

## ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ КОМБАЙНОВОГО ЗБИРАННЯ ВЕРБИ

**В. Думич,**

**В. Паскарик,**

*Львівська філія УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого*

*Проаналізовано конструкції технічних засобів для комбайнової технології збирання енергетичної верби, розкрито будову і принцип роботи різально-подрібнювальних робочих органів адаптерів до кормозбиральних комбайнів та навісних і причіпних машин.*

**Ключові слова:** *верба, збирання, конструкція, технологія, машини, комбайн.*

**Суть проблеми.** Серед усіх енергетичних рослин у світі саме верба сьогодні використовується як основна енергетична культура для виробництва твердого палива. Найбільший досвід її вирощування мають такі країни, як Швеція, Англія, Ірландія, Польща, Данія.

В Україні цей напрям господарювання став розвиватися недавно, протягом останнього десятиріччя. У нашій країні енергетичні плантації верби закладено на площі понад 1,5 тис. га.

Плантації верби використовують протягом 20-25 років. Збирають вербу як мінімум один раз на три роки. Впродовж терміну використання плантацій садіння проводять один раз, а збирання біомаси – 7-8 разів. Отже, збиральні машини є найбільш часто застосовуваними технічними засобами на енергетичних плантаціях протягом періоду використання верби.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблематика вирощування і використання, збирання верби на енергетичні цілі висвітлена в [1-13]. В матеріалах [1-3] проаналізовано технології вирощування верби та наведено результати досліджень технологічних процесів під час закладання і догляду за плантаціями. У публікації [4] розкрито, проаналізовано, проведено класифікацію технології збирання верби та наведено перелік типів машин для кожної технології.

Енергетичну вербу можна збирати із застосування одно- або двоетапного способів [4]. Одноетапний спосіб або комбайнова технологія збирання полягає у зрізуванні і подрібненні рослин та завантаженні подрібненої біомаси в кузов транспортного засобу, що рухається поряд. Технічні засоби для комбайнової технології задовільно виконують технологічний процес зрізування і подрібнення верби. Продуктивність даних машин становить 30 т/год тріски вологістю від 45% до 50%.

В інформаційних матеріалах [5-13] наведено дані про машини (про одну-дві машини в кожному джерелі).

З проведеного аналізу останніх досліджень і публікацій випливає, що на сьогодні в Україні недостатньо розкрито і висвітлено та проаналізовано конструкції технічних засобів для комбайнової технології збирання верби.

**Завдання дослідження** – на основі аналітичних досліджень охарактеризувати технічні засоби для комбайнової технології збирання біомаси енергетичної верби.

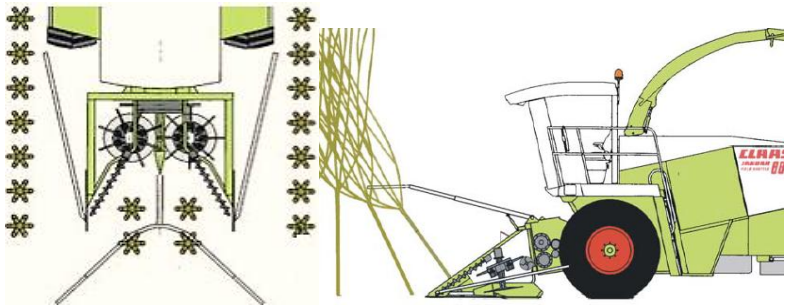
**Виклад основного матеріалу.** Для реалізації комбайнової технології збирання використовують кормозбиральні комбайни з адаптерами виробництва фірм Claas, New Holland, Krone, John Deere та навісні і причіпні комбайни для збирання деревних енергетичних культур.

Фірма Claas оснащує комбайни Jaguar адаптерами HS2, які призначені для збирання двох рядів верби з шириною міжрядь 750 мм та відстанню між суміжними парами рядків 1500 мм (рис. 1).



а

б



в

г

*а – збирання верби; б – загальний вигляд адаптера; в – схема адаптера HS2 (вигляд зверху); г – схема адаптера HS2 (вигляд збоку);*

*1 – рамка нахилу рослин; 2 – ділянка; 3 – боковий шнек; 4 – пальцевий ротор; 5 – дисковий ніж, 6 – ділянка рядів*

