



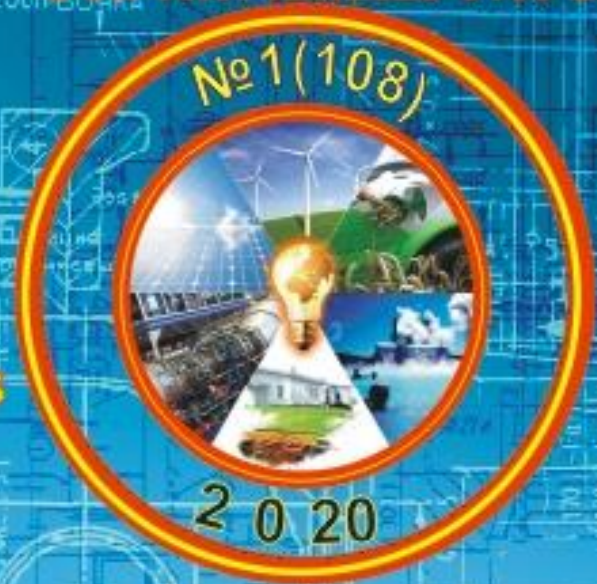
Всеукраїнський науково-технічний журнал

All-Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2520-6168 (Print)

DOI: 10.37128/2520-6168-2020-1

Machinery
Energetics
Transport
of Agribusiness



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: Токарчук О.А. (головний редактор) та інші. – Вінниця, 2020. – 1 (108) – 172 с.

Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету (протокол №1 від 27.08.2020 р.)

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

Журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» включено до переліку наукових фахових видань України з технічних наук (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України від 02.07.2020 року №886)

Головний редактор

Токарчук О.А. – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

Заступник головного редактора

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

Відповідальний секретар

Полєвода Ю.А. – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

Члени редакційної колегії

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

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

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

Іванчук Я.В. – к.т.н., доц., Вінницький національний технічний університет

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

Зарубіжні члени редакційної колегії

Йордан Максимов – д.т.н., професор Технічного університету Габрово (Болгарія)

Відповідальний секретар редакції **Полєвода Ю.А.** 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: pophv@ukr.net



ЗМІСТ

I. МАШИНОВИКОРИСТАННЯ У РОСЛИННИЦТВІ ТА ТВАРИННИЦТВІ

*Середа Л.П., Швець Л.В., Труханська О.О.***СМУГОВИЙ ПІДСІВ ТРАВ ПАСОВИЩ..... 5***Vitalii Komakha, Oleksii Tokarchuk, Mykhailo Zamrii***INVESTIGATION OF THE MECHANICAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF FODDER CROPS TO DETERMINE THE PARAMETERS OF THE WORKING BODIES OF MOWER CONDITIONERS AND OPTIMAL MODES OF THEIR OPERATION..... 14***Журенко Ю.І.***ВПЛИВ КРАТНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ПО ОБРОБІТКУ ЛЮЦЕРНИ ПРИ ВИСУШУВАННІ НА ЇЇ ХІМІЧНИЙ СКЛАД..... 22***Холодюк О.В.***РУЙНУЮЧЕ ЗУСИЛЛЯ РІЗАННЯ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ ЛЕЗА ДИСКОВОГО НОЖА З ТРАВ'ЯНОЮ МАСОЮ..... 29***Гладушняк О.К., Всеволодов О.М.***АНАЛІЗ МЕТОДІВ МИТТЯ ХАРЧОВОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ..... 37**

II. ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

*Паладійчук Ю.Б., Телятник І.А.***ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗНИЖЕННЯ ТОКСИЧНОСТІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ..... 44***Мутко Микола***DETERMINATION OF ECONOMIC ADVISABLE DISTANCES OF AUTOMOBILE DELIVERY ON AUTOSERVICE ENTERPRISE..... 58**

III. ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНИХ І ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

*Соломон А.М., Полєвода Ю.А.***ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПОЮ ДЛЯ ХАРЧУВАННЯ ЛЮДЕЙ ПОХИЛОГО ВІКУ..... 65***Зозуляк І.А.***ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ІНФРАЧЕРВОНОЇ ВІБРАЦІЙНОЇ СУШАРКИ..... 75***Бандура В. М.***ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ СОЇ..... 82**

IV. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА

*Веселовська Н.Р.***ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДИКИ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ..... 91***Музичук В.І., Токарчук О.А.***ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗВИТКУ ДЕФОРМАЦІЇ КОНТАКТНИХ НАПРУЖЕНЬ ПРИ ВАЛЬЦЮВАННІ..... 103**



Пришляк В.М., Дубчак В.М.

