# ВІСНИК

*Житомирського національного агроекологічного університету*

НАУКОВО-АГРОЕКОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЛІСЬКОГО РЕГІОНУ

№ 2 (45), т. 4, ч. I
2014

Науково-теоретичний збірник

остаточне положення зони скидування зайвих насінин необхідно узгодити з дією активних сил і силою тертя, що впливають на напрямок і динаміку їх руху.

## Література

1. Патент на корисну модель № 84210 Україна, МПК A01C 7/04 Пневмомеханічний висівний апарат / *А. І. Бойко, П. С. Попик.* № u201305473; опубл. 10.10.2013, Бюл. № 19.
2. Патент на корисну модель № 90890 Україна МПК A01C 7/04 Пневмомеханічний висівний апарат з поворотною коміркою висівного диска / *А. І. Бойко, П. С. Попик, О. О. Банний.* № u201400807; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 11.

УДК 631.355.072/1

**О. І. Ракул**
аспірант
**В. Є. Пилип**
аспірант
Миколаївський національний аграрний університет

# МАТЕМАТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОБОТИ КАЧАНОВІДОКРЕМЛЮВАЛЬНОГО АПАРАТА БАГАТОФАКТОРНОЇ ДІЇ

*У даній роботі проведені теоретичні дослідження основних способів відокремлення качанів кукурудзи від стебел і розроблені відповідні математичні моделі. Розглянуто технологічний процес відокремлення качанів при поєднанні багатьох сил. Проведена оцінка результуючої напруги за допомогою відомих теорій міцності, що дасть можливість встановити закономірності зміни основних кінематичних параметрів качановідокремлювального апарата багатофакторної дії. На підставі отриманих рівнянь визначенні шляхи подальшого розвитку кукурудзозбиральної техніки нового покоління.*

***Ключові слова:*** *кукурудза, відокремлення качанів, качановідокремлювальний апарат, багатофакторна дія, математична модель.*

## Постановка проблеми

Відокремлення качанів кукурудзи від стебел є важливим технологічним процесом при збиранні кукурудзи на зерно, що в значній мірі 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 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

© О. І. Ракул, В. Є. Пилип

повздовжнього 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 [2, 3]. 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 апарата, який відповідає міжнародним вимогам якості, стандартизації та сертифікації, а також його теоретичне обґрунтування є важливою науковою задачею.

## Аналіз останніх досліджень

Значний об'єм робіт із вдосконалення качановідокремлювального апарата 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 [1, 5, 6, 7, 12, 14] у яких освітлені питання протікання технологічних процесів, а також кінематичні залежності в розробляючих конструкціях. На підставі цих досліджень з'явилася 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 [2].

Найбільш простим способом вирішення поставленої задачі є введення в зону відокремлення качанів додаткових сил, а саме різання, кручення, згинання тощо. 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 апарата, шляхом розробки математичної моделі процесу відокремлення качанів при комплексному поєднанні декількох сил.

## Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження є технологічний процес відокремлення качанів від стебел при механізованому збиранні кукурудзи.

### Предмет дослідження

Закономірності, що встановлюють вплив параметрів і режимів роботи качановідокремлювального апарату на показники якості виконання технологічного процесу відокремлення качанів від стебел.

### Методика досліджень

При вирішенні поставлених задач досліджень використовувались методи системного аналізу для аналізу структури системи, класичні методи теоретичної механіки, опору матеріалів, математичного аналізу та моделювання.

### 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 розтяжну 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 стриперними 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 стриперними пластинами.

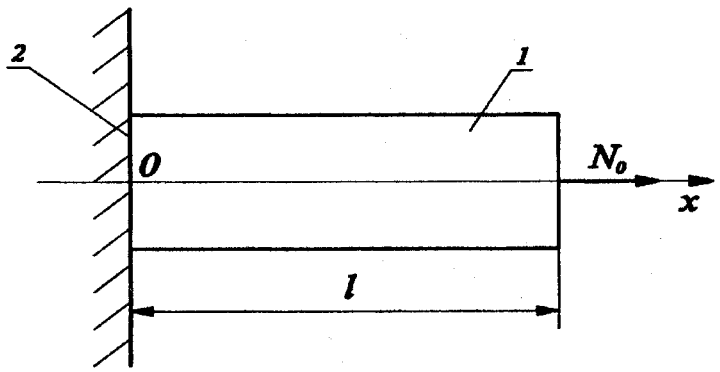



*Рис. 1.* **Розрахункова схема (модель):**
*1 – нитка; 2 – основа*

У разі статичного навантаження плодоніжки в модельній нитці виникає напруга однакова по її довжині [10]:

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

де

$S_0$ – площа перетину нитки.

