



Всеукраїнський науково-технічний журнал

Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2520-6168

№4 (99)



2017

Техніка

енергетика

транспорт АПК



**ТЕХНІКА,
ЕНЕРГЕТИКА,
ТРАНСПОРТ АПК**

Журнал науково–виробничого та навчального спрямування
Видавець: Вінницький національний аграрний університет

Заснований у 1997 році під назвою «Вісник Вінницького державного сільськогосподарського інституту».
Правонаступник видання: Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.
Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації
КВ № 16644–5116 ПР від 30.04.2010 р.

*Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» /
Редколегія: Калетнік Г.М. (головний редактор) та інші. – Вінниця, 2017. – 4 (99) – 141 с.*

*Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету
(протокол 4 від 17.11.2017 р.)*

Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації №21906-11806 Р від 12.03.2016р.

*Журнал є друкованим засобом масової інформації, який внесено до переліку наукових фахових
видань України з технічних наук (Додаток 12 до наказу Міністерства освіти і науки України
16.05.2016 № 515).*

Головний редактор

Калетнік Г.М. – д.е.н., проф., академік НААНУ,
Вінницький національний аграрний університет

Заступник головного редактора

Матвійчук В.А. – д.т.н., проф., Вінницький
національний аграрний університет

Члени редакційної колегії

Анісімов В.Ф. – д.т.н., проф., Вінницький
національний аграрний університет

Солона О.В. – к.т.н., доц., Вінницький національний
аграрний університет

Іскович – Лотоцький Р.Д. – д.т.н., проф.,
Вінницький національний технічний університет

Іванов М.І. – к.т.н., проф., Вінницький національний
аграрний університет

Сивак І.О. – д.т.н., проф., Вінницький
національний технічний університет

Кондратюк Д.Г. – к.т.н., доц., Вінницький
національний аграрний університет

Огородніков В.А. – д.т.н., проф., Вінницький
національний технічний університет

Любін М.В. – к.т.н., доц., Вінницький національний
аграрний університет

Бурдо О.Г. – д.т.н., проф., академік АНТКУ,
Одеська національна академія харчових
технологій

Пришляк В.М. – к.т.н., доц., Вінницький
національний аграрний університет

Гулько І.В. – к.т.н., доц., Вінницький
національний аграрний університет

Середа Л.П. – к.т.н., проф., Вінницький національний
аграрний університет

Бандура В.М. – к.т.н., доц., Вінницький
національний аграрний університет

Веселовська Н.Р. – д.т.н., проф., Вінницький
національний аграрний університет

Булгаков В.М. – д.т.н., проф., академік НААН,
Національний університет біоресурсів і
природокористування України

Гевко Р.Б. – д.т.н., проф., Тернопільський
національний економічний університет

Зарубіжні члени редакційної колегії

Володимир Крочко – д.т.н., проф., Словацький
аграрний університет (м. Нітра, Словачія)

Людвікас Шпокас – д.т.н., проф., Університет
Олександра Стулгинського (Литва)

Януш Новак – д.т.н., проф., Люблінський
аграрний університет (м. Люблін, Польща)

Марош Коренко – д.т.н., проф., Словацький аграрний
університет (м. Нітра, Словачія)

Маріан Веселовські – д.т.н., проф.,
Люблінський природничий університет
(м. Люблін, Польща)

Ян Франчак – д.т.н., проф. Словацький аграрний
університет (м. Нітра, Словачія)

Зденко Ткач – д.т.н., проф., Словацький
аграрний університет (м. Нітра, Словачія)

Володимир Юрча – д.т.н., проф., Чеський
університет сільського господарства (м. Прага, Чехія)

Семенс Івановс – д.т.н., проф., Латвійський
аграрний університет (м. Улброка, Латвія)

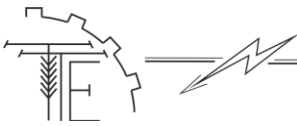
Гражина Езевська–Вітковська – д.т.н., проф.,
Люблінський аграрний університет (м. Люблін,
Польща)

Відповідальний секретар редакції **Янович В.П.** кандидат технічних наук, доцент

Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний університет, тел. 46–00–03

Сайт журналу: <http://tetapk.vsau.org/>

Електронна адреса: tehnovnu@i.ua



ЗМІСТ

МАШИНОВИКОРИСТАННЯ У РОСЛИННИЦТВІ ТА ТВАРИННИЦТВІ

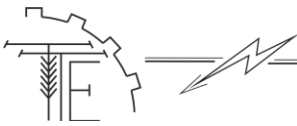
*Шевченко І.А., Алієв Е.Б., Полюсов В.В.***ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАЛОГАБАРИТНОЇ ТРІПАЛЬНОЇ МАШИНИ
У СКЛАДІ ЛІНІЙ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ ВОВНИ.....5***Балагура О.В., Гунько І.В., Грицун А.В.***ДЕЯКІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ВНЕСЕННЯ СУХИХ КОНСЕРВАНТІВ ПРИ
ПРЕСУВАННІ ВОЛОГИХ ТРАВ.....12***Алієв Е.Б., Яропуд В.М.***РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОБОТИ БЛОКА ПОДАЧІ
НАСІННЯ ФОТОЕЛЕКТРОННОГО СЕПАРАТОРА18***Кувачов В.П., Сірий І.О.***ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМКІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ
РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПЛОСКОРІЗІВ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ24***Джеджула О.М.***ДОЇЛЬНИЙ СТАКАН ІЗ ФУНКЦІЄЮ МАСАЖНОЇ ДІЇ.....29***Погорілий С.П.***ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МЕЗ-330 «АВТОТРАКТОР» В АПВ.....33***Бандура В.М., Кордонський В.А.***МАШИНА ДЛЯ ПОСАДКИ ТЕХНІЧНОЇ ВЕРБИ.....37**

ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

*Солона О.В., Рудницький Б.О., Деревенько І.А., Омелянов О.М.***АНАЛІЗ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ В СІЛЬСЬКОМУ
ГОСПОДАРСТВІ41***Ковальова К.В.***ОСОБИСТІСНО-ОРІЄНТОВАНЕ НАВЧАННЯ, ЯК СКЛАДОВА ПРОЦЕСУ ФАХОВОЇ
ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ ІНЖЕНЕРНОГО ПРОФІЛЮ.....46**

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНИХ ТА ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

*Котов Б.І., Спірін А.В., Твердохліб І.В., Степаненко С.П., Швидя В.О.***ДО ПИТАННЯ ПНЕВМОГРАВІТАЦІЙНОЇ СЕПАРАЦІЇ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ.....51***Кігель Н.Ф., Даниленко С.Г., Куцик Т.П.***ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ КИСЛОМОЛОЧНИХ
ПРОДУКТІВ ЗІ ВМІСТОМ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН56***Дубчак В.М.***МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОБЧИСЛЕННЯ СИЛИ ТИСКУ
НА ПОВЕРХНЮ КУЛІ ТА ЇЇ ЧАСТИНИ65***Янович В.П.***ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВІБРАЦІЙНИХ МАШИН
ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ СИПКОЇ СИРОВИНИ70***Твердохліб І.В.***ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИТИРАННЯ НАСІННЕВОГО ВОРОХУ ЛЮЦЕРНИ.....77***Токарчук О.А.***ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ У
ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВАХ.....84**

**МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА***Матвійчук В.А., Бубновська І.А.***ОЦІНКА ДЕФОРМОВАНOSTІ МАТЕРІАЛУ КРИВОЛІНІЙНИХ ЗАГОТОВОК ПРИ
ХОЛОДНОМУ ВАЛЬЦЮВАННІ92***Іванов М.І., Гунько І.В., Шаргородський С.А.***ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ РОБОТИ ГІДРАВЛІЧНОЇ СИСТЕМИ ПРИВОДА
ДООЧИСНИКІВ ГОЛОВОК ЦУКРОВОГО БУРЯКУ ІЗ ГІДРАВЛІЧНИМ
ПРИВОДОМ ПОПЕРЕЧНИХ КОЛИВАНЬ РАМКИ РОБОЧИХ ОРГАНІВ98***Турич В.В., Руткевич В.С.***ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ ОБРОБКИ В ПРОЦЕСІ УЛЬТРАЗВУКОВОГО
ВИГЛАДЖУВАННЯ З ПОПЕРЕДНІМ ЗАЗОРОМ104***Руткевич В.С.***АДАПТИВНИЙ ГІДРАВЛІЧНИЙ ПРИВОД БЛОЧНО-ПОРЦІЙНОГО
ВІДОКРЕМЛЮВАЧА КОНСЕРВОВАНОГО КОРМУ108****ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ТА АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ***Матвійчук В.А., Собчук Н.В., Слободянюк О.В., Рубаненко О.О.***ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗОГЕНЕРАТОРА В АПК УКРАЇНИ114***Комаха В.П., Янович В.П.***STUDY PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES PILE
AS OF BIOFUEL AS ALTERNATIVE120***Боднар Л.А.***ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕПЛООБМІНУ В ТЕПЛОГЕНЕРАТОРІ
НА ЩЕПІ ДЕРЕВИНИ124****ТРАНСПОРТНІ ТА ТРАНСПОРТНО - ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА
ОБЛАДНАННЯ***Труханська О.А., Швець Л.В.***МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ
ВЗАЄМОДІЇ КОРЕНЕПЛОДІВ З ШНЕКОВОЮ ПОВЕРХНЕЮ128****ДУМКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО***Яремчук О.А.***СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ГІДРОПРИВОДУ133***П'ясецький А.А., Звонарьов Є.Г.***ВПРОВАДЖЕННЯ І ЗАСТОСУВАННЯ GPS ТЕХНОЛОГІЙ В СІЛЬСЬКОМУ
ГОСПОДАРСТВІ138**



ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ У ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВАХ

*Токарчук Олексій Анатолійович, к.т.н., доцент
Вінницький національний аграрний університет
Tokarchuk O.
Vinnytsya National Agrarian University*

Анотація: найбільш поширеними способами подрібнення коренеплодів є механічні, які характеризуються простою конструкцією та високою продуктивністю.

В залежності від взаємодії між робочими елементами та вантажем можна виділити наступні основні способи подрібнення коренеплодів: рубаче різання; нахилене різання; ковзаюче різання. Зазначені способи відрізняються один від одного величиною кута різання.

При нормальному різанні (рубанні) матеріал розрізається під дією тільки нормальної сили без бокового переміщення ножа. У разі похилого різання крім нормального тиску має місце і бічна сила, але вона ще не може викликати змінного руху частинок матеріалу по лезу, оскільки кут різання менший кута тертя. При змінному різанні (ковзне різання) кут ковзання більший кута тертя. Різання проводиться нормальним тиском за участю бічної сили, яка в цьому випадку обумовлює ковзний рух частинок матеріалу вздовж по лезу (або леза по матеріалу).

Виходячи з усього вищезазначеного, ковзне різання найменш енергоємне, але важко здійснене при подрібненні коренеплодів внаслідок великих значень кута тертя коренеплодів об межі металевого клина, (30...40°). Тому в сучасних конструкціях подрібнювачів коренеплодів, як правило, застосовується похиле різання, яке забезпечує порівняно низьку енергоємність і гарну якість одержуваного продукту.

