-стриперні качановідокремлювальні апарати, які встановлені на більшості кукурудзозбиральних машин світу, за якісними показниками роботи є на неналежному рівні. Значною мірою незадовільна якість виконання заданого технологічного процесу пояснюється тим, що в основу їх роботи покладено принцип відокремлення за рахунок поздовжнього розтягування плодоніжки, що призводить до її розриву. Однак у деяких випадках опір розриву стебла може бути меншим, ніж у плодоніжки, що призведе до втрати врожаю вільними качанами [3]. До того ж за рахунок значного натягу плодоніжки та різкого її руйнування не виключена можливість вильоту качана після відокремлення за межі жатки.

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

Аналіз останніх досліджень і публікація. На основі досліджень П.П. Карпуші, Н.Ф. Туделя, Л.І. Анісімової, К.В. Шатилова, М.І. Конопельцева, К.І. Шмата та інших з’явилась загальна думка, що найбільш перспективним шляхом удосконалення качановідокремлювальних апаратів є стабілізація параметрів процесу відокремлення качанів. Тобто перехід від конструкцій, в яких відокремлення качанів має випадковий, хаотичний характер, до конструкцій, в яких ці процеси прогнозовані на основі певних закономірностей [2; 5].

Найпростішим способом розв'язання поставленої задачі є введення в зону відокремлення качанів додаткових сил, а саме сил різання, кручення, згинання та інших, або їх комбінації. При цьому процес відокремлення відбуватиметься при складній деформації плодоніжки, що дасть змогу знизити необхідне зусилля для відокремлення качана, а отже, і загальні втрати врожаю.

Поставка завдання. Метою роботи є обґрунтування роботи пікерно-стриперного качановідокремлювального апарата, за допомогою розробки математичної моделі процесу ударного вигину плодоніжки під час відокремлення качанів від стебел.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо технологічну схему (рис. 1), в якій обертанням протягувальних вальців 1 здійснюється протягування плодоніжки 2 між стриперними пластинами 5 і 6. При досягненні качаном 3 стриперної пластини 5 він нахиляється в бік стриперної пластини 6, вигинаючи при цьому плодоніжку 2 та займаючи постійний кут орієнтації, і відокремлюється. При цьому притискний пристрій 4 забезпечує додаткове притискання качана 3 до стриперної пластини 6.

На практиці відомо [1], що деформація вигину та напруження вигину під час удару пропорційні статичним величинам. На основі цього в інженерній практиці розрахунки на міцність при динамічних навантаженнях виконують за методом статичного навантаження, але з введенням коефіцієнта динамічності

$$f_д = f_{ст} \cdot k_д, \quad \sigma_д = \sigma_{ст} \cdot k_д, \qquad (1)$$

де $f_{ст}$, $f_д$ – напрями прогну відповідно за статичних і динамічних навантажень;

$\sigma_{ст}$, $\sigma_д$ – напруження відповідно за статичного і динамічного навантаження;

$k_д$ – коефіцієнт динамічності.

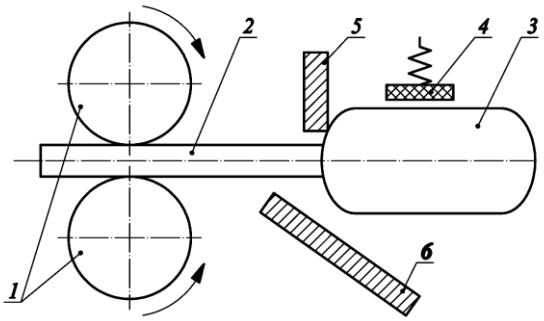


Рис. 1. Технологічна схема ударного вигину плодоніжки:
1 – протягувальні вальці; 2 – плодоніжка; 3 – качан; 4 – притискний пристрій;

5, 6 – стриперні пластини.

Коефіцієнт динамічності при ударі визначають за формулою [4]:

$$k_{\partial} = 1 + \sqrt{1 + \frac{T_0}{U_0}}, \qquad (2)$$

де T_0, U_0 – кінетична та потенціальна енергії.

Кінетична енергія тіла, що ударяється,

$$T_0 = Q_0 \cdot h_0, \qquad (3)$$

де h_0 – висота падіння.

$$Q_0 = M_0 \cdot g, \qquad (4)$$

де M_0 – маса качана;

g – прискорення вільного падіння.

Потенціальна енергія плодоніжки при вигині

$$U_0 = \frac{1}{2} f_{cm} \cdot Q_0. \qquad (5)$$

Тоді, підставляючи (3) і (5) у вираз для коефіцієнта динамічності, отримаємо

$$k_{\partial} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h_0}{f_{cm}}}. \qquad (6)$$

У разі, якщо $2h_0 / f_{cm} >> 1, k_{\partial} \approx \sqrt{2h_0 / f_{cm}}$.

У момент удару швидкість падаючого тіла визначимо за відомим виразом

$$\upsilon_0 = \sqrt{2gh_0} \text{ а } h_0 = \frac{\upsilon_0^2}{2g}. \qquad (7)$$

Враховуючи (5), знайдемо

$$k_{\partial} = 1 + \sqrt{1 + \frac{\upsilon_0^2}{gf_{cm}}}; \; k_{\partial} \approx \sqrt{\frac{\upsilon_0^2}{gf_{cm}}}; \qquad (8)$$

Напруження в плодоніжці за дії відомого вигинаючого моменту M визначимо за формулою

$$\sigma_{cm} = \frac{M_{cm}}{W}, \qquad (9)$$

де W – момент опору перегину.