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

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

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 $N_0$ ($z = l$):

$$u_{\max} = \frac{16 N_0 l}{ES\pi^2} \sum_n \frac{1}{n^2}, \ (n = 1, 3, 5, \ldots), \tag{3}$$

де

– довжина нитки;

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

При динамічному навантаженні:

$$u_{\max} = \frac{2 N_0 l}{ES_0}. \tag{4}$$

У разі статичного навантаження:

$$u_{\max} = \frac{N_0 l}{ES_0}. \tag{5}$$

Тепер знайдемо максимальне зусилля в нитці:

$$T_{\max} = \frac{8 N_0 E S_0}{\pi q_0 a_0^2} \sum_n \frac{(-1)^{\frac{n-1}{2}}}{n}, \tag{6}$$

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 [10]:

$$T_{\max} = 2 N_0. \tag{7}$$

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

Знайдемо напругу в нитці при руйнуванні:

$$\sigma_{\max} = \frac{T_{\max}}{S} = \frac{2 N_0}{S}. \tag{8}$$

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 у пікерно-стриперних апаратах невід'ємно супроводжується ударом останніх об стриперні пластини, тому наступним кроком у вивченні роботи качановілокремлювальних 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.

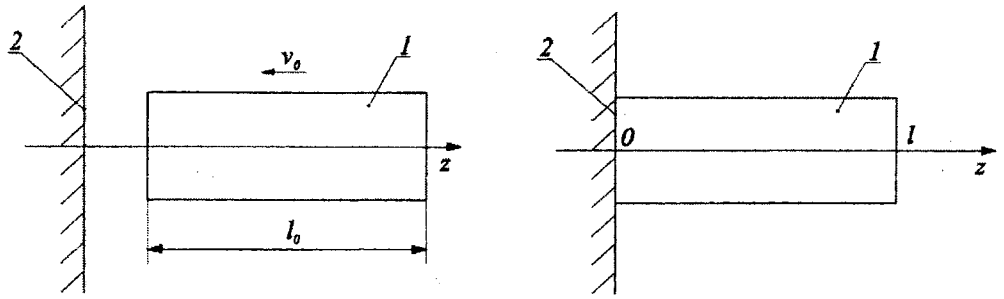



*Рис. 2.* **Схема взаємодії (удару) стрижня об стриперні пластини:**
*1 – стрижень (качан); 2 – плита (стриперні пластини)*

Розглянемо дві моделі удару. У першому випадку хвильовими процесами в качані будемо нехтувати. Вважаємо, що качан деформується повністю одночасно по всій довжині [9]. Розподіл напруження в качані апроксимуємо лінійною залежністю виду:

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

де

$z$ – координата, величина якої відрізняється від вільного кінця качана;

$\sigma_0$ – напруження в взаємодіючій зі стриперними пластинами основі качана;

$l$ – довжина качана;

$\sigma(z)$ – напруження в точці з координатою $z$.

Зусилля в качані визначається як:

$$T(z) = S_0 \sigma(z), \tag{10}$$

де

$S_0$ – площа поперечного перетину качана.

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

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

де

$E$ – модуль пружності.

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

$$\sigma_0 = \sqrt{3}\frac{v_0}{a_0}E, \tag{12}$$

де

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

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

$$T = \sqrt{3}\frac{v_0}{a_0}ES_0. \tag{13}$$

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

Максимального значення переміщення правого торця качана ($z = l$) досягає при $t = l/a_0$ [4]:

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

Максимальне значення зусилля в точці $z = 0$ досягається у момент часу $t_1 = l/a_0$ [13]:

$$T_{\max} = -\frac{4v_0 ES_0}{\pi a_0}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^{n+1}}{2n-1} = -\frac{v_0}{a_0}ES_0 = -v_0 S_0\sqrt{\rho E}, (n = 1, 3, 5,\ldots). \tag{15}$$