Особливістю запропонованої конструкції подрібнювача коренеплодів є наявність різучих кромок на поверхні циліндричного барабана з вертикальною віссю обертання. Переміщення сировини здійснюється за рахунок сил тягіння та гвинтової лінії різучих кромок. Виведені аналітичні залежності для визначення зусилля різання та потужності двигуна на привід подрібнювача з урахуванням всіх витрат енергії.

Ключові слова: коренеплоди, різучі елементи, технологічний процес, подрібнення.

Постановка проблеми

Процес подрібнення коренеплодів вимагає великих витрат енергії і до кінця не досліджений, не дивлячись на велику кількість робіт [1, 2], присвячених цій тематиці. У світовій практиці аграрного виробництва очевидний перехід до нових технологій і конструктивно-технологічних схем засобів механізації процесів виробництва. З урахуванням вищезазначеного, вдосконалення технології обробки коренеплодів на основі застосування перспективної конструкції подрібнювача, що поєднує низьку енергоємність, високу якість одержуваного продукту при заданій продуктивності є актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Необхідність механізації процесу подрібнення коренеплодів привела до створення великої кількості найрізноманітніших подрібнювачів: від коренерізок з ручним проводом до сучасних високопродуктивних машин.

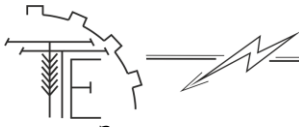
Однак, на сьогоднішній день завдання якісного подрібнення коренеплодів при малій питомій енергоємності подрібнювачів залишається до кінця не вирішеним, не зважаючи на різноманіття конструкцій робочих органів і в цілому машин, призначених для переробки кормових матеріалів [3, 4, 5, 6, 7]. Основним недоліком існуючих методів подрібнення коренеплодів є їх низька продуктивність, велика технологічна складність і енерговитрати.

Постановка задачі

Мета роботи – розробка конструкції машини для подрібнення коренеплодів при мінімальних питомих витратах енергії і необхідній пропускній спроможності.

Виклад основного матеріалу

В результаті проведення наукового ошуку та аналізу відомих технічних рішень для подрібнення коренеплодів були запропоновані конструктивно-технологічні схеми подрібнювачів рис. 1.



За основу досліджень на першому етапі розглянемо технологічну схему подрібнювача коренеплодів рис. 1 а, з внутрішнім циліндричним ріжучим барабаном та нерухомим конусним зовнішнім.

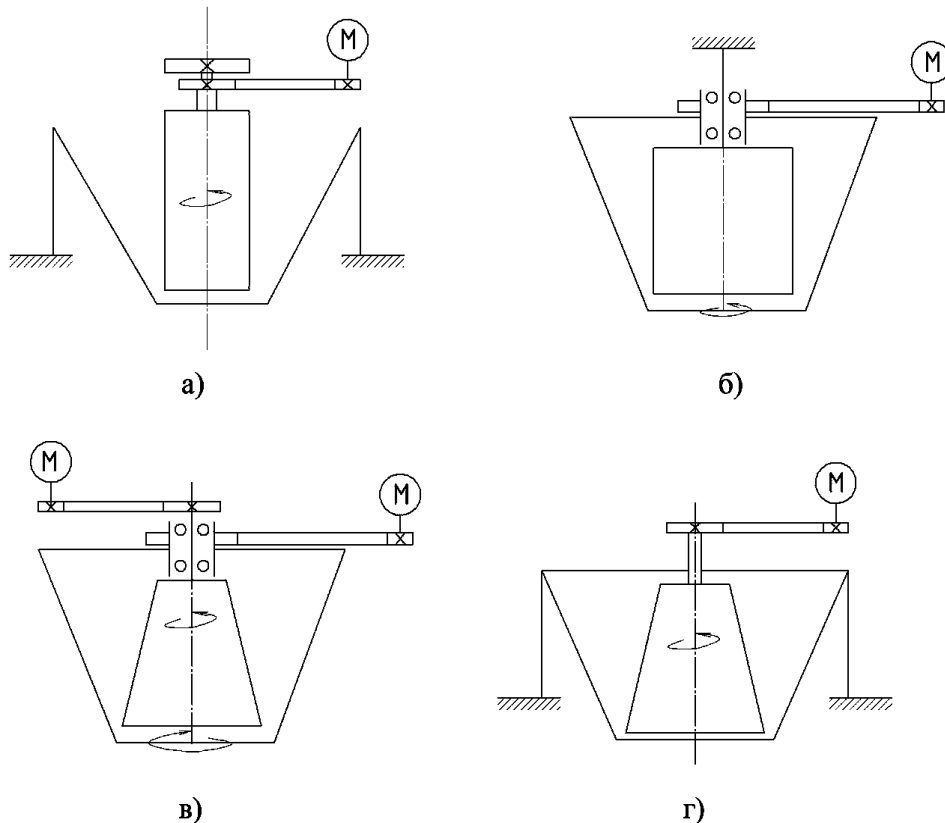


Рис. 1. Технологічні схеми подрібнювачів з різними ріжучими барабанами: а) внутрішній циліндричний ріжучий барабан з нерухомим зовнішнім конічним; б) внутрішній циліндричний нерухомий барабан з ріжучим корпусним зовнішнім барабаном; в) внутрішній корпусний ріжучий барабан з нерухомим зовнішнім конічним; г) два ріжучих корпусних барабани з протилежним напрямом обертання

Подрібнювач (рис. 2) складається з бункера 1, який виконана у формі зрізаного конуса, в якому розміщено подрібнюючий барабан 2 з вікнами 3 та ріжучим елементом 4. Барабан виконана у вигляді полого циліндра або зрізаного конуса із закритим верхом, барабан жорстко закріплено на валу 5, який змонтовано на підшипниках 6.