Для суцільного круглого стрижня діаметром d маємо

$$W = \frac{\pi d^3}{32}. \qquad (10)$$

Наведемо ще осьовий момент інерції $I = W \cdot d^4 = \pi d^4 / 64$ і площу перерізу $F = \pi d^2 / 4$.

У разі малих збуджень, коли $2h_0 / f_{cm} << 1$, отримаємо

$$k_д \approx 2 + \frac{h_0}{f_{cm}} \approx 2. \qquad (11)$$

При $h_0 = 0$, тобто при раптовому прикладанні статичного навантаження, коефіцієнт динамічності дорівнює 2. В цьому випадку ($x_0 = 0$) динамічне напруження у два рази більше від статичного.

Розглянемо дві схеми статичного навантаження. Вважаємо, що довжина качана $l = 2a$, довжина плодоніжки теж дорівнює $2a$. На рис. 2, а маємо

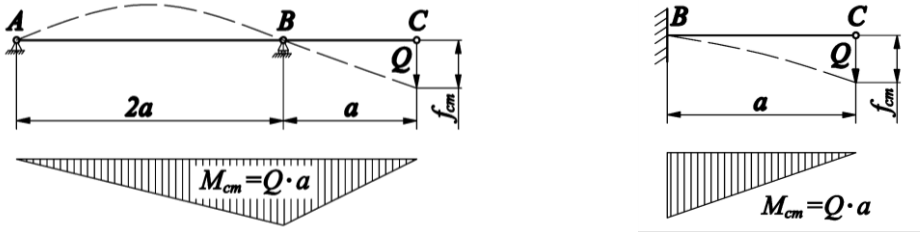
$$y|_{x=l} = f_{cm} = \frac{Qa^3}{EI}, \qquad (12)$$

де $l = 3a$;

Q – модуль пружності матеріалу плодоніжки;

EI – жорсткість плодоніжки.

$$\sigma_{cm}|_{x=l} = \frac{Qa}{W}. \qquad (13)$$



а б

Рис. 2. Схеми статичного навантаження:

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

Коефіцієнт динамічності

$$k_д = 1 + \sqrt{1 + \frac{\upsilon_0^2 EI}{gQa^3}} \approx \sqrt{\frac{\upsilon_0^2 EI}{gQa^3}}. \qquad (14)$$

Для схеми на рис. 2, б маємо

$$y|_{x=l} = f_{cm} = \frac{Qa^3}{3EI}; \qquad (15)$$

$$\sigma_{cm}|_{x=l} = \frac{Qa}{W}; \qquad (16)$$

$$k_д = 1 + \sqrt{1 + \frac{3\upsilon_0^2 EI}{gQa^3}} \approx \sqrt{\frac{3\upsilon_0^2 EI}{gQa^3}}\,. \qquad (17)$$

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

Визначимо динамічне напруження вигину:

$$\sigma_д = \sigma_{ст} \cdot k_д\,. \qquad (18)$$

Тоді за першою схемою отримаємо

$$\sigma_д = 32\frac{Q_0 a}{\pi d^3}\left[1 + \sqrt{1 + \frac{\upsilon_0^2 EI}{gQ_0 a^3}}\right]. \qquad (19)$$

За другою схемою:

$$\sigma_д = 32\frac{Q_0 a}{\pi d^3}\left[1 + \sqrt{1 + \frac{3\upsilon_0^2 EI}{gQ_0 a^3}}\right]. \qquad (20)$$

Висновки. У результаті проведених досліджень розроблена математична модель процесу ударного вигину плодоніжки під час відокремлення качанів від стебел, яка дає змогу встановити закономірності зміни основних параметрів і сформулювати основні принципи створення кукурудзозбиральних машин нового покоління.

Бібліографічний список

1. Дейвис Р. М. Волны напряжений в твердых телах / Р. М. Дейвис. – М. : Иностран. Лит., 1961. – 102 с.

2. Демко А. Чому втрати урожаю – не збитки, а статистика? / А. Демко, О. Демко // Пропозиція. – 2009. – № 9. – С. 100-104.

3. Писаренко Г. С. Опір матеріалів / Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський. – К. : Вища шк., 1993. – 655 с.

4. Резниченко И. И. Исследование кинематического режима работы початкоотделяющего аппарата пиккерно-стрипперного типа / И. И. Резниченко // Тракторы и сельхозмашины. – 1983. – № 4. – С. 19-20.

Rakul O. Theoretical studies dhok bending stalk corn with the cob separation.

A mathematical model of shock bending stalk with separation from cobs stems. Based on these equations the ways of further development of corn-harvesting technical.

Key words: corn picker, separating cobs, mathematical model, bending, the stalk.

Ракул А. Теоретическое исследование ударного изгиба плодоножки кукурузы при отделении початков

Разработанная математическая модель ударного изгиба плодоножки при отделение початков от стеблей. На основании полученных уравнений определенные пути дальнейшего развития кукурузоуборочной техники.

Ключевые слова: початкоотделяющий аппарат, отделение початков, математическая модель, изгиб, плодоножка.