ЗНАХОДЖЕННЯ ВЕЛИЧИН СИЛИ ТИСКУ НА ПІДВОДНІ ГІДРОСПОРУДИ У ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКІЙ ПРАКТИЦІ Й АГРОІНЖЕНЕРНІЙ ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ..... 111

Колісник М.А., Служалюк М.О.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ І ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ШТАМПУАННЯ ОБКОЧУВАННЯМ СКЛАДНОПРОФІЛЬНИХ ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ..... 123

V. ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ТА АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

Стаднік М.І., Гунько І.В., Проценко Д. П.

АВТОНОМНЕ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ НА БАЗІ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ..... 134

Ярогуд В.М.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТРИТРУБНОГО РЕКУПЕРАТОРА..... 142

Видмиш А.А., Токарчук О.А., Карпійчук М.Ф., Паладій М.С.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ НАВАНТАЖЕННЯ ТРАНСФОРМАТОРІВ 10/0.4 КВ З ВИКОРИСТАННЯМ SCADA..... 151

VI. ДУМКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО

Холодюк О.В., Булін Р.М.

ОСОБЛИВОСТІ ОФОРМЛЕННЯ ФОРМУЛИ ВІНАХОДУ ЧИ КОРИСНОЇ МОДЕЛІ ЯК ОБ'ЄКТИ ПРАВОВОЇ ОХОРОНИ..... 161



УДК 631.352.022

DOI: 10.37128/2520-6168-2020-1-4

**РУЙНУЮЧЕ ЗУСИЛЛЯ РІЗАННЯ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ
ЛЕЗА ДИСКОВОГО НОЖА З ТРАВ'ЯНОЮ МАСОЮ****Холодюк Олександр Володимирович, к.т.н., ст. викладач**
Вінницький національний аграрний університет**Oleksandr Kholodyuk, PhD., Senior teacher**
Vinnytsia National Agrarian University

При заготівлі та приготуванні кормів широко використовується процес різання – обробка стебел спрямованим прикладанням зусилля, що виникає на різальній крайці ножа. Майже 85 % стеблових кормів – це подрібнені корми, для заготівлі яких застосовують кормозбиральні комбайни.

Подрібнення листостеблової маси є однією із енергоємних операцій у загальному процесі заготівлі, від якої також залежить і кінцева якість одержаного корму. На енергоємність процесу подрібнення впливають як конструкційно-режимні параметри апарату, різальної пари, так і фізико-механічні властивості листостеблової маси. Тому розробка подрібнювальних апаратів, зокрема бітерно-ножового, має проводитись на підґрунті детальних досліджень процесу різання трав'яної маси з урахуванням діючих силових та енергетичних показників.

Об'єктом дослідження в даній статті був процес різання трав'яної маси бітерно-ножовим подрібнювальним апаратом, що містить активні дискові ножі.

Мета роботи полягала у встановленні аналітичної залежності руйнуючого зусилля різання при взаємодії лева дискового ножа бітерно-ножового подрібнювального апарату з трав'яною масою.

Завданням роботи передбачалось: здійснити аналіз досліджень і публікацій щодо встановлення зусилля різання шару листостеблової маси та вплив на його величину різних факторів; встановити математичну модель розрахунку критичного зусилля різання шару трав'яної маси різальною парою: подвійний палець живильного ротора – дисковий ніж при різанні із ковзанням.

Методика дослідження ґрунтувалася на аналізі взаємодії робочих органів подрібнювального апарату з трав'яною масою із використанням методів теоретичної механіки.

У науковій роботі розглянуто взаємодію однофаскового лева дискового ножа бітерно-ножового подрібнювального апарату з листостебловою масою за умови двопідпінного різання із ковзанням. Здійснено аналіз силової взаємодії лева ножа з трав'яною масою та встановлено залежність (3) розрахунку критичного руйнуючого зусилля різання $P_{кр}$. З одержаного виразу встановлено, що на його величину впливають як конструкційні параметри різальної пари, так і технологічні параметри роботи подрібнювального апарату. Також на величину руйнуючого зусилля впливає трансформований кут загострення лева дискового ножа і кут ковзання.

Ключові слова: подрібнення, різання, руйнуюче зусилля, енергоємність, дисковий ніж, кут загострення, кут ковзання, подрібнювальний апарат, стеблові корми.

Ф. 3. Рис. 3. Літ. 12.

1. Вступ

Стабільний рівень розвитку молочного тваринництва не можливий без стійкої кормової бази. Її основу формують різновиди стеблових кормів: зелений корм, сінаж, силос, сіно.

В заготівлі та приготуванні кормів широко використовується процес різання – обробка стебел спрямованим прикладанням зусилля, що виникає на різальній крайці ножа. Для можливості відрізнити різальні апарати для скошування (різальний елемент-сегмент) від різальних апаратів кормозбиральних комбайнів для подрібнення стеблової маси останні Резнік Н.Ю. називає подрібнювальними апаратами [1]. Майже 85 % стеблових кормів – це подрібнені корми, для заготівлі яких застосовують кормозбиральні комбайни. Подрібнювальні пристрої комбайнів, які виконуються барабанного чи дискового типів, є основою їх конструкцій.