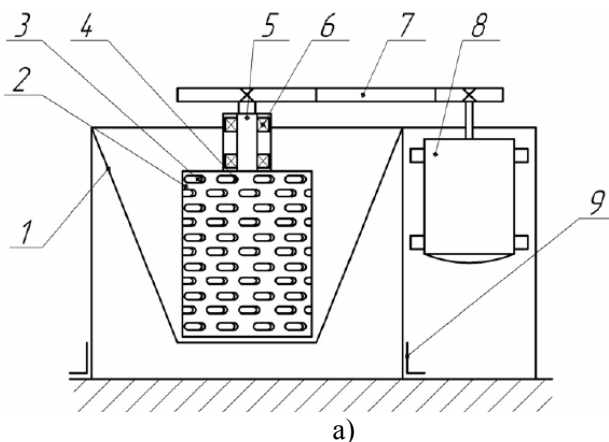


Рис. 2. Подрібнювач коренеплодів: а) схема подрібнювача б) загальний вигляд



В процесі роботи подрібнювача кромка ріжучого елемента взаємодіє з подрібнюваним матеріалом протягом нескінченно малого проміжку часу, за який відбувається декілька складних фізичних явищ. Вельми складно скласти математичну модель такого процесу і дати його аналітичний опис. Цю проблему можна вирішити, тільки заставляючи теоретичні передумови і безпосереднього дослідні дані.

Для того, щоб підійти до рішення задачі про опір різанню і про енергоємність процесу подрібнення, опишемо силову взаємодію при подрібненні, розглядаючи рух леза ножа подрібнювача в площині, перпендикулярній до поверхні різання, тобто в горизонтальній площині. При цьому виявляється, що процес подрібнення кормового матеріалу можна представити у вигляді трьох складових: підвода матеріалу в зону затискання, активного різання і вивантаження подрібненого корму з робочої зони барабана. Це означає, що зусилля, витрачене на виконання процесу подрібнення $P_{\text{под}}$ можна представити у вигляді суми:

$$P_{\text{под}} = P_{\text{п}} + P_{\text{різ}}, \quad (1)$$

де $P_{\text{п}}$ – зусилля, що витрачається на підведення кормового матеріалу в зону затискання, Н;

$P_{\text{різ}}$ – зусилля активного різання, Н.

На подолання кожного з цих зусиль буде потрібно відповідну потужність $N_{\text{рп}}$, яку можна знайти з виразу, відомого в теоретичній механіці для тіл, що обертаються [12, 13]:

$$N_{\text{рп}} = M_{\text{об}} \omega. \quad (2)$$

Сила, що діє з боку ножа на руйнований матеріал і здатна зрушити процес різання, називається критичною силою різання ($P_{\text{різ}}$) [8, 13]. Величина критичної сили різання визначається з виразу

$$P_{\text{різ}} = P_1 + P_2 + T_1 + T_2 + T_3, \quad (3)$$

де P_1 – сила опору різанню лезом, Н;

P_2 – сила, що загинає зрізану частину матеріалу у бік вивантаження, Н;

T_1 – сила тертя коренеплодів о робочу поверхню барабана, Н;

T_2 – сила тертя коренеплодів о фаску ножа, Н;

T_3 – сила тертя коренеплоду об поверхню бункера, Н.

Оцінивши, таким чином, силову взаємодію в подрібнюючому апараті і визначивши проекції всіх сил на напрям швидкості різання (вісь τ системи координат, перпендикулярну осі n – рис. 3), знайдемо сумарний обертовий момент, який виникає в зоні активного різання:

$$M_{\text{под}} = \sum_{i=1}^5 M_z(\bar{F}_i; \tau). \quad (4)$$

Моменти ж проекцій сил на головну дотичну відносно осі обертання барабана рівні нулю. Отже, для виконання роботи подрібнення кормового матеріалу кожним окремим ріжучим елементом робочого барабана подрібнювача потрібна потужність, що знаходиться з виразу (2). Враховуючи кількість ножів на робочій поверхні барабана n і конструктивний коефіцієнт використання робочою поверхнею барабана k_u , остаточно отримуємо:

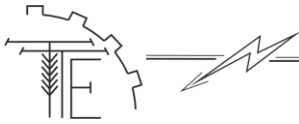
$$M_{\text{под}} = 2M_{\text{под}} \omega n k_u = M_{\text{под}}^* \omega. \quad (5)$$

Оскільки подрібнений кормового матеріал, що пройшов через отвори подрібнюючого барабана під дією сил P_1 і P_2 віддаляється з нього під дією сили тяжіння, то витрати потужності на вивантаження готового продукту можна не враховувати.

Оцінюючи потужність установки для виконання робочої операції в першій зоні – підвести подрібнюючий матеріал в зону затискання – раціонально скористатися дослідженнями В.П. Горячкіна [8], В.А. Желіговського [14] і С.В. Мельникова [13], в яких відмічено, що співвідношення обертових моментів робочих і допоміжних операцій можна в середньому прийняти $M_{\text{роб}}: M_{\text{дон}} = 3:1$. У нашому випадку таке обумовлюється ще і тим, що під час вступу кормового матеріалу його маса рівномірно розподіляється по робочій поверхні барабана під дією відцентрової сили інерції.

