

**ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ТА АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ**

УДК 631.311.7:633.9:674.8

**ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ТА ПОДРІБНЕННЯ
БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР**

Мазур Віктор Анатолійович к.с.-г.н., доцент
Любін Микола Володимирович к.т.н., доцент
Токарчук Олексій Анатолійович к.т.н., доцент
Вінницький національний аграрний університет
Браніцький Юрій Юрійович директор
Уладово-Люлинецька ДСС ІБКІЦБ НААН України

*Mazur V.**Lubin N.**Tokarchuk O.*

Vinnitsa National Agrarian University

Branicki Yu.

Uladovo-Lyulynetska experimental selection station institute of bioenergy crops and sugar beet of NAASU

Анотація: в статті проаналізовано засоби механізації процесу збирання та подрібнення енергетичної верби закордонного виробництва. Авторами запропоновано схема роботи ножового апарату машини для зрізування верби з одночасним подрібненням зрізаної маси та збиранням подрібненого матеріалу для подальшого його використання. Наведено схему роботи ножового апарату проектної машини та методіку розрахунку потужності приводу подрібнювача.

Ключові слова: біоенергетичні культури, енергетична верба, машини для зрізування, подрібнювач, потужність.

Вступ

За оцінками світових експертів до 2050 року споживання енергії в світі зросте більш ніж у 2 рази. При цьому майже 40% енергетичних потреб буде покриватися за рахунок відновлювальних джерел енергії, у тому числі близько 30% – за рахунок біоенергетики, яка в свою чергу має базуватися на біомасі цілого ряду високопродуктивних біоенергетичних культур. Серед широкого спектру перспективних культур для біоенергетики особливу увагу в світі, у тому числі і в Україні, приділяють такій культурі, як енергетична верба [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Верба – це швидкоростуче дерево, деревні тріски (woodchips– ще один термін) якого використовуються для виробництва енергії. У Данії, яка за площею як кілька областей України, вербу вирощують на приблизно 1500 га із планами довести площу під енергетичною вербою до 100 тис. га до 2020-го року за рекомендаціями Міністерства продовольства Данії [3]. А сайт посольства України у Великобританії та Північній Ірландії на початку травня 2013 року повідомив [4], що в Україні цією культурою збираються засадити 5000 га в Рівненській області. Там же дається інформація про те, що у Швеції близько 20 тис. га знаходяться під енергетичною вербою, збирають до 12 т біомаси верби на рік з 1 га.

В Україні питаннями вирощування енергетичної верби займаються ряд учених, серед яких Г.М. Калетнік [5], М.В. Роїк, В.М. Сінченко, В.І. Пиркін, І.В. Гнап [2] та інші.

Постановка завдання

З метою вдосконалення процесу збирання та подрібнення енергетичних культур на прикладі енергетичної верби, зробити аналіз існуючих засобів механізації цього процесу та запропонувати власну розробку.

Виклад основного матеріалу

Велике значення для досягнення енергетичної незалежності держави має використання альтернативних видів палива, паливних гранул, брикетів, які використовуються при роботі котлів на твердих видах палива. Для вирішення даної проблеми в господарствах використовують обрізки дерев, кущів, чагарників та вирощування різних видів швидкоростучих видів деревини – технічної



верби.

Для більш досконалого проведення процесу зрізування та подрібнення рослинності на даний час необхідні розробки нових перспективних машин з великою пробуктивністю роботи та зменшеними затратами.

Мульчер АНWI-UZM580H-1872 (рис. 1) може застосовуватися, як подрібнювач деревини, для вирізки лісу і чагарника на базі трактора MANLERMEGAFU, управління робочими органами проводиться джойстиком, дві осі поворотний гідропривід, як на хід трактора, так і на мульчер. Виробник – Німеччина.



Рис. 1. Мульчер АНWI-UZM580H-1872

Подрібнювач деревно-чагарникової рослинності (для аграрного сектора серія FR) відноситься до легких навісних фрез (рис.2). Призначений для видалення деревно-чагарникової рослинності на землях сільськогосподарського призначення.

