

УДК 631.363.2

ЕНЕРГОЄМНІСТЬ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ ТРАВ'ЯНОЇ МАСИ БІТЕРНО-НОЖОВИМ АПАРАТОМ

Холодюк О. В.

Вінницький національний аграрний університет

Кузьменко В. Ф.

Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН

Постановка проблеми. Найбільш енергомісткою технологічною операцією в робочих процесах заготівлі кормів (сінажу, силосу, трав'яної різки) є подрібнення, адже ж, як відомо, на подрібнення однієї тони листостеблових кормів витрачається 1-7 кВт·год електроенергії, що складає біля 30 % від загальних витрат на заготівлю і приготування кормів [1].

В результаті подрібнення рослинна маса набуває сипучості, завдяки чому покращується її завантаження, транспортування, дозування, пресування, а також, покращуються умови для ефективного проходження процесів консервування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Енергомісткість процесу подрібнення залежить від багатьох факторів: фізико-механічних властивостей (структури, вологості, розмірів, щільності, об'ємної маси, коефіцієнтів внутрішнього та зовнішнього тертя); способів подрібнення; стану робочих органів машин тощо.

Зниженню енерговитрат сприяє розробка різального апарату з протирізом з активною частиною [2]. Такі пристрої дозволяють виконувати різання стебла косим або дотичним зрізом, що, в свою чергу, сприяє зниженню енерговитрат на технологічний процес і підвищує якість різання шару стебел.

Мета досліджень. Метою роботи є аналітичне та експериментальне дослідження енергоємності процесу різання трав'яної маси бітерно-ножовим апаратом, що містить активний протирізальний підпір.

Результати досліджень. Енергоємність процесу різання трав'яної маси відноситься до основних техніко-економічних характеристик подрібнювачів кормозбиральних машин. Здебільшого його оцінюють показником питомої енергоємності, яку визначають за формулою

$$E_n = \frac{A_{заг}}{Q}, \quad (1)$$

де $A_{заг}$ – загальна робота, що витрачається на різання трав'яної маси, кДж;

Q – продуктивність подрібнювального апарата, кг/год.

Загальну (повну) роботу, що витрачається на різання трав'яної маси можна визначити як

$$A_{заг} = A_{см} + A_{мп} + A_{нр} + A_{різ} + A_{тер}, \quad (2)$$

де $A_{см}$ – робота, що витрачається на стискання стеблової маси, кДж;

$A_{мп}$ – робота, що витрачається на переміщення стеблової маси, кДж;

$A_{нр}$ – робота, що витрачається на прискорення стеблової маси, кДж;

$A_{різ}$ – робота, що витрачається на різання стеблової маси, кДж;

$A_{тер}$ – робота, що витрачається на тертя стеблової маси по поверхні дискового ножа, кДж.

Роботу, що витрачається у процесі різання, розраховуємо як добуток крутного моменту на валу живильного ротора на кут його повороту. Величиною зусилля тертя в підшипниках та опором повітря в різальному апараті нехтуємо. Як підсумок, складові повної роботи різання можемо представити у кінцевому варіанті як:

$$A_{см} = \frac{E \cdot V_n \cdot l_p \cdot h_n \cdot (R_{\delta} + 0,5h_n) \cdot (H - h_n - R_{\delta}(1 - \sin \alpha)) \cos^2 \alpha}{\omega_p \cdot H \cdot (R_{\delta} + h_n) \sin \alpha} \cdot (\Delta \alpha - \alpha_n), \quad (3)$$

$$A_{мп} = f_c \frac{E \cdot V_n \cdot l_p \cdot h_n \cdot (H - h_n - R_{\delta}(1 - \sin \alpha)) \cdot (R_{\delta} + 0,5h_n) \cos \alpha}{\omega_p \cdot H \cdot (R_{\delta} + h_n)} \cdot (\Delta \alpha - \alpha_n), \quad (4)$$