2. Постановка проблеми

Суттєвий вклад в дослідження процесу подрібнення стеблових кормів внесли В.А. Желіговський, Н.Ю. Резнік, Е.С. Босой, С.В. Мельніков, В.І. Особов, С.І. Рустамов, В.А.



Ясенецький, С.А. Притченко, І.І. Ревенко, Ф.Ю. Ялпачик та інші.

Подрібнення листостеблової маси є однією із енергоємних операцій у загальному процесі заготівлі, від якої також залежить і кінцева якість одержаного корму. Як відомо, на подрібнення однієї тони листостеблових кормів витрачається 3,6-25,2 МДж енергії [2, 3], що складає біля 30 % від загальних витрат на заготівлю і приготування кормів.

На енергоємність процесу подрібнення впливають як конструкційно-режимні параметри апарату, різальної пари, так і фізико-механічні властивості листостеблової маси. Причому, наприклад як зазначає автор [4], одночасно досягнути умови найменших витрат питомої роботи A_n і зусилля різання $P_{риз}$ важко. Тому розробка подрібнювальних апаратів, зокрема бітерно-ножового, має проводитись на підґрунті детальних досліджень процесів різання листостеблових матеріалів з урахуванням діючих силових та енергетичних показників. Також, при конструюванні машин і пристроїв необхідно знати загальне зусилля різання $P_{заг}$, яке дозволяє об'єктивно описати процес різання і оцінити вплив на нього різних факторів.

3. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Частковим випадком подрібнення рослинної маси є процес різання. І.А. Тіме належить світовий пріоритет наукового обґрунтування процесів різання і саме ним були запропоновані перші залежності для визначення зусилля різання.

Засновником теорії різання лезом сільськогосподарських матеріалів являється академік В. П. Горячкін [5]. На основі проведених ним досліджень встановлено два різновиди процесу різання лезом: а) різання за допомогою нормального переміщення ножа; б) різання при переміщенні ножа по двом взаємно перпендикулярним напрямкам: нормально і паралельно лезу.

В.О. Желіговським експериментально доведено взаємну залежність між нормальним тиском P_n леза на матеріал і тангенціальним зусиллям P_t , яке необхідне для збудження переміщення леза по матеріалу (Рис. 1) [6]. При зменшенні зусилля P_n , зусилля P_t збільшується так, що їх рівнодіюча R зберігає приблизно постійну величину, тобто $R = \sqrt{P_n^2 + P_t^2} = const$.

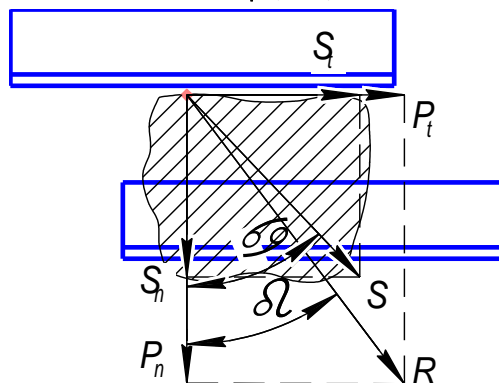


Рис. 1. Схема визначення взаємозв'язку між нормальним P_n і тангенціальним P_t зусиллями та нормальним S_n і тангенціальним S_t переміщеннями леза у процесі ковзального різання

У теорії різання лезом виділяють три види різання: нормальне, похиле (нахилене) і ковзальне. Н.Ю. Резнік вважає, що ковзальне і похиле різання розрізняють надто умовно. Похилим різанням він пропонує називати різання з коефіцієнтом ковзання $\varepsilon \leq 2$. Границя між ковзальним і похилим різанням, як наголошує автор [1], являє собою смугу шириною $0,2\varepsilon$, нахилену під кутом $\varphi \approx 30^\circ$ до осі абсцис, на якій відкладені кути загострення леза.

Одночасно досягти умови найменших витрат питомої роботи A_n і зусилля різання $P_{риз}$ важко. Якщо необхідно затратити найменше зусилля різання, зазначає автор [4], слід працювати гладеньким лезом, коли ж виникає потреба у зменшенні витрат питомої роботи, то лезо повинно бути шорстким, наголошує автор, а зусилля різання при цьому не повинно перевищувати 2/3 своєї величини для даного кута загострення. При різанні із ковзанням кут загострення слід вибирати менше подвійного кута тертя продукту по матеріалу ножа.

Експериментальним і аналітичним дослідженням залежності зусилля різання шару стебел від кута ковзання присвячені роботи Н.В. Саблікова, М.П. Горбунова, Н.Ю. Резніка, В.А. Зяблова,



П.І. Прокопцева, Д.С. Швеця, В.І. Арнаутова, І.Л. Габа. Дослідження підтверджують значне зниження рівнодіючих зусиль опору різанню досліджуваних матеріалів із збільшенням кута ковзання.