Означає $M_{\text{под}}$ і $M_{\text{п}} = 3:1$ і, отже, загальна потрібна на робочий процес подрібнювача потужність $N_{\text{рп}}$ оцінюватиметься виразом

$$N_{\text{рп}} = N_{\text{под}} + N_{\text{п}} = 4N_{\text{под}}/3. \quad (6)$$



Постійний обертовий момент двигуна $M_{об}$, виявляється або менше моменту корисних опорів $M_{рп}$, або більше його. У відрізки часу, коли обертовий момент двигуна більше моменту опорів або коли різання не відбувається, надмірна енергія повинна накопичуватися в маховику установки, роль якого виконує сам барабан, шків пасової передачі, встановлений на валу подрібнювача, і ротор електродвигуна. Це допомагає підтримувати сталий режим роботи подрібнювача і утримувати величину кутової швидкості його подрібнюючого барабана в межах допустимого ступеня нерівномірності обертання $\delta_{\omega} = 0,03-0,07$ (3-7 %).

Потужність, яку потрібно на розгін установки, визначимо, використовуючи закон зміни кінетичній енергії і враховуючи особливості роботи у вказаному режимі [15].

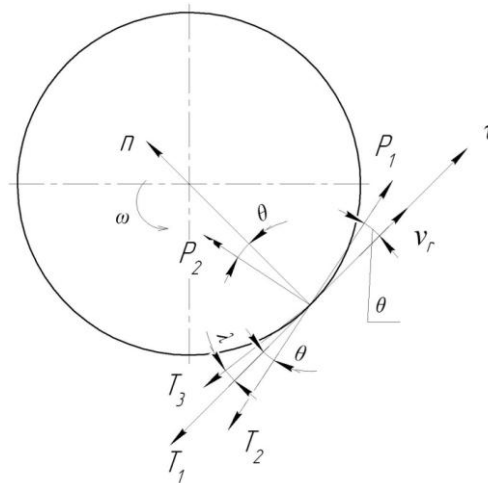


Рис. 3. Силова взаємодія при подрібненні

У початковий момент часу $t_0 = 0$ маємо швидкість ротора $\omega_0 = 0$ і, рівну нулю кінетичну енергію: $T_0 = 0$. Встановивши експериментально проміжок часу розгону машини (Δt , с), для $t_1 = t_0 + \Delta t$ отримаємо:

$$T_1 - T_0 = \sum_{i=1}^n A_i, \tag{7}$$

звідки:

$$T_1 = \sum_{i=1}^n A_i. \tag{8}$$

тоді:

$$N_{роз} = \frac{\sum A}{\Delta t} = \frac{T_1}{\Delta t}, \tag{9}$$

де $T_1 = \frac{J_z \omega_1^2}{2}$ – кінетична енергія подрібнювача в кінці розгону, Дж;

$J_z = J_{барабана} + J_{шків} + J_{вала}$ – момент інерції робочого органу подрібнювача, $кг \cdot м^2$.

Враховуючи, що барабан є порожню циліндричну поверхню, шків приблизно можна вважати диском, а вал – циліндром.

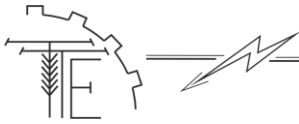
Для цього випадку матимемо:

$$J_z = M R^2 + 0,5 M_{ш} R^2 + 0,5 M_{у} R_{у}^2 + 0,5 M_{в} R_{в}^2, \tag{10}$$

тобто J_z – величиною постійною.

Потужність розгону, Вт, можна знайти з виразу:

$$N_{роз} = \frac{J_z \omega_1^2}{2 \Delta t}. \tag{11}$$



При розрахунку потужності двигуна на привід подрібнювача коренеплодів необхідно врахувати витрати енергії на подолання шкідливих опорів холостого ходу машини.

Отже, потужність двигуна, кВт, потрібна на привід подрібнювача з урахуванням всіх витрат енергії і загального коефіцієнта корисної дії трансмісії машини,

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{пн}} + N_{\text{розд}}}{\eta \cdot 10^3} \quad (12)$$

Результати аналітичних і експериментальних досліджень робочих органів подрібнювачів сільськогосподарських матеріалів, отримані багатьма дослідниками і що відносяться до робочих органів різних типів, не можуть повною мірою бути використані для енергетичної оцінки і силового аналізу пропонованого подрібнювача.

Розглянемо силову взаємодію при різанні і затисканні одного коренеплоду одним ріжучим елементом і визначимо величини рівнодіючу (критичну силу різання), працюючу на подрібнення, і її обертовий момент відносно вісі барабана.

В цьому випадку всі сили можна вважати прикладеними в точках, які лежать на головній нормалі до окружності перетину барабана площиною, перпендикулярної осі його обертання.

Відповідно до залежності (3) визначимо величину кожної сили, що становить.

Сила різання лезом, Н:

$$P_1 = K_l \delta \Delta l \sigma_p, \quad (13)$$

де $K_l = \cos \tau$ – коефіцієнт трансформації ріжучої здатності леза, залежної від кута ковзання τ ,

δ – гострота леза, м;

$\Delta l = 2\pi r \alpha / 360$ – довжина активної частини леза ріжучого елемента з радіусом r , м;

σ_p – нормальна руйнуюча напруга, Па.

Сила, що відгортає зрізану частину матеріалу у бік вивантаження, Н:

$$P_2 = N_2 \cos \theta, \quad (14)$$

де $N_2 = M(R-r)\omega + m_c(R-r)\omega^2$ – тут перший доданок є відцентрова сила інерції барабана, а другий – відцентрова сила інерції кромки, прикладена на вістря леза ножа, Н;

θ – кут заточування леза, град;

$M = M_б + M_к$ – сумарна маса барабана і подрібнюваного корму, що знаходиться в ньому, кг;

ω – кутова швидкість барабана, с^{-1} .

Силу тертя коренеплодів о поверхню подрібнюючого барабана, Н, можна знайти з наступного виразу:

$$T_1 = N_1 f_1, \quad (15)$$

де f_1 – коефіцієнт тертя коренеплоду о поверхню барабана;

$N_1 = m\omega^2 R$ – сила нормального тиску коренеплоду на поверхню барабана, Н, що залежить від відцентрової сили інерції коренеплоду масою m , кг.