$$A_{нр} = \frac{\omega_p \cdot i \cdot \gamma_o \cdot a_c \cdot l_p \cdot h_n \cdot (R_{\delta} + 0,5h_n)}{2\pi} \cdot \left(\omega_p (R_{\delta} + 0,5h_n) - V_n \left(1 - \frac{H}{R_{\delta} + h_n} \right) \right) \times (\Delta \alpha - \alpha_n), \quad (5)$$

$$A_{різ} = l_p \cdot h_n \cdot (R_{\delta} + 0,5h_n) C \left(\exp a \cdot \gamma_o \left[\frac{\alpha + \lambda_{\min} + \Delta \cdot k_1 - \lambda - 0,5\pi}{0,5\pi + \lambda - \lambda_{\min} - \alpha} \right] - 1 \right) \times (\Delta + \lambda_{\min}), \quad (6)$$

$$A_{тер \max} = 0,5 f_{мп} \cdot p_{мп} \cdot r_{\delta} \cdot d_{ш} \cdot (2R_p - \sqrt{(R_{\delta} + r_{\delta})^2 + r_{\delta}^2} - 2(R_{\delta} + r_{\delta})r_{\delta} \cos \beta_1 - \sqrt{(R_{\delta} + r_{\delta})^2 + r_{\delta}^2} - 2(R_{\delta} + r_{\delta})r_{\delta} \cos \beta_2). \quad (7)$$

Отож, розроблена математична модель витрат енергії бітерно-ножовим різальним апаратом з активними дисковими ножами дозволяє враховувати конструкційно-технологічні параметри подрібнювача та фізико-механічні властивості стеблового матеріалу.

У результаті проведеного регресійного аналізу із врахуванням статистичної значимості коефіцієнтів було отримано вираз залежності питомої роботи різання від дійсних значень факторів: лінійна швидкість леза дискового ножа, кутова швидкість ротора, діаметр дискового ножа та ротора (величина достовірної апроксимації $R^2 = 0,898$)

$$\begin{aligned}
 A_{n\text{кон}} = & 43749,1 - 17014,3V_{\delta} - 3208,9\omega_p - 2528,0D_{\delta} - 18381,3D_p + \\
 & + 1535,1V_{\delta}^2 - 30,8\omega_p^2 + 1041,7V_{\delta}\omega_p + 11136,6V_{\delta}D_p + 1205,5\omega_p D_{\delta} + \\
 & + 1980,4\omega_p D_p - 26257,4D_{\delta}D_p.
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

Дослідження рівняння регресії (8) здійснювали шляхом побудови поверхонь відгуку (рис. 1 і 2) і графіків у прямокутній системі координат, як функції параметра оптимізації $A_n = f(V_{\delta}, \omega_p, D_{\delta}, D_p)$.

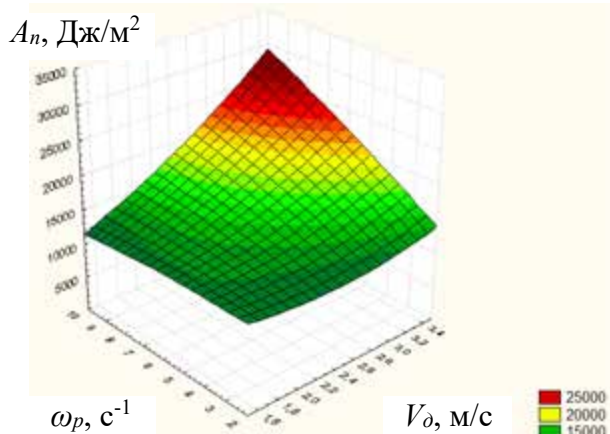


Рис. 1. Поверхня відгуку зміни питомої роботи різання A_n в залежності від лінійної швидкості леза дискового ножа V_{δ} і кутової швидкості ротора ω_p