Проте, при визначенні головних факторів зниження загального зусилля різання із ковзанням, думки багатьох дослідників розійшлися. Такими факторами вважаються: перепилуюча дія мілких зубців [5], профіль зубців [7], руйнуюче напруження розриву або зсуву [6], форми і розміри мікроскопічних зубців [4], кінематична трансформація кута загострення [8].

Притченко С.А. [9] досліджував зміну зусилля $P_{риз}$ і його складових: нормальної P_n і тангенціальної P_t в залежності від швидкості різання таких матеріалів, як щільний шар люцерни і конюшини. Автор вважає, що характер закономірностей пояснюється зміною коефіцієнта тертя, а також зменшенням величини відхилення шару у напрямку різання.

Н.Ю. Резнік [1] у процесі своїх досліджень отримав результати, які свідчать про зниження зусилля $P_{риз}$ і роботи різання $A_{риз}$ із збільшенням швидкості до 25 м/с. Автор пояснює таку закономірність також зменшенням витрат енергії на попереднє стискання матеріалу при великих швидкостях різання.

Загальний опір заглиблення клиноподібного леза в матеріал (люцерна, конюшина, суданка) С.А. Притченко [9] описує рівнянням в якому відсутня складова швидкості. Аналізуючи отриману залежність, автор робить висновок, що опір заглибленню леза ножа в матеріал підвищується при збільшенні кута загострення.

Найбільш фундаментальну залежність визначення питомого зусилля різання $P_{риз}$ запропонував Н.Ю. Резнік [1], у якій поєднано взаємозв'язок основних фізико-механічних і технологічних параметрів стеблової маси, що розрізається, та конструкційних параметрів різальної пари. Можливість її застосування обумовлена лише випадками нормального різання при статичній взаємодії леза з матеріалом, що розрізається.

На сьогодні універсальної залежності визначення загального зусилля різання листостеблової маси не вдається. Тому, в більшості випадків, руйнуюче зусилля для кожного подрібнювача необхідно визначати індивідуально, враховуючи вид різання, конструкційні особливості різальної пари, їхні режими параметри роботи та властивості матеріалу.

Методика дослідження ґрунтується на аналізі взаємодії робочих органів подрібнювального апарату з трав'яною масою із використанням методів теоретичної механіки.

4. Мета досліджень

Полягає у встановленні аналітичної залежності руйнуючого зусилля різання при взаємодії леза дискового ножа бітерно-ножового подрібнювального апарату з трав'яною масою.

5. Викладення основного матеріалу

Різання трав'яної маси лезом ножа, передує процес попереднього стиснення ним матеріалу, до виникнення на його крайці руйнуючого контактного напруження σ_p . Чим, більш сконцентрованою буде зона деформації, тим стабільнішою буде величина руйнування шару рослинної маси і тим з меншим зусиллям буде проходити процес різання. Збільшення концентрації деформації можливе або за рахунок збільшення швидкості різання, або за рахунок переносу деформації з нормального напрямку в сторону дотичного [1, 10, 11].

Момент виникнення руйнуючого контактного напруження σ_p визначається величиною критичної сили $P_{кр}$, що діє на ніж і яка долає ряд опорів різного походження, які виникають у трав'яній масі. Критична сила $P_{кр}$ є максимумом суми усіх зусиль, що виникають в процесі різання. Тому при аналізі силової взаємодії леза ножа з трав'яною масою це зусилля є найбільш важливим об'єктом досліджень, оскільки від його величини залежить енергоємність процесу різання.

Розглянемо взаємодію однофаскового леза дискового ножа бітерно-ножового подрібнювального апарату з стебловою масою за умови двопідпільного різання із ковзанням (Рис. 2) будова і принцип роботи якого описані у науковій праці [12]. Основною конструктивною особливістю запропонованого подрібнювального апарату є те, що його різальна пара розташована вздовж формуючого каналу, а не вперек як у інших подрібнювальних апаратах, наприклад барабанному чи дисковому.