**Рисунок 1 - Кормозбиральний комбайн Jaguar на збиранні верби**

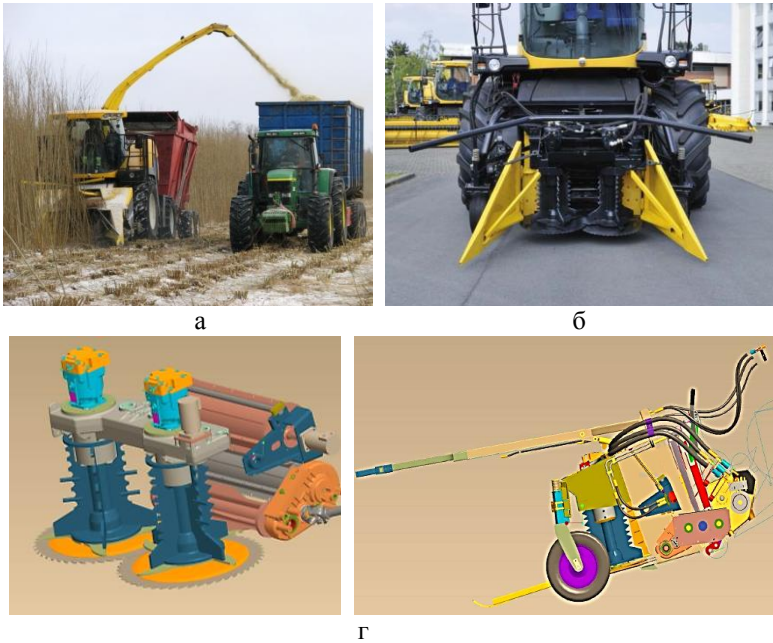
Адаптер складається з рами, рамки нахилу рослин 1 з гідравлічним регулюванням висоти піднімання, дільників 2, бокових шнеків 3, пальцевого ротора 4, дискових ножів 5 з механізмом приводу, дільника рядів 6.

Рамка нахилу рослин виготовлена у формі кута із закругленою вершиною і призначена для нахилу гілок та звуження їх потоку, що полегшує зрізування і подачу зрізаного матеріалу до механізму подрібнення. Дільники відводять гілки з суміжних рядків з меж робочої ширини захвату комбайна. Тонкі гілки верби, що знаходяться за межами головних рядків, підхоплюються боковими шнеками і направляються на подрібнення. Дискові ножі зрізують гілки, а два пальцевих ротори подають їх на приймальний бітер похилої камери комбайна. Пальцеві ротори оснащені вісьмома пальцями і встановлені під кутом у вертикальні площі з нахилом вперед по напрямку руху комбайна. Приймальний бітер комплектується чотирма Г-подібними ножами, які захоплюють зрізані гілки за нижні торці і направляють їх між двома затискними вальцями похилої камери. Механізми похилої камери переміщують гілки на робочі січкарні. Різальний барабан січкарні подрібнює матеріал на шматки довжиною до 60 мм. В подальшому подрібнений матеріал подається в кузов транспортного засобу.

Адаптер HS2 монтується на кормозбиральний комбайн Claas Jaguar (типів 820-860 і 830-870). Максимальний діаметр деревини, який може бути зрізаний і подрібнений, не повинен перевищувати 70 мм. Висота зрізу становить 50-100 мм над поверхнею землі. Продуктивність комбайна на збиранні верби залежить від умов експлуатації, типу поля та діаметра гілок і становить не більше 70 т / год.

Фірма New Holland комплектує кормозбиральні комбайни FR 9090 адаптерами 130 FB, призначеними для збирання одного або двох рядків верби з максимальним діаметром гілок до 150 мм (рис. 2).

Конструкції адаптерів 130 FB та HS2 різняться конструкційним виконанням зрізувального і подавального пристроїв. Адаптер 130 FB комплектується двома зрізувально-подавальними барабанами, які складаються з дискових ножів, чотирилопатових барабанів та захоплювального диска з С-подібними зубами. Лопаті барабана виготовлені у формі прямокутних зубових пластин з прикріпленими до них пальцями. В нижній частині лопаті мають видовжену трапецієподібну пластину. Різальні крайки дискових ножів перегибаються.



в

г

*а – збирання верби; б – загальний вигляд адаптера;  
в і г – схема адаптера 130 FB*

**Рисунок 2 - Кормозбиральний комбайн New Holland на збиранні верби**

В процесі роботи рамка нахилу рослин здійснює нахил гілок та звужує їх потік. Гілки верби зрізаються дисковими ножами. С-подібні зуби дискового захоплювача та пальці лопатей барабана підтримують нижню частину гілок в процесі їх зрізання і направляють їх до видовжених пластин барабана. Трапецієподібні пластини затягують нижню частину стовбурів гілок до чотириножового приймального бітера, який направляє їх між притискними ребристими вальцями похилої камери комбайна. Подача матеріалу в січкарню здійснюється притискними вальцями та зубовими лопатями зрізувально-подавального барабана.