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

Виходячи з вищесказаного можна зробити висновок, що використання хвильової теорії дасть більш точніше уявлення про процеси, які проходять у качані при його відокремленні за рахунок удару об стриперні пластини. Однак удар, у процесі качановідокремлення залишається небажаним явищем, оскільки в результаті такої взаємодії качана зі стриперними пластинами виникає велика вірогідність руйнування основи качана, що в подальшому при його транспортуванні робочими органами кукурудзозбиральних машин і очищенні 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 стриперних 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 [10]:

$$\varphi_{\max} = \frac{v_1}{v_0}\frac{h}{R}, \tag{16}$$

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):

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

де

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

$I_o$ – момент інерції качана щодо осі симетрії;

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

$l$ – довжина валу (плодоніжки);

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

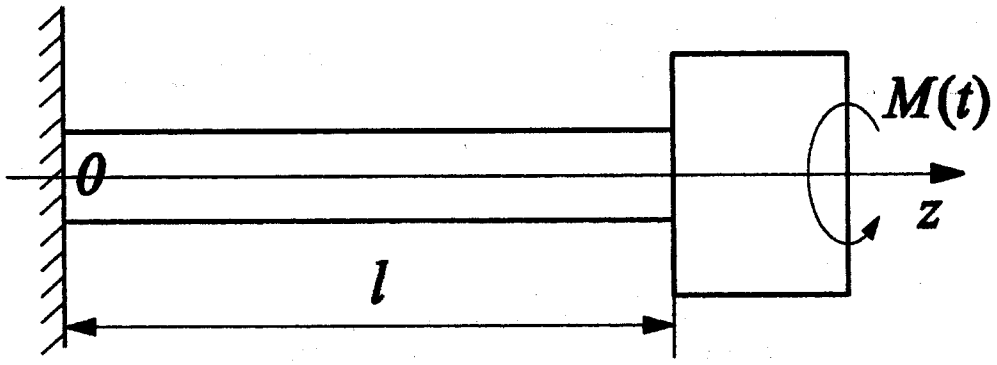



*Рис. 3.* **Розрахункова схема крутильних деформацій**

При цьому максимальний кут закручування дорівнює:

$$\varphi_{\max} = \varphi(t_1) \approx \frac{M_0}{I_0} \cdot \frac{1-\cos\omega t_1}{\omega^2}, \quad (18)$$

де

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

Тепер знайдемо крутний момент у перетині кріплення качана до плодоніжки:

$$M_{кр\max} = \frac{M_0}{I_0}\frac{GI_p}{l}\frac{1-\cos\omega t_1}{\omega^2} = M_0(1-\cos\omega t_1). \quad (19)$$

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 [10]:

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

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 відомого 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 $2a$.

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

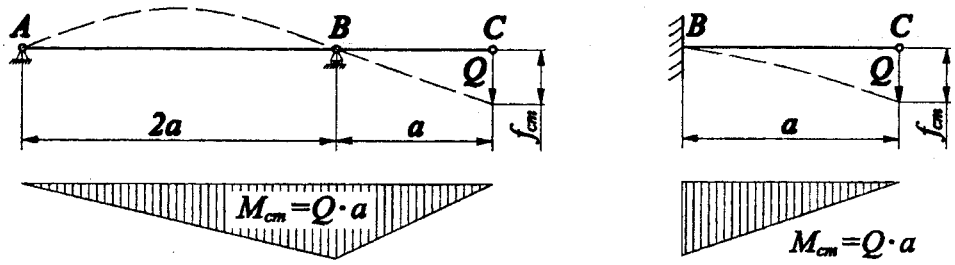
Визначимо динамічне напруження вигину [11, 13]:

$$\sigma_д = \sigma_{ст} \cdot k_д . \tag{23}$$

де

$\sigma_{ст}$ – напруження при статичному навантаженні;

$k_д$ – коефіцієнт динамічності.