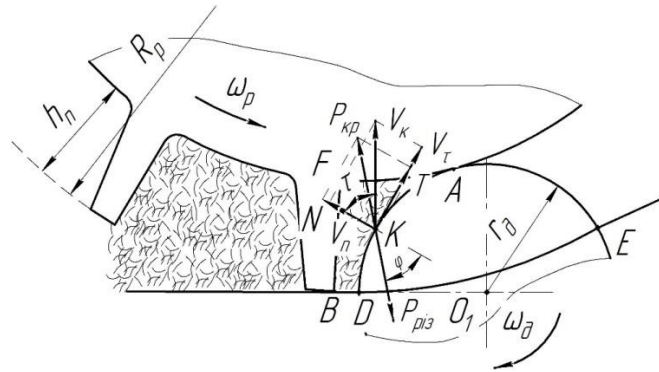


Рис. 2. Схема до визначення критичного зусилля різання

Нехай лезо дискового ножа (Рис. 2) обертається з постійною кутовою швидкістю ω_d відносно осі O_1 . Ущільнена маса пальцями живильного ротора, в поздовжньому перерізі $BDAF$, розрізатиметься по дузі DA дискового ножа. По мірі переміщення точки (на дузі леза DA) у якій відбувається защемлення маси, точка з прикладання рівнодіючої $P_{кр}$ опору також буде переміщуватись по дузі у напрямку від т. D до т. A . Радіус-вектор r цього опору відносно осі ротора буде зменшуватись від r_{max} до r_{min} . Тому, навіть при постійній величині $P_{кр}$, момент опору різання буде зменшуватись, спричиняючи таким чином нерівномірність навантаження на вал ротора.

Припустимо, що в даний момент часу рівнодіюче зусилля різання $P_{риз}$ від ущільненої пальцями ротора маси прикладена у т. K (Рис. 2). Зі сторони дискового ножа діє критичне зусилля $P_{кр}$, яке протилежно спрямоване і по величині дорівнює $P_{риз}$. Її складовими є дотичне зусилля T , що спрямоване по дотичній у сторону обертання ножа, і нормальне зусилля N , що спрямоване по нормалі до різальної крайки леза у т. K у напрямку пальців ротора. Дотичне зусилля T різання сприяє переміщенню маси по дузі ножа DA , а зусилля N стискає стебла, зміщуючи їх до поверхні пальця BF і барабана FA .

Швидкість т. K (Рис. 2) на крайці дискового ножа V_k можна представити у вигляді векторної суми двох швидкостей: нормальної V_n , що спрямовано по нормалі до різальної крайки леза і тангенціальної V_t – по дотичній до різальної крайки ножа. Так як V_k визначає напрямок різання, а V_n – напрямок нормального зусилля, то кут між ними τ є кутом ковзання. Кут τ ковзання утворюється в будь-якій точці крайки ножа по дузі DA між векторами швидкості V_k і V_n .

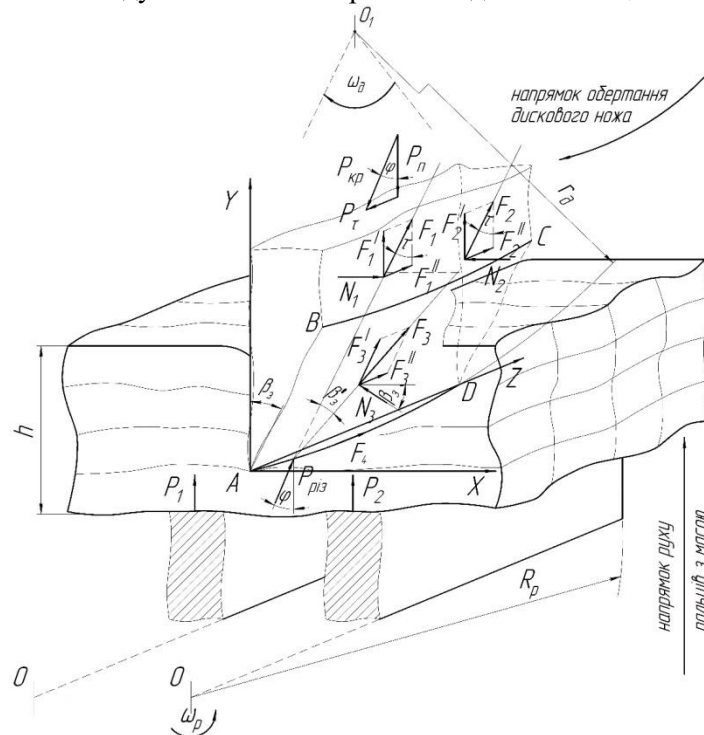


Рис. 3. Схема зусиль, діючих на сектор дискового ножа при ковзному різанні



Критичне зусилля $P_{кр}$ різання відхилене від нормалі N на кут φ , який дорівнює куту тертя між лезом ножа і трав'яною масою. Для визначення критичного зусилля $P_{кр}$ зобразимо сектор дискового ножа у збільшеному вигляді (рис. 3) із діючими зусиллями.