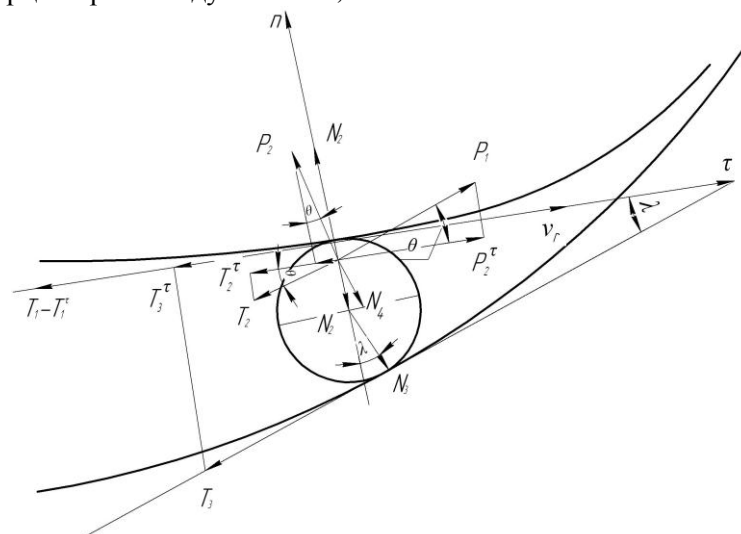
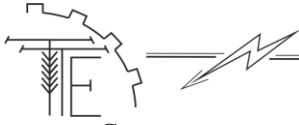


Рис. 4. Визначення критичної сили різання



Силу тертя коренеплодів офаску ножа, H , можна визначити за формулою:

$$T_2 = f_1 N_4 K_b, H, \quad (16)$$

де f_1 – коефіцієнт тертя зрізаного матеріалу о ніж;

$N_4 = m\omega^2(R-r) \cos\theta$ – сила нормального тиску відокремлюваної частини матеріалу, H .

Сила тертя коренеплодів о поверхню бункера, H :

$$T_3 = f_2 N_3, \quad (17)$$

де f_2 – коефіцієнт тертя коренеплоду о поверхню бункера;

$N_3 = m\omega^2 r \cos\chi$ – сила нормального тиску коренеплоду о поверхню бункера подрібнювача, H .

Визначимо тепер алгебраїчну суму проєкцій всіх вказаних сил на напрям швидкості різання v_p , тобто на дотичну вісь системи координат, знайшовши, таким чином, величину критичної сили різання:

$$P_{pi3}^{\tau} = \sum_{i=3}^5 F_i^{\tau} = P_1^{\tau} + P_2^{\tau} + T_1^{\tau} + T_2^{\tau} + T_3^{\tau}. \quad (18)$$

Момент критичної сили різання, тобто момент рівнодіючої обертаючої сили в зоні активного різання M_{pi3} визначимо відповідно до класичної залежності [15]:

$$M_{pi3} = M_z(\bar{P}_{pi3}) = \sum_{i=1}^5 M_z(F_i^{\tau}). \quad (19)$$

Зробивши відповідні підстановки, згідно виразам 3.43-3.48, отримуємо:

$$M_{pi3} = K_r \delta \Delta l \sigma_p (R-r) \cos\theta - [M(R-r) \omega^2 + m_c(R-r) \omega^2] \cos\theta \sin\theta (R-r) - f_1 m R \omega^2 R - f_1 K_r m_c (R-r) \omega^2 \cos\theta \cos\theta (R-r) - f_2 m R \omega^2 \cos\chi \cos\chi R. \quad (3.50)$$

Після алгебраїчних перетворень у результаті взаємодії одного ріжучого елемента з кормовим матеріалом матимемо залежність:

$$M_{pi3} = (R-r) \cos\theta [K_r \delta \Delta l \sigma_p - (M+m_c)(R-r) \omega^2 \sin\theta] - \omega^2 [mR^2 (f_1 + f_2 \cos^2\chi) - f_1 K_r m_c (R-r)^2 \cos^2\theta], \quad (20)$$

у якій перший доданок характеризує сили, різання, що активно впливає на процес, другий – сили, що перешкоджають процесу різання.

Враховуючи розміри ножового поля подрібнювача і кількість ножів на ньому, остаточно отримаємо повний момент, необхідний для подрібнення кормового матеріалу:

$$M_{pi3}^* = M_{pi3} n K_u \quad (21)$$

Таким чином, повний момент, необхідний для подрібнення коренеплодів, залежить від його геометричних розмірів, частоти обертання подрібнюючого барабана, властивостей подрібнюваного матеріалу і його маси.

Результати дослідження по визначенню питомої роботи різання кормових буряків сорту «Еккендорська жовта» в залежності від кута нахилу ріжучої кромки ножа наведена на рис. 5.