а б

*Рис. 4.* **Схеми статичного навантаження:**
*а – з шарнірним затисканням у точці В; б – з жорстким затисканням у точці В*

Тоді по першій схемі отримаємо:

$$\sigma_д = 32\frac{Q_0 a}{\pi d^3}\left[1+\sqrt{1+\frac{\upsilon_0^2 EI}{gQ_0 a^3}}\right], \tag{24}$$

По другій схемі:

$$\sigma_д = 32\frac{Q_0 a}{\pi d^3}\left[1+\sqrt{1+\frac{3\upsilon_0^2 EI}{gQ_0 a^3}}\right]. \tag{25}$$

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 [9, 10, 13], у результаті чого отримаємо:

$$\sigma_\Sigma = \frac{1}{2}\left[\sigma_{р.в.}+\sqrt{\sigma_{р.в.}^2+4\tau_к^2}\right]; \tag{26}$$

$$\sigma_\Sigma = \left[0{,}35\sigma_{р.в.}+0{,}65\sqrt{\sigma_{р.в.}^2+4\tau_к^2}\right]; \tag{27}$$

$$\sigma_\Sigma = \sqrt{\sigma_{р.в.}^2+4\tau_к^2}\,; \tag{28}$$

$$\sigma_\Sigma = \sqrt{\sigma_{р.в.}^2+3\tau_к^2}\,, \tag{29}$$

де

$\sigma_{р.в.} = \sigma_р + \sigma_в$ – сума нормального напруження;

$\sigma_в$ – динамічне напруження вигину;

$\sigma_р$ – *max* напруження розтягування;

$\tau_к$ – *max* дотичне напруження кручення.

## Висновки

У результаті проведених досліджень основних способів відокремлення качанів розроблена математична модель качановідокремлення при поєднанні багатьох сил, яка дає можливість встановити закономірність зміни основних кінематичних параметрів качановідокремлювального апарата багатофакторної дії.

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

## Література

1. *Анисимова Л. И.* Теоретические и экспериментальные исследования закономерностей движения стеблей в початкоотделяющих аппаратах ручьевого типа / *Л. И. Анисимова* // ВИСХОМ. – М., 1966. – Вып. 47. – С. 259–280.
2. *Гребенюк Г. І.* Конструктивно-технологічні передумови вдосконалення качановідокремлювальних пристроїв кукурудзозбиральних машин / *Г. І. Гребенюк, Д. В. Кузенко, О. В. Бондаренко* // Вісн. аграр. науки Причорномор'я. – 1999. – Вип. 7. – С. 32–36.
3. *Демко А.* Чому втрати урожаю – не збитки, а статистика? / *А. Демко, О. Демко* // Пропозиція. – 2009. – № 9. – С. 100–104.
4. *Ерофеев В. И.* Волны в стержнях. Дисперсия. Диссипация. Нелинейность. / В. *И. Ерофеев, В. В. Кажаев, Н. П. Семериков.* – М.: Физматлит, 2002. – 208 с.
5. *Карпуша П. П.* Оптимальні параметри качановідокремлювачів очісувального типу / *П. П. Карпуша, М. І. Конопельцев* // Вісн. с.-г. науки, 1970. – № 6. – С. 40–43.
6. *Конопельцев М. И.* Обоснование параметров протягивающих вальцов початкоотделяющего аппарата очесывающего типа / *М. И. Конопельцев* // Сб. науч. тр. УСХА. – 1973. – Вып. 100. – С. 15–19.
7. Кукурудзозбиральні комбайни: теоретичні основи, конструкція, проектування: навч. посібник / *К. І. Шмат, О. Е. Самарін, Є. І. Бондарєв, О. В. Мигальов.* – Херсон: ОЛДІ-плюс, 2009. – 140 с.
8. *Манжосов В. К.* Удар. Распространение волн деформаций в ударных системах / *В. К. Манжосов, В. Э. Еремьянц.* – М.: Наука, 1985. – 358 с.