При проникненні сектора леза дискового ножа O_1AD в шар рослинної маси на ніж діють такі зусилля: нормальні реакції N_1 і N_2 , які діють на бокові сторони зануреного у масу дискового ножа, та нормальна реакція N_3 на фаску леза ножа, зусилля тертя, що діють на бокові сторони ножа F_1 і F_2 , фаску леза ножа F_3 і крайку леза F_4 , зусилля опору $P_{риз}$ руйнування трав'яної маси під крайкою леза, що направлена вгору під кутом φ до нормалі. Слід зазначити, якщо величина кута α_n нахилу рівнодіючої зусилля різання $P_{кр}$ більше кута φ тертя, тобто $\alpha_n > \varphi$, а тому різання матеріалу відбуватиметься із ковзанням ($\tau \geq \varphi_1 + \varphi_2$). Вважаючи рух ножа рівномірним, складемо рівняння рівноваги наведених зусиль в проекціях на осі координат X, Y і Z :

$$\begin{cases} N_1 - N_2 - N_3 \cos \beta_3 + F_3 \sin \beta_3' = 0; \\ -P_{кр} \cos \varphi + P_{риз} \cos \varphi + F_1 \cos \tau + F_2 \cos \tau + N_3 \sin \beta_3 + F_3 \cos \beta_3' \cos \tau = 0; \\ -P_{кр} \sin \varphi + P_{риз} \sin \varphi + F_4 + F_1 \sin \tau + F_2 \sin \tau + F_3 \cos \beta_3' \sin \tau = 0; \end{cases} \quad (1)$$

де φ – кут тертя; β_3 – кут загострення дискового ножа, град.; β_3' – трансформований кут загострення дискового ножа, град.; τ – кут ковзання.

Зусилля різання $P_{риз}$ можна визначити як добуток площі $S_{кр}$ крайки леза на руйнуюче контактне напруження σ_p [1, 10]

$$P_{риз} = P_1 + P_2 = S_{кр} \sigma_p = \delta \Delta l \sigma_p, \quad (2)$$

де P_1, P_2 – зусилля притискання трав'яної маси до ножа пальцями живильного ротора у момент початку його руйнування, кН; δ – гострота леза, м; Δl – довжина леза, м.

У момент початку різання критичне зусилля $P_{кр}$, яке прикладене до ножа, повинно долати суму усіх зусиль, що діють у вертикальному напрямку. Припустивши, що нормальні реакції $N_1 = N_2$ і зусилля тертя $F_1 = F_2$, можемо записати:

$$\begin{aligned} N_3 &= F_3 \frac{\sin \beta_3'}{\cos \beta_3}; \\ P_{кр} &= \delta \Delta l \sigma_p + 2F_1 \frac{\cos \tau}{\cos \varphi} + F_3 \left(\frac{\operatorname{tg} \beta_3 \sin \beta_3' + \cos \beta_3' \cos \tau}{\cos \varphi} \right). \end{aligned} \quad (3)$$

В одержаному виразі (3) руйнуюче зусилля $P_{кр}$ характеризує взаємозв'язок між конструкційно-технологічними параметрами і фізико-механічними властивостями різальної пари. Як бачимо, на величину руйнуючого зусилля пливає трансформований кут загострення β_3' леза дискового ножа і кут ковзання τ . Тому виникає необхідність у їх наступному аналітичному дослідженні.

5. Висновок

З аналізу останніх досліджень і публікацій видно, що на сьогодні універсальної залежності визначення загального зусилля різання листостеблової маси не вдається. Тому, в більшості випадків, руйнуюче зусилля для кожного подрібнювача необхідно визначати індивідуально, враховуючи вид різання, конструкційні особливості різальної пари, їхні режимні параметри роботи та властивості матеріалу.

У роботі наведено математичну модель розрахунку критичного зусилля $P_{кр}$ різання шару трав'яної маси різальною парою: подвійний палець живильного ротора – дисковий ніж при різанні із ковзанням (3), що є науковою новизною роботи. В одержаному виразі критичне зусилля ілюстративно характеризує основний зв'язок між конструкційно-технологічними параметрами подрібнювального апарату. На величину руйнуючого зусилля впливає трансформований кут загострення β_3' леза дискового ножа і кут ковзання τ . Відкритими залишаються питання визначення оптимальних умов різання дисковим ножом, при яких зусилля різання буде мінімальним.

Список використаних джерел

1. Резник Н. Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. Машиностроение, 1975. 311 с.