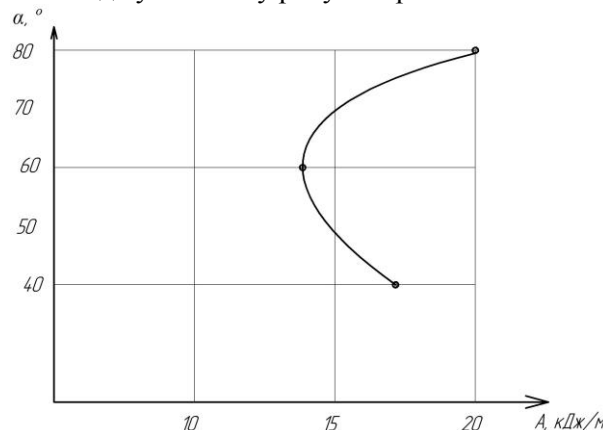
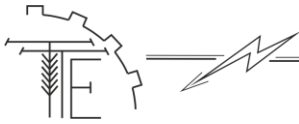


Рис. 5. Залежність питомої роботи різання кормових буряків від кута нахилу ножа

**Висновки**

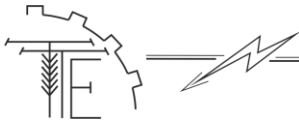
1. Запропонована конструкція машини для подрібнення коренеплодів вертикальною віссю обертання ріжучих барабанів різних форм
2. Виведені аналітичні залежності для визначення зусилля різання потужності двигуна на привод подрібнювача з урахуванням всіх витрат енергії
3. У процесі пошукових дослідів було виявлено різне зростання витрат енергії при подрібненні коренеплодів з малою частотою обертання подрібнюючого барабана
4. При швидкостях різання що перевищують 10 м/с. різкого зростає питома енергомісткість подрібнення
5. Найбільший вплив на параметр оптимізації надає швидкість подрібнення коренеплодів.

Список літератури

1. Калетнік Г.М. Енергоощадні технології кормів – основа конкурентоздатності тваринництва: Монографія. / Г.М. Калетнік, М.Ф. Кулик, Л.Т. Глушко та інші – Вінниця: Тега, 2006. – 340с.
2. Кукта Г.М. Выбор измельчителей корнеплодов / Г.М. Кукта, В.С. Бойко // Техника в сельском хозяйстве. – 2008. – № 2. – С. 28-32.
3. Новиков Г.И. Исследование процесса резания корнеплодов. / Г.И. Новиков. – М.: 1992. – т.16. – С. 3-34.
4. Надеждин А.В. Исследование рабочего процесса и обоснование параметров измельчителя кормов. – В кн.: Совершенствование средств механизации для заготовки и приготовления кормов. / А.В. Надеждин. – Зерноград, 2001. – С. 38-45.
5. Курдюмов В.И., Лемаева М.Н. Измельчитель корнеклубнеплодов. – Патент RU № 2242864. Оpubл. 27.12.2004, Б.И. № 36.
6. Фабричникова И., Коломиец В. Разработка и внедрение комплексного способа упрочнения свеклорезных ножей для срезания стружки / И. Фабричникова, В. Коломиец // MOTROL. – Lublin-Rzeszow. – 2013. – Vol. 15, No7. – С. 234-241.
7. Дубровин В. Идентификация процесса разработки адаптированной корнеуборочной машины / Валерий Дубровин, Геннадий Голуб, Виктор Барановский, Виктор Теслюк // MOTROL. – Lublin-Rzeszow. – 2013. – Vol. 15. №3. – С. 243-255.
8. Новиков Г.И. Исследование процесса резания корнеплодов./ Г.И. Новиков/Труда ВИМ. –Т16. 1952. – 3-26с.
9. Ревенко И.И. Машина – использование в животноводстве / И.И. Ревенко, В.М. Манько, В.И. Кравчук – К.: Высшая школа, 1990. – 208с.
10. Кухта Г.М. Механизация и автоматизация животноводства./ Г.М. Кухта, А.Л. Колесник, С.Г. Кухта – К.: Высшая школа, 1990 – 355с.
11. Кулаковський І.В. Машины и оборудование для приготовления кормов. Справочник в 4х. Томах./ И.В. Кулаковський, Ф.С. Кирничников, Е.И. Резник. – М.: Россельхоздрат.4Т, 1987-1988 –284с.
12. Патент No55150 МПК B02C 18/00 2010. Установка для измельчения и смешивания кормов. Чвартацький Р.И. и другие. 2009. Бюл. No23.
13. Фабричникова И. Разработка и внедрение комплексного способа упрочнения свеклорезных ножей для срезания стружки / И. Фабричникова, В. Коломиец // MOTROL. – Lublin -Rzeszow. – 2013–Vol. 15, No7.–ss. 234–241.
14. Дубровин В. Идентификация процесса разработки адаптированной корнеуборочной машины / Валерий Дубровин, Геннадий Голуб, Виктор Барановский, Виктор Теслюк // MOTROL.–Lublin-Rzeszow.– 2013–Vol. 15. No3. – ss. 243–255.

References

1. Kaletnik G.M. Energooshadni tehnologiyi kormiv – osnova konkurentozdatnosti tvary`nny`cztva: Monografiya. / G.M. Kaletnik, M.F. Kuly`k, L.T. Glushko ta inshi – Vinny`cya: Teza, 2006. – 340s.
2. Kukta G.M. Vyibor izmelchiteley korneplodov / G.M. Kukta, V.C. Boyko // Tehnika v selskom hozyaystve. – 2008. – № 2. – S. 28-32.
3. Novikov G.I. Issledovanie protsesssa rezaniya korneplodov. / G.I. Novikov. – M.: 1992. – t.16. – S. 3-34.
4. Nadezhdin A.V. Issledovanie rabocheho protsesssa i obosnovanie parametrov izmelchiteleya kormov. – V kn.: Sovershenstvovanie sredstv mehanizatsii dlya zagotovki i prigotovleniya kormov. / A.V. Nadezhdin. – Zernograd, 2001. – S. 38-45.
5. Kurdyumov V.I., Lemaeva M.N. Izmelchitel korneklubneplodov. – Patent RU # 2242864. Opubl. 27.12.2004, B.I. # 36.
6. Fabrichnikova I., Kolomiets V. Razrabotka i vnedrenie kompleksnogo sposobu uprochneniya sveklorезnyih nozhey dlya srezaniya struzhki / I. Fabrichnikova, V. Kolomiets // MOTROL. – Lublin-Rzeszow. – 2013. – Vol. 15, No7. – ss. 234-241.
7. Dubrovin V. Identifikatsiya protsesssa razrabotki adaptirovannoy korneuborochnoy mashiny / Valeriy Dubrovin, Gennadiy Golub, Viktor Baranovskiy, Viktor Teslyuk // MOTROL. – Lublin-Rzeszow. – 2013. – Vol. 15. #3. – S. 243-255.