9. *Николас Т.* Поведение материалов при высоких скоростях деформации / *Т. Николас* // Динамика удара. – М.: Мир, 1985. – 257 с.
10. *Писаренко Г. С.* Опір матеріалів / *Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уман-ський.* – К.: Вища шк., 1993. – 655 с.
11. *Пановко Я. Г.* Основы прикладной теории колебаний и удара / *Я. Г. Пановко.* – Л.: Машиностроение, 1976. – 320 с.
12. *Тюдель Н. В.* Исследование процесса питания початкоотделяющих аппаратов. Земледельческая механика. / Н. В. Тюдель // Сб. тр. ВАСХНИЛ / под ред. *В. А. Желиговского.* – Т. 7. – М.: Машиностроение, 1967. – С. 300–305.
13. *Сагомонян А. Я.* Волны напряжения в силовых средах: учебное пособие / *А. Я. Сагомонян.* – М.: Изд.-во Моск. ун-та, 1985. – 416 с.
14. Кукурузоуборочные машины / *К. В. Шатилов, Б. Д. Козачок, А. П. Орехов* [и др.]. – М.: Машиностроение, 1981. – 224 с.

УДК 677.057.617

**В. В. Лиходід**
к.т.н.
**С. І. Павленко**
к.т.н.
**В. В. Івлєв**
аспірант
Запорізький науково-дослідний центр з механізації тваринництва

## ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ТА АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ НАЯВНИХ ВАЛЯЛЬНИХ МАШИН ТА АГРЕГАТІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПОВСТІ

*Виконано огляд конструкцій та аналіз особливостей роботи існуючих валяльних машин і агрегатів для виробництва повстяних виробів з грубої вовни. Установлено, що основними чинниками обмежуючими ефективність роботи існуючих конструкцій валяльних машин у складі ліній первинної обробки та переробки грубої вовни в повстяні вироби, є їх великі габарити, низька продуктивність, обмежені функціональні можливості робочих органів та високі питомі показники матеріаломісткості й енергоємності робочого процесу. За результатами аналізу розроблено конструктивно-технологічну схему й створено експериментальний зразок малогабаритної плитно-валяльної машини, яка має покращені технічні дані порівняно з аналогами й забезпечує виробництво повстяного пласта для утеплення тваринницьких приміщень з щільністю 100–160 кг/м$^3$.*

***Ключові слова**: вівчарство, механізація, технології, оброблення, перероблення, груба вовна, повстяні вироби, валяльні машини, огляд, аналіз.*

© В. В. Лиходід, С. І. Павленко, В. В. Івлєв

Вісник ЖНАЕУ

# Зміст

№ 2 (45), т. 4, ч. І
2014

**С. Б. Чичилюк, Н. В. Чичилюк**
Проектування розвитку технічних та технологічних параметрів машин круп'яної промисловості..... 192
**Д. А. Дерев'янко**
Обґрунтування ефективності схеми зерноочисних машин для оброблення зернового вороху після обмолочування..... 199
**В. М. Поліщук, М. М. Лободко, Н. І. Козак**
Вплив шламу біогазових виробництв на урожайність та екологічність продукції овочівництва..... 207
**І. Г. Грабар, Д. А. Дерев'янко, О. Ю. Романишин**
Травмування насіння при використанні дообмолочувальних пристроїв 212
**М. М. Борис, Т. Д. Гуцол, А. М. Борис, І. В. Головач**
Обґрунтування параметрів ріжучого елемента гичкозбирального апарата..... 219
**М. А. Скориков, В. Т. Надикто**
Подрібнювач обрізків виноградної лози та результати його господарчих випробувань..... 223
**М. М. Борис, І. В. Головач, В. С. Лукач, В. І. Василюк**
Аналітичне дослідження втрат гички при безкопірному зрізі..... 228
**В. А. Грубань**
Моделювання процесу очистки качанів кукурудзи..... 238
**М. В. Завірюха**
Експериментальні дослідження процесу відокремлення качанів кукурудзи на качановідокремлювальному апараті з інтегрованим подрібнювачем..... 248
**А. І. Бойко, О. О. Банний, П. С. Попик**
Аналіз зусиль, що діють на зернини при переміщенні їх дозуючим елементом пневмомеханічного апарату торцевої дії..... 258
**О. І. Ракул, В. Є. Пилип**
Математичне обґрунтування технологічного процесу роботи качановідокремлювального апарату багатофакторної дії..... 263
**В. В. Лиходід, С. І. Павленко, В. В. Івлєв**
Огляд конструкцій та аналіз особливостей роботи наявних валяльних машин та агрегатів для виробництва повсті..... 273
**В. А. Бурлака, Г. П. Водяницький, Ю. В. Соколовський**
Оптимізація використання білковмісних культур у корм методом енергетичного аналізу..... 283