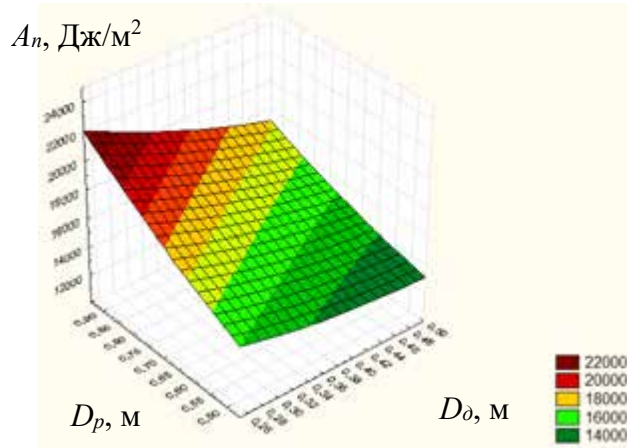


Рис. 2. Поверхня відгуку зміни питомої роботи різання A_n в залежності від діаметрів дискового ножа D_{δ} і ротора D_p

Встановлено, що зміна лінійної швидкості леза дискового ножа V_{δ} і кутової швидкості ротора ω_p у більшості випадків, суттєво впливає на зміну величини питомої роботи різання A_n . Так, наприклад, при зміні швидкості леза дискового ножа при $D_p = 0,70$ м і $D_{\delta} = 0,375$ м від 1,5 м/с до 3,5 м/с питома робота різання трав'яної маси збільшується від 12,93 кДж/м² до 14,01 кДж/м² при кутовій швидкості ротора $\omega_p = 2,0$ с⁻¹ і від 12,94 кДж/м² до 18,19 кДж/м² при $\omega_p = 4,0$ с⁻¹. У відсотковому співвідношенні для заданих умов вплив лінійної швидкості леза дискового ножа на зміну питомої роботи різання коливається у межах 8,4 – 40,5 %. Якщо, кутова швидкість ротора сягатиме 8,0 – 10,0 с⁻¹ тоді вплив лінійної швидкості леза дискового ножа більш виражений і питома робота різання зростає з 12,23 кДж/м² до 25,81 кДж/м² для $\omega_p = 8,0$ с⁻¹ і з 11,51 кДж/м² до 29,26 кДж/м² для $\omega_p = 10,0$ с⁻¹.

Висновок. Розроблено математичну модель витрат енергії бітерно-ножовим різальним апаратом з активними дисковими ножами, яка дозволяє враховувати конструкційно-технологічні параметри подрібнювача та фізико-механічні властивості стеблового матеріалу. З експериментальних досліджень одержано математичну модель у вигляді рівняння регресії другого порядку, яка адекватно описує зміну питомої роботи різання від розглянутих факторів. Встановлено, що найбільший вплив чинять: лінійна швидкість леза

дискового ножа, кутова швидкість та діаметр ротора. Вплив діаметра дискового ножа на критерій оптимізації є найменшим.

Список використаних джерел

1. Хомик Н.І. Машины та обладнання для тваринництва: курс лекцій. Ч. 1 / Хомик Н.І., Довбуш А.Д. Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2013. 224 с.

2. Кузьменко В.Ф., Максименко В.В., Холодюк О.В. Розвиток засобів механізації кормовиробництва. Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний зб. 2020. № 12(111). С. 91-101.

ISBN 978-617-8102-06-7

Міністерство освіти і науки України
Національний університет біоресурсів
і природокористування України
Механіко-технологічний факультет
Кафедра сільськогосподарських машин
та системотехніки імені академіка П. М. Василенка

ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
XXV МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
"Сучасні проблеми землеробської механіки"
(17–19 жовтня 2024 року)

*присвяченій 124-й річниці з дня народження академіка
Петра Мефодійовича Василенка, 95-й річниці з дня заснування
механіко-технологічного факультету НУБіП України*



Київ – 2024

ББК40.7

УДК 631.17+62-52-631.3

JEL CLASSIFICATION Q 01; D 24; P 42

З 38

Рекомендовано до друку збірник тез доповідей XXV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" вченою радою механіко-технологічного факультету Національного університету біоресурсів і природокористування України від 15 жовтня 2024 року протокол № 3.

Збірник тез доповідей XXV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2024 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2024. 527 с.