8. Novikov G.I. Issledovanie protsessa rezaniya korneplodov./G.I. Novikov/Truda VIM. T16. 1952. – 3-26с.
9. Revenko I.I. Mashina – ispolzovanie v zhivotnovodstve / I.I. Revenko, V.M. Manko, V.I. Kravchuk – K.: Vysshaya shkola, 1990. – 208с.
10. Kuhta G.M. Mehanizatsiya i avtomatizatsiya zhivotnovodstva./ G.M. Kuhta, A.L. Kolesnik, S.G. Kuhta K.: Vysshaya shkola, 1990 – 355с.
11. Kulakovskiy I.V. Mashiny i oborudovanie dlya prigotovleniya kormov. Spravochnik v 4h. Tomah./ I.V. Kulakovskiy, F.S. Kirnichnikov, E.I. Reznik. M.: Rosselkhozdat. 4T, 1987-1988 –284с.
12. Patent No55150 MPK B02C 18/00 2010. Ustanovka dlya izmelcheniya i smeshivaniya kormov. Chvartatskiy R.I. i drugie. 2009. Byul. No23.
13. Fabrichnikova I. Razrabotka i vnedrenie kompleksnogo sposoba uprochneniya svekloveznykh nozhey dlya srezaniya struzhki / I. Fabrichnikova, V. Kolomiets // MOTROL. – Lublin -Rzeszow. – 2013–Vol. 15, No7.–ss. 234-241.
14. Dubrovin V. Identifikatsiya protsessa razrabotki adaptirovannoy korneuborochnoy mashiny / Valeriy Dubrovin, Gennadiy Golub, Viktor Baranovskiy, Viktor Teslyuk // MOTROL.–Lublin-Rzeszow.– 2013–Vol. 15. No3. – ss. 243–255.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ КОРНЕПЛОДОВ В ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ

Аннотация: наиболее распространенными способами измельчения корнеплодов это механическое, которые характеризуются простой конструкцией и высокой производительностью.

В зависимости от взаимодействия между рабочими элементами и грузом можно выделить следующие основные способы измельчения корнеплодов: рубящее резание; наклонное резание; скользящее резание. Отмеченные способы резания отличаются один от другого величиной угла резания.

При нормальном резании (рубке) материал разрезается под действием только нормальной силы без бокового перемещения ножа. В случае наклонного резания кроме нормального давления имеет место и боковая сила, но она еще не может вызывать переменного движения частиц материала по лезвию, поскольку угол резания меньше угла трения. При переменном резании (скользящее резание) угол скольжения больше угла трения. Резание проводится нормальным давлением при участии боковой силы, которая в этом случае обуславливает скользящее движение частиц материала вдоль по лезвию (или лезвия по материалу).

Исходя из всего вышеупомянутого, скользящее резание наименее энергоемко, но трудно осуществлено при измельчении корнеплодов в результате больших значений угла трения корнеплодов о пределы металлического клина (30-40°). Поэтому в современных конструкциях измельчителей корнеплодов, как правило, применяется наклонное резание, которое обеспечивает сравнительно низкую энергоемкость и хорошее качество получаемого продукта.

Особенностью предложенной конструкции измельчителя корнеплодов является наличие режущих кромок на поверхности цилиндрического барабана с вертикальной осью вращения. Перемещение сырья осуществляется за счет сил притяжения и винтовой линии режущих кромок. Выведенные аналитические зависимости для определения усилия резания и мощности двигателя на привод измельчителя с учетом всех расходов энергии.

Ключевые слова: корнеплоды, режущие элементы, технологический процесс, измельчение.

THEORETICAL BASES AND FEATURES OF PROCESS OF CUTTING OF ROOT CROPS IN FARMS

Annotation: the most widespread method of cutting of root crops shallow is mechanical, that is characterized by a simple construction and high yield.

Depending on co-operation between working elements and load it is possible to distinguish the next basic methods of cutting of root crops: chopping cutting; inclined cutting; sliding cutting. The marked methods differ one from other by the size of cutting corner.

At the normal cutting (to the deck-house) material is cut under an action only of normal force without the lateral moving of knife. In case of the sloping cutting except normal pressure takes place and lateral force, but it yet cannot cause variable motion of particles of material on a blade, as a cutting corner is less the corner of friction. At the variable cutting (sliding cutting) corner of skidding is then the corner of friction. Cutting is conducted by normal pressure with participation of lateral force that in this case stipulates sliding motion of particles of material along on a blade (or blades on material).

Coming from the all above-mentioned, sliding cutting is the least power-hungrily, but it is difficult to use it cutting of root crops because of large values of corner of friction of root crops at the limits of metallic wedge (30...40°). Therefore in the modern constructions of cutting of root crops, as a rule, the sloping cutting that provides subzero power-hungryness and good value of the got product comparatively is used.

The feature of the offered construction of cutting of root crops is a presence of cutting edges on the surface of cylindrical drum with the vertical axis of rotation. Moving of raw material is done true due to attractive and spiral line of cutting edges powers. Shown out analytical dependences for determination of effort of cutting and engine power on the drive of cutting taking into account all charges of energy.

Keywords: root crops, cutting elements, technological process, cutting.