2. Ясенецкий В. А., Гончаренко П. В. Машины для измельчения кормов : под ред. Л. В. Погорелого. К : Техника, 1990. 166 с.
3. *Кормодробилки: конструкция, расчет : производственно-практическое издание* / Ялпачик Ф. Е., Ялпачик Г. С., Крыжачковский Н. Л., Кюрчев В. Н. Запорожье : Коммунар, 1992. 292 с.
4. Егорова Т. И. Трение в технологическом процессе резания лезвием. *Сб. трудов по земледельческой механике*. М : 1954. Т. 2. С. 171–177.
5. Горячкин В. П. Собрание сочинений. В 3 т. Т. 3. Теория соломорезки и силосорезки. М : Колос, 1968. С. 68–144.
6. Желиговский В. А. Экспериментальная теория резания лезвием. *Труды МИМЭСХ*. М : 1940. Вып. 9. 27 с.
7. Caba I. L., Bungescu S., Selvi K. C., Voja N., Danciu A. Analysis of the cutter profile in slide cutting at self-loading fodder trailers, *INMATEN: Agricultural engineering*, 2013. vol.40 no.2, pg. 63–66.
8. Дацишин О. В., Сагач М. Ф., Синявський В. М., Чубов Д. С. Обґрунтування різального апарата з ковзаючим рухом ножа. *Механізація і урожай*, 1972. С. 137–142.
9. Притченко С. А. Исследование процесса резания зеленых кормов для птицы : автореф. дисс. на соис. науч. степени канд. техн. наук : 05.20.01. Киев, 1965. 22 с.
10. Мельников С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. Л : Колос, Ленингр. отд-ние. 1978. 560 с.
11. Рустамов С. И. Высокопроизводительные режущие аппараты сельскохозяйственных уборочных машин. Киев-Донецк : Вища школа, 1985. 95 с.
12. Кузьменко В. Ф., Холодюк О. В. Битерно-ножевой режущий аппарат с дисковыми ножами. *Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 22–23 октября 2014 г.)*. В 3 т. Т. 1. г. Минск : НППЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства. 2014. С. 224–230 с.

References

- [1] Reznik, N. Ye. (1975). *Teoriya rezaniya lezviyem i osnovy rascheta rezhushchikh apparatov*. Moskva: Mashinostroyeniye. [in Russian].
- [2] Pogorelyy, L. V. (Ed). (1990). *Mashiny dlya izmel'cheniya kormov*. Kyiv: Tekhnika. [in Russian].
- [3] Yalpachyk, F. E., Yalpachyk, H. S., Kryzhachkovskyy, N. L., Kyurchev, V. N. (1992). *Kormodrobilki: konstruktsiya, raschet: proizvodstvenno-prakticheskoye izdaniye*. Zapopozh'ye: Kommunap. [in Russian].
- [4] Yegorova, T. I. (1954). *Treniye v tekhnologicheskoy protsesse rezaniya lezviyem*. *Sb. trudov po zemledel'cheskoy mekhanike*. (2), 171–177. [in Russian].
- [5] Goryachkin, V. P. (1968). *Sobraniye sochineniy. Teoriya solomarezki i silosarezki*. (V 3. T. 3). Moskva: Kolos. [in Russian].
- [6] Zheligovskiy, V. A. (1940). *Eksperimental'naya teoriya rezaniya lezviyem*, (9), 27 s. [in Russian].
- [7] Kaba, I. L., Bungescu, S., Sel'vi, K. S., Boya, N., Danchu, A. (2013). *Analiz profilya rezhushchego instrumenta pri rezke slaydov na samozagruzhayushchikh-sya kormovykh pritsepakh*, *INMATEN: Sel'skokhozyaystvennoye mashinostroyeniye*, vyp. 40 № 2, str. [in English].
- [8] Datsyshyn, O. V., Sahach, M. F., Synyavs'kiy, V. M., Chubov, D. S. (1972). *Obgruntuvannya rizal'nogo aparata z kovzayuchym rukhom nozha*. *Mekhanizatsiya i Urozhay*, 137–142. [in Ukrainian].
- [9] Pritchenko, S. A. (1965). *Issledovaniye protsessy rezaniya zelenykh kormov dlya ptitsy* [Study of the process of cutting green feed for poultry] (*Extended abstract of Candidate's thesis*). Kyiv. [in Russian].
- [10] Mel'nikov, S. V. (1978). *Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya zhivotnovodcheskikh ferm*. Leningrad: Kolos. [in Russian].
- [11] Rustamov, S. I. (1985). *Vysokoproizvoditel'nyye rezhushchiye apparaty sel'skokhozyayst-vennykh uborochnykh mashin*. Kiyev-Donetsk: Vishcha shkola. [in Russian].
- [12] Kuz'menko, V. F., Kholodyuk, O. V. (2014). *Biterno-nozhevoy rezhushchiy apparat s diskovymi nozhami*. Abstracts of Papers '14: *Nauchno-tekhnicheskij progress v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve*. (V. 3 t. T. 1), (pp. 224–230). Minsk. [in Russian].



РАЗРУШАЮЩЕЕ УСИЛИЕ РЕЗАНИЯ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ЛЕЗВИЯ ДИСКОВОГО НОЖА С ТРАВЯНОЙ МАССОЙ

При заготовке и приготовлении кормов широко используется процесс резки - обработка стеблей направленным приложением усилия, возникающего на режущей кромке ножа. Почти 85% стеблевых кормов - это измельченные корма, для заготовки которых применяют кормоуборочные комбайны.