На кормозбиральних комбайнах моделей Big X виробництва фірми Krone встановлюється адаптер WoodCut 1500 (рис. 3). Під час збирання верби за допомогою цього адаптера зрізаються два ряди дерев за один прохід, потім спилані стовбури з гілками подрібнюються комбайном на тріску класу G30 (німецький стандарт, за яким довжина тріски не повинна перевищувати 30 мм). Тріска завантажується в кузов транспортного засобу, що рухається поруч.

Кормозбиральний комбайн з адаптером WoodCut 1500 може зрізати дерева з діаметром стовбура до 150 мм і працювати на робочій швидкості від

6 до 8 км/год. Продуктивність комбайна, обладнаного адаптером, в одиницях площі становить до 1 га/год, що відповідає  $250\text{м}^3$ /год тріски вологістю від 45% до 50%.



*а – збирання верби; б – загальний вигляд адаптера WoodCut 1500.*  
**Рисунок 3 - Кормозбиральний комбайн Big X на збиранні верби**

Адаптер WoodCut 1500 комплектується однією дисковою пилою діаметром 1500 мм та двома ребристими вертикальними барабанами.

Для збирання верби кормозбиральні комбайни фірми John Deere оснащуються адаптером CRL (рис.4). Адаптер укомплектовано двома різальними дисковими пилами та спіральним пристроєм для нахилу рослин.



*а – збирання верби; б – загальний вигляд адаптера CRL*  
**Рисунок 4 - Кормозбиральний комбайн фірми John Deere на збиранні верби**

Зарубіжні виробники техніки для збирання верби пропонують різні за конструкційним виконанням навісні та причіпні комбайни, які агрегатуються з тракторами та універсальними енергетичними засобами. Більшість моделей машин даного типу можна класифікувати як мобільні дерево подрібнювальні

машини (щіпорізи). Вони обладнанні дисковими або барабанними різально-подрібнювальними пристроями.

Фірма [Ny Vraa](#) (Данія) виготовляє причіпні комбайни для збирання верби моделей JF (JF Z200-Hydro/C, JF 292, JF 192, JF Z20).

Вербозбиральний комбайн JF Z200-Hydro/C агрегується з тракторами потужністю від 120 до 150 кВт (рис. 5 а ). Він збирає деревні рослини з діаметром стовбура до 30-40 мм. Робоча швидкість руху становить 2-5км/год, а продуктивність роботи – до 1 т га/год.

Вербозбиральний комбайн JF Z200-Hydro/C та інші моделі машин JF обладнані дисковим різальним пристроєм для подрібнення деревини, який складається з камери подрібнення, різального диска з ножами та лопатками, притискних вальців, викидної труби.

Італійська фірма SPAPPERI продукує причіпний комбайн для збирання деревини SPAPPERI RT 500 (рис. 5 б), який може проводити збирання деревних рослин з діаметром стовбура до 100 мм. Комбайн може бути адаптований для роботи на аплантаціях з міжряддям 75 см та дикоростучих ділянках деревних рослин. Комбайн агрегується з тракторами потужністю 120-200 кВт.

Різальний апарат складається з двох дискових пил. Механізм подачі деревини в подрібнювальну камеру – два горизонтально розташовані ребристі вальці

Комбайн SPAPPERI RT 500, як і комбайн JF Z200-Hydro/C, обладнаний дисковим різальним пристроєм для подрібнення деревини. Робочі органи деревоподрібнювального пристрою дозволяють одержувати тріску розміром 20-30 мм. Тріска вивантажується через вихідну трубу, яка може змінювати кут повороту і керується з кабіни трактора.



Рисунок 5 - Вербозбиральні комбайни JF Z200-Hydro/C (а) та SPAPPERI RT 500 (б)

На ринку техніки для збирання верби представлені також комбайн GMHT 140, GMHS 100 виробництва німецької фірми JENZ GmbH.



Комбайн GMHT 140 агрегатується з тракторами потужністю 250 кВт. Він укомплектований різальним пристроєм, що складається з двох дискових ножів (рис. 6). Приведення ножів різального пристрою здійснюється за допомогою гідромоторів. До рами різального пристрою кріпиться рамка нахилу рослин. На комбайні змонтовано барабанний деревоподрібнювальний пристрій, який складається з різального барабана з ножами, конгрножа, сітки-решета, вентилятора викидного пристрою, механізму подачі тріски в зону викидання, викидної труби з козирком, живильного вальцювального пристрою.



Рисунок 6 - Вербозбиральний комбайн GMHT140:

**а – збирання верби; б – загальний вигляд зрізувального пристрою**

За результатами досліджень зарубіжних науковців встановлено, що в агрегаті з енергозасобом CLAAS Xerion VC3800 машина досягає швидкості до 1,5 км/год в районах з високою щільністю рослин і 4,3 км/год з меншою щільністю рослин. За годину роботи комбайн GMHT140 може зібрати від 25 до 30 т подрібненої біомаси верби.

Під час досліджень роботи комбайна він забезпечив відповідну якість подрібненого матеріалу: довжина тріски становила близько 70 мм і без значної варіації її розмірів.

Аналогічну за конструкцією машину також пропонує компанія ANWI.

Комбайн GMHS 100 обладнаний пристроєм для подрібнення деревини з горизонтальними дисковими різальними апаратами (рис. 7). Він приводиться в рух від вала відбору потужності з частотою обертання 1000 об/хв та агрегатується з тракторами потужністю від 70 до 120 кВт.

Комбайн укомплектований зрізувально-подрібнювальним пристроєм, який являє собою горизонтальний дисковий ніж з прикріпленими до нього ножами для подрібнення деревини. Цей вузол виконує три функції машини: зрізування і подрібнення деревини та створення повітряного потоку для переміщення тріски в кузов транспортних засобів.

Машина може збирати деревні рослини діаметр, яких не перевищує 140 мм. Деревні рослини ріжуться пилкою-фрезерного диска з діаметром 800 мм. Залежно від розміру вихідного матеріалу (тріски деревини) до диска кріпиться 2-8 ножів. Машина може забезпечувати вихід тріски різних фракцій довжиною від 20 до 70 мм.

Для зрізування пагонів верби застосовуються два механізми – променеве колесо, висоту розташування якого можна змінювати, та шнековий механізм.

За даними досліджень встановлено: машина може працювати з максимальною робочою швидкістю 5 км/год. В експериментах було досягнуто продуктивності подрібнення матеріалу 120 м<sup>3</sup>/год.



а



б

*а – загальний вигляд; б – загальний вигляд зрізувально-подрібнювального пристрою*

**Рисунок 7 - Вербозбиральний комбайн GMHS 100**

Для збирання верби в екстремальних умовах та дикоростучих деревних рослин компанія PRINOTH пропонує комбайни АНWІ Н 600, АНWІ RT 400, АНWІ RAPTOR 800, які навішуються на лісогосподарські гусеничні трактори (рис. 8).



**Рисунок 8 - Дервозбиральні агрегати фірми АНWІ**

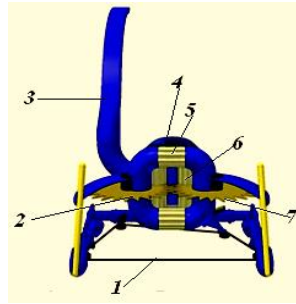


Фірма Salix Maskiner AB виготовляє навісний вербозбиральний комбайн Bender 6WG (рис. 9). Характерною особливістю машини є те, що механізм зрізування виготовлений у вигляді ланцюгової пилки 1. Використання ланцюга допомагає знизити вагу і спростити систему приводу машини.

Подрібнювальний пристрій комбайна 4 розташований на певній висоті над поверхнею поля. Під час руху комбайна ланцюгова пилка 1 зрізує стовбури верби, зубові колеса великого діаметра 2 і 7 подають їх в приймальну камеру, яка обмежена горизонтальними 5 та вертикальними 6 парами ребристих вальців. Під дією подавальних механізмів матеріал ламається і направляється в камеру подрібнення. На комбайні встановлено дисковий подрібнювальний пристрій. Позитивною особливістю комбайна є те, що застосування ланцюгової пили дозволяє зібрати біомасу верби без додаткових засмічень снігом або ґрунтом.



а



б

а – загальний вигляд; б – конструкційна схема.

Рисунок 9 - Вербозбиральний комбайн Bender 6WG

**Висновки.** На сьогоднішньому етапі, в передових європейських країнах виготовляються різні типи вербозбиральних комбайнів. Проте, ціна адаптера для збирання верби до кормозбиральних комбайнів та навісних і причіпних машин становить понад 80 тис. євро. Такі машини є недоступними за ціною українським виробникам.

З метою зменшення вартості вербозбиральних комбайнів в державі необхідно налагодити виготовлення машин даного типу. Під час проектування машин доцільно враховувати напрацювання виробників сучасних технічних засобів для збирання енергетичних культур.

## Література

1. Кравчук В. На шляху до створення плантацій енергетичних культур / В. Кравчук, М. Новохацький, М. Кожушко, В. Думич, Г. Журба // Техніка і технології АПК, 2013, № 2. - С. 31-34
2. Думич, В. Технічні рішення для