Має триточкову систему навішування. Привід від ВВП енергоносія, механічний.

Діаметр ротора – 410 мм. Привід ротора односторонній. На подрібнювачі встановлені полози, редуктор холостого ходу, гідравлічна кришка.

Додаткові опції: ВВП 1000 хв⁻¹, дугоподібна захисна панель для карданного вала.



Рис. 2. Подрібнювач деревно-чагарникової рослинності серії FR, Італія

Навісні мульчери (рис. 3) Nokaticz гідроприводом (Канада) відносяться до професійного класу мульчерної техніки. Навішуються на фронтальні навантажувачі. Привід ротора гідравлічний (відгідросистеми носія). Швидкість обертання ротора – 850-2000 об/хв. Тип різців – фіксовані сталеві або з карбідо-вольфрамовими наконечниками. Необхідний робочий тиск в гідросистемі носія– 350 атмосфер.

При зрізанні енергетичної верби та подрібненні виникає проблема подачі подрібненого матеріалу в дефлектор, тому швидкість руху машини зменшують. Авторами пропонується розробка подрібнювача із встановленням вертикальних ножів та додаткових лопаток для її подачі в дефлектор.



Рис. 3. Навісний мульчер Nokatic з гідроприводом (Канада)

При зрізанні стебло енергетичної верби подрібнюється ножовими дисками на частинки довжиною біля 15см. При другому подрібненні коли маса проходить ножовий пристрій та потрапляє на вертикальний ножовий подрібнювач здійснюється подрібнення на щепу. Для завантаження подрібненої маси використовується вентилятор, за допомогою якого створюється повітряний потік, який подає подрібнену масу та транспортний засіб. Для забезпечення якісного подрібнення маси використовуємо спеціальні заточні пристрої, які заточують ножі по мірі їх зношення.

Схема роботи ножового апарату машини для подрібнення енергетичної верби показана на рис. 4. Зрізання та подрібнення стебла енергетичної верби відбувається за рахунок дискових ножів які обертаються з певною швидкістю, відстань між дисками технічно регулюється, що дає можливість регулювати величину першого подрібнення. Після проходження дискових ножів маса потрапляє до подрібнювача з вертикальними ножами де проходить друге подрібнення на щепу, подрібнена маса за допомогою потоку повітря який створюється вентилятором і подається на транспортні засоби.

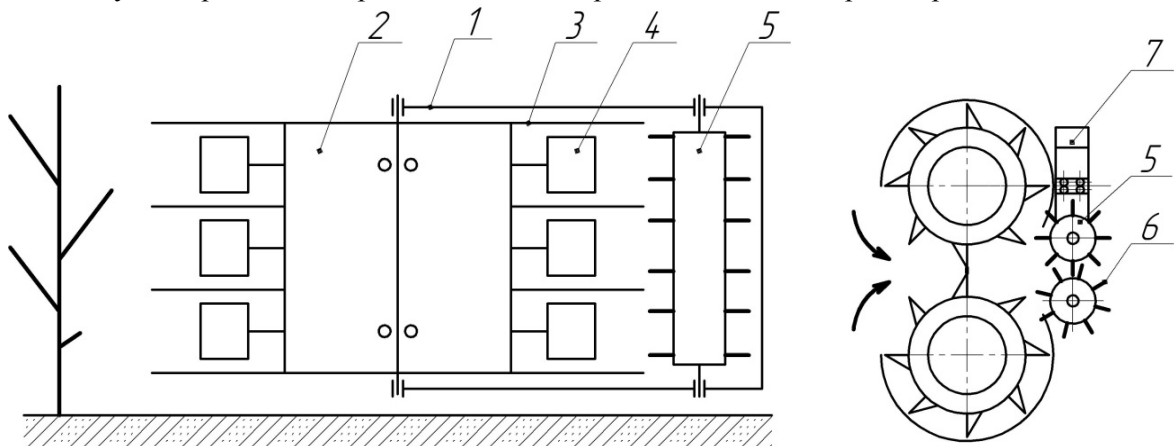


Рис.4. Схема роботи ножового апарату машини для подрібнення енергетичної верби: 1 – рама машини; 2 – ножовий барабан; 3 – дискові ножі; 4 – лопатки що подають продукцію; 5 – подрібнювач; 6 – ножі подрібнювача; 7 – вентилятор.

Визначення потужності приводу подрібнювача

Потужність, яка необхідна на подрібнення визначається за формулою [6];

$$N_1 = N_{\text{под}} + N_{\text{ц}} + N_{\text{х-х}} \quad (1)$$

де $N_{\text{под}}$ – енергія, яка витрачається на подрібнення матеріалу, кВт;

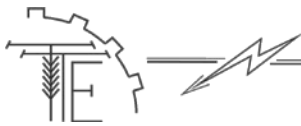
$N_{\text{ц}}$ – енергія, яка витрачається на утворення циркуляції повітряного потоку в камері подрібнення, кВт;

$N_{\text{х-х}}$ – енергія, яка витрачається на привод подрібнювача в холостому режимі, кВт.

Енергія, яка витрачається на подрібнення матеріалу, визначається за формулою [6]:

$$N_{\text{под}} = A'_{\text{под}} \cdot g, \quad (2)$$

де $A'_{\text{под}}$ – затрати енергії на подрібнення з врахуванням впливу відносної вологості 14%,



Дж/кг;

g – задана продуктивність подрібнювача, приймаємо $g=0,83$ кг/с;

$$A_{\text{под}} = A_{\text{под}} - C_w, \quad (3)$$

 C_w – поправочний коефіцієнт, $C_w = 1 + 1,07(B - 14)$,B – дійсна відносна вологість матеріалу, $B = 60 \dots 80\%$, приймаємо $B = 76\%$;

$$C_w = 1 + 1,07 \cdot (76 - 14) = 4,14$$

 $A_{\text{под}}$ – питома робота подрібнення, Дж/кг;

$$A_{\text{под}} = C_{\text{пр}} \cdot [C_v \lg \lambda^3 + C_s(\lambda - 1)], \quad (4)$$

де $C_{\text{пр}}$ – безрозмірний коефіцієнт, який відображає вплив неврахованих факторів і залежить від принципу роботи робочих органів подрібнювача і його конструктивних особливостей, для верби $C_{\text{пр}} = 0,9$; C_v, C_s – розмірні коефіцієнти, для чагарників:

$$C_v = 0,12 \text{ кДж/кг}, C_s = 1,3 \text{ кДж/кг};$$

 λ – ступінь подрібнення для матеріалів:

$$\lambda = \frac{L}{l}, \quad (5)$$

де L – середня довжина початкового матеріалу, $L = 60$ мм; l – середня довжина кінцевого матеріалу, $l = 15$ мм,

$$\lambda = \frac{60}{15} = 4,$$

Підставляємо значення у формулу (4) і проводимо розрахунок:

$$A_{\text{под}} = 0,9 [0,12 \cdot \lg 4^3 + 1,3 \cdot (4 - 1)] = 3,69 \text{ Дж/кг},$$

Підставляємо значення у формулу (3) і проводимо розрахунок:

$$A'_{\text{под}} = 3,69 \cdot 3,14 = 11,5 \text{ Дж/кг},$$

Підставляємо значення у формулу (2) і проводимо розрахунок:

$$N_{\text{под}} = 11,5 \cdot 0,83 = 9,54 \text{ кВт},$$

Енергія, яка використовується на привод подрібнювача в холостому режимі визначається за формулою:

$$N_{\text{х.х}} = N_{\text{с.др}} + N_{\text{транс}}, \quad (6)$$

Де $N_{\text{с.др}}$ – енергія, яка витрачається на подолання сил опору в подрібнюючій камері, кВт; $N_{\text{транс}}$ – енергія, яка витрачається на подолання сил тертя в підшипниках,

$$N_{\text{транс}} = 0,1 \cdot N_{\text{под}} = 0,1 \cdot 9,54 = 0,95 \text{ кВт},$$

$$N_{\text{с.др}} = 0,0105 \cdot M_p \cdot n, \quad (7)$$

де M_p – момент опору обертових деталей, Н·м:

$$M_p = M_d + M_n, \quad (8)$$

де M_d – момент опору дисків, Н·м; M_n – момент опору ножів, Н·м;

Момент опору дисків визначається за формулою [6]:

$$M_d = \frac{1}{2550} \pi^3 \cdot C_f \cdot \rho \cdot r_d^5 \cdot n^3 \cdot z_d, \quad (9)$$

де, $C_f = 0,042$ – коефіцієнт тертя; r_d – радіус диска, $r_d = 0,4$ м; $z_d = 1$ – кількість дисків; $\rho = 0,05$ кг/м³ – об'ємна маса матеріалу; $N = 3000$ об/хв – частота обертання диску.

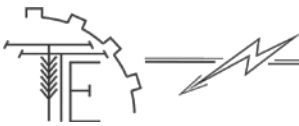
$$M_d = \frac{1}{2550} \cdot 3,14^3 \cdot 0,042 \cdot 0,05 \cdot 0,4^5 \cdot 3000^2 \cdot 1 = 0,075 \text{ Н·м}.$$

Момент опору ножів визначається за формулою:

$$M_n = \frac{1}{1800} \pi^2 (\delta + 2 C_f \cdot b) \cdot a \cdot r_{\text{ср}}^2 \cdot \rho \cdot n^2 \cdot z_n, \quad (10)$$

де $b = 0,25$ м – довжина ножа; $a = 0,01$ м – ширина ножа; $z_n = 8$ шт. – кількість ножів; $\delta = 0,05$ – поправочний коефіцієнт;

Підставляємо значення у формулу і проводимо розрахунок:



$$M_n = \frac{1}{1800} \cdot 3,14^2 (0,05 + 2 \cdot 0,042 \cdot 0,25) \cdot 0,01 \cdot 0,4^2 \cdot 0,05 \cdot 3000^2 \cdot 8 = 0,0052 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

Підставляємо значення у формулу (8) і проводимо розрахунок:

$$M_p = M_d + M_n = 0,075 + 0,0052 = 0,08 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

Підставляємо значення у формулу (7) і проводимо розрахунок:

$$N_{c,dp} = 0,0105 M_p \cdot n = 0,0105 \cdot 0,08 \cdot 3000 = 2,5 \text{ кВт}.$$

Підставляємо значення у формулу (6) і проводимо розрахунок:

$$N_{x,x} = N_{c,dp} + N_{транс} = 2,5 + 0,95 = 3,45 \text{ кВт},$$

Енергія, яка витрачається на утворення циркуляції повітряного потоку знаходимо за формулою [6]:

$$N_t = 0,64 \cdot N_{c,dp} = 0,64 \cdot 2,5 = 1,6 \text{ кВт}, \quad (11)$$

Підставляємо значення у формулу (1) і проводимо розрахунок:

$$N_1 = 9,54 + 3,45 + 1,6 = 14,59 \text{ кВт}.$$

Висновки

Найбільш перспективною технологією вирощування технічної верби в наш час є інтенсивна технологія, яка передбачає використання високоякісного посадочного матеріалу, сучасних засобів механізації вирощування.

За результатами проведеного аналізу машин, які використовуються в технологічних процесах прибирання площі технічної верби, була розроблена схема робочого ножового агрегату машини для зрізування верби з одночасним подрібненням зрізаної маси та збиранням подрібненого матеріалу для подальшого його використання.

Список літератури

1. Енергетична верба: технологія вирощування та використання. Під заг.ред.д. с.-г. н. В.М. Сінченка. – К.: ІБКіЦБ, ФОП Корзун Д.Ю., 2015.- 338 с.
2. Сінченко В. М. Управління технологічними процесами вирощування енергетичної верби / В. М. Сінченко, В. І. Пиркін, І. В. Гнап, Л. Н. Гізбуліна, В. П. Москаленко, Г. А. Мельничук // *Біоенергетика*. - 2016. - № 2. - С. 6-10.
3. Верховцев Ф. Енеогетичні деревні культури: маленький шанс великих можливостей / Ф. Верховцев // *Ідеї & тренди*. – 2014. - №1-2(272-273) - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.agro-business.com.ua/ideii-i-trendy/2015-energetychni-derevni-kultury-malenkyi-shans-velykykh-mozhlyvostei.html>
4. Посольство України у Сполученому Королівстві Великої Британії- [Електронний ресурс]. – Режим доступу: uk.mfa.gov.ua.
5. Калетнік Г.М. Біопаливо: ефективність його виробництва та споживання в АПК України: навчальний посібник / Г. М. Калетнік, В. М. Пришляк ; Вінницький національний аграрний ун-т. - К. : Хай-Тек Прес, 2011. - 312 с.
6. Привалов І.С. Обґрунтування параметрів подрібнювача гілок плодових дерев / І.С. Привалов, О.П. Токар / *Садівництво*. – Вип. 46. – 1998 – 275 с.

References

1. Enerhetychna verba: tekhnolohiya vyroshchuvannya ta uspolzovanye. Pid zah.red.d. s.-h. n. V.M. Sinchenka. - K. : IBKiTSB, FOP Korzun D.YU., 2015.- 338 s.
2. Sinchenko V.M. Upravlinnya tekhnolohichnymy protsesamy vyroshchuvannya enerhetichnoyi verby / V. M. Sinchenko, V. I. Pirkin, I. V. Hnap, L. N. Hizbullina, V. P. Moskalenko, H. A. Melnychuk // *Bioenerhetyka*. - 2016. - № 2. - S. 6-10.
3. Verkhovtsev F. Eneohetichni derevni kultury: malenkyy shans velykykh mozhlyvyvy / F. Verkhovtsev // *Ideyi & trendi*. - 2014. - №1-2 (272-273) - [Elektronnyy resurs]. - Rezhym dostupu: <http://www.agro-business.com.ua/ideii-i-trendy/2015-energetychni-derevni-kultury-malenkyi-shans-velykykh-mozhlyvostei.html>
4. Posolstvo Ukrainy u spoluchennya Korolivstvi Velykoyi Britaniyi- [Elektronnyy resurs]. - Rezhym dostupu: uk.mfa.gov.ua.
5. Kaletnik H.M. Biopalyvo: efektyvnist eho vyrobnytstva ta spozhyvannya v APK Ukrainy: navchalnyy posibnyk / H. M. Kaletnik, V. M. Pryshlyak; Vinnytskyy natsionalnyy ahrarnyy un-t. - K.: Khay-Tek Pres, 2011. - 312 s.
6. Pryvalov I.S. Obgruntuvannya parametriv podribnyuvacha hilok plodovykh derev / I.S. Pryvalov, O.P. Tokar / *Sadivnytstvo*. - Vyp. 46. - 1998 - 275 s.

СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СБОРА И ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КУЛЬТУР

Аннотація: в статті проаналізовані засоби механізації процесу збору і измельчення енергетичної іви зарубіжного виробництва. Авторами пропонується схема роботи ножового апарату



машины для срезания ивы с одновременным измельчением срезанной массы и сбором измельченного материала для дальнейшего его использования. Приведена схема работы ножевого аппарата проектной машины и методику расчета мощности привода измельчителя.

Ключевые слова: биоэнергетические культуры, энергетическая верба, машины для срезания, измельчитель, мощность.

MEANS OF MECHANIZATION PROCESS OF GATHERING AND MILLING BIOENERGY CULTURES

Summari: *this article analyzes the mechanization process of collecting and grinding energy willow foreign production. The authors propose a scheme of operation of the knife machine of the machine for cutting the willow with the simultaneous grinding of the cut mass and the collection of the crushed material for its further use. The scheme of operation of the knife apparatus of the design machine and the method for calculating the power of the shredder drive are given.*

Keywords: *bioenergy crops, energy willow, machines for cutting, chopper, power.*