Измельчение листостебельной массы является одной из энергоемких операций в общем процессе заготовки, от которой также зависит и конечное качество полученного корма. На энергоемкость процесса измельчения влияют как конструктивно-режимные параметры аппарата, режущей пары, так и физико-механические свойства листостебельной массы. Поэтому разработка измельчающих аппаратов, в частности битерно-ножевого, должна проводиться на основе детальных исследований процесса резки травяной массы с учетом действующих силовых и энергетических показателей.

Объектом исследования в данной статье был процесс резки травяной массы битерно-ножевым измельчающим аппаратом, который содержит активные дисковые ножи.

Цель работы заключалась в установлении аналитической зависимости разрушающего усилия резания при взаимодействии лезвия дискового ножа битерно-ножевого измельчающего аппарата с травяной массой.

Задачей работы предполагалось: осуществить анализ исследований и публикаций по установлению усилия резания слоя листостебельной массы и влияние на его величину различных факторов; установить математическую модель расчета критического усилия резания слоя травяной массы режущей парой: двойной палец питающего ротора - дисковый нож при резке со скольжением.

Методика исследования основывалась на анализе взаимодействия рабочих органов измельчающего аппарата с травяной массой с использованием методов теоретической механики.

В научной работе рассмотрено взаимодействие однофаскового лезвия дискового ножа битерно-ножевого измельчающего аппарата с листостебельной массой при двоупорном резанием со скольжением. Осуществлен анализ силового взаимодействия лезвия ножа с травяной массой и установлена зависимость (3) расчета критического разрушающего усилия резания $P_{кр}$. С полученного выражения установлено, что на его величину влияют как конструктивные параметры режущей пары, так и технологические параметры работы измельчающего аппарата. Также на величину разрушающего усилия влияет трансформирование угла заострения лезвия дискового ножа и угол скольжения.

Ключевые слова: измельчение, резки, разрушающее усилие, энергоемкость, дисковый нож, угол заострения, угол скольжения, измельчающий аппарат, стеблевые корма.

Ф. 3. Рис. 3. Лит. 12.

THE DESTRUCTIVE EFFORT OF THE CUTTING IN THE INTERACTION BETWEEN THE BLADES OF DISC KNIFE AND HERBAL MASS

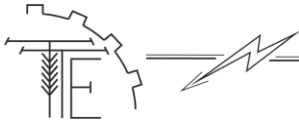
The process of cutting is widely used during the stockpiling and preparation of fodder - the processing of stems by the direct application of the force that arises at the cutting edge of the knife. Almost 85% of stem fodder are ground fodder for the stockpiling of which the forage harvesters are used.

Grinding of leaf mass is one of the most energy-consuming operations in the general process of stockpiling and the final quality of the fodder depends on it. The energy intensity of the grinding process is influenced by both the constructive and operating parameters of the machine, the cutting pair, and the physical and mechanical properties of the leaf-stem mass. Therefore, the development of grinding machines, the biter-knife in particular, should be carried out on the basis of detailed studies of the process of cutting grass mass, taking into account the current power and energy parameters.

The object of the study in this article was the process of cutting a herbal mass with a biter-knife grinding machine containing an active disk knives.

The purpose of the work was to establish the analytical dependence of the destructive cutting force in the interaction of the blade of the disk knife of biter-knife grinding machine with herbal mass.

The task of the work was: to analyze the researches and publications on establishing the effort of cutting a layer of leaf stem and influence of various factors on its magnitude; to establish a mathematical



model of calculation the critical effort of cutting a layer of grass mass with a cutting pair: double finger of the feed rotor - a disk knife during the cutting with sliding.

The research methodology was based on the analysis of the interaction of the working parts of the grinding machine with herbal mass using the methods of theoretical mechanics.

In the scientific work the interaction of single-blade blade of a disk knife of a biter-knife grinding machine with a leaf-stem mass is considered under the condition of double-backed cutting with sliding. The force interaction of the knife's blade with the grass mass was analyzed and the dependence (3) of the calculation of the critical destructive cutting force R_{kr} was determined. From the obtained expression it is established that its magnitude is influenced by both the constructive parameters of the cutting steam and the technological parameters of the grinding machine. Also the magnitude of the destructive force is affected by the transformed angle of sharpening of the blade of the disk knife and the sliding angle.

Key words: *grinding, cutting, destructive effort, the energy consumption, disc knife, sharpening angle, sliding angle, grinding machine, stalk feed.*

F. 3. Fig. 3. Ref. 12.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Холодюк Олександр Володимирович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри "Агроінженерії та технічного сервісу" Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: holodyk@vsau.vin.ua).

Холодюк Александр Владимирович - кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры "Агроинженерии и технического сервиса" Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: holodyk@vsau.vin.ua).

Kholodyuk Oleksandr - Ph.D, Senior Lecturer of the Department of "Operation of a machine-tractor park and technical service" of Vinnytsia National Agrarian University (3, Sonychna St., Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: holodyk@vsau.vin.ua).