ISBN 978-617-8102-06-7

В збірнику тез представлено анотований зміст доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок з: розвитку сучасної землеробської механіки; механіко-технологічних процесів, робочих органів та машин для рослинництва; механіко-технологічних процесів, робочих органів та машин для тваринництва; смарт-технологій машиновикористання, інженерного менеджменту, технічного сервісу; транспортних технологій та логістики; історії аграрної освіти і науки; будівництва сільських територій; надійності машин для сільського, лісового і водного господарств та харчових технологій; удосконалення та нові розробки біотехнологічних процесів і технічних засобів.

Організаційний комітет:

Ткачук В.А. – д.е.н., проф., ректор Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП), голова.

Ніколаєнко С.М. – д.п.н., проф., академік НАПН, академік НААН, президент НУБіП, співголова.

Тонха О.Л. – д.с.-г.н., проф., проректорка з наукової роботи та інноваційної діяльності НУБіП, співголова.

Братішко В.В. – д.т.н., проф., декан НУБіП, співголова.

Войтюк Д.Г. – к.т.н., проф., член-кор. НААН, професор кафедри НУБіП, співголова.

Адамчук В.В. – д.т.н., проф., академік НААН, директор ІМА АПВ.

Аулін В.В. – д.т.н., проф., професор кафедри ЦНТУ.

Барановський В.М. – д.т.н., проф., ТНТУ імені Івана Пулюя.

Борак К.В. – д.т.н., проф., заступник директора ЖАТФК.

Бредихін В.В. – д.т.н., доц., декан ДБУ.

Вергунов В.А. – д.с.-г.н., д.і.н., проф., академік НААН, директор ННСГБ НААН.

Вечера О.М. – ст. викл. кафедри НУБіП, секретар оргкомітету конференції.

Гуменюк Ю.О. – к.т.н., доц., завідувач кафедри НУБіП.

Гуцол О.П. – к.т.н., доц., керівник приватного підприємства.

Зубко В.М. – д.т.н., проф., декан СНАУ.

Іванишин В.В. – д.е.н., проф., академік НААН, ректор ЗВО «ПДУ».

Іценко Т.Д. – к.п.н., проф., директор ДУ «НМЦВФПО».

Калетнік Г.М. – д.е.н., проф., академік НААН, президент ВНАУ.

Кірчук Р.В. – к.т.н., проф., декан ЛНТУ.

Кобець А.С. – д.н. з держ. упр., проф., ректор ДДАЕУ.

Ковалишин С.Й. – к.т.н., проф., декан ЛНУП.

Гуцол О.П. – к.т.н., власник і бенефіціар аграрних компаній.

Козаченко Л.П. – президент Української аграрної конфедерації.

Кравчук В.І. – д.т.н., проф., академік НААН, директор УМІ АПІ.

Кропівний В.М. – к.т.н., проф., ректор ЦНТУ.

Кульгавий В.Ф. – генеральний директор ВГО «Українська асоціація аграрних інженерів».

Кюрчев В.М. – д.т.н., проф., член-кор. НААН, радник ректора ТДАТУ імені Дмитра Моторного.

Кюрчев С.В. – д.т.н., проф., ректор ТДАТУ імені Дмитра Моторного.

Лавріненко О.Т. – к.т.н., доц. кафедри НУБіП.

Лукач В.С. – к.п.н., проф., директор ВП НУБіП «НАТІ».

Маруцак П.О. – д.т.н., проф., проректор ТНТУ імені Івана Пулюя.

Мельник В.І. – д.т.н., проф., професор кафедри ДБУ.

Мироненко В.Г. – д.т.н., проф., ІМА АПВ.

Мороз О.О. – Голова Верховної Ради України двох скликань.

Надикто В.Т. – д.т.н., проф., член-кор. НААН, професор кафедри ТДАТУ імені Дмитра Моторного.

Панцир Ю.І. – к.т.н., доц., декан ЗВО «ПДУ».

Пастухов В.І. – д.т.н., проф., професор кафедри ЦНТУ.

Пилипака С.Ф. – д.т.н., проф., завідувач кафедри НУБіП України.

Пугач А.М. – д.н. з держ. упр., проф., декан ДДАЕУ.

Пушка О.С. – к.т.н., доц., проректор УНУС.

Ребенко В.І. – к.т.н., доц., доцент кафедри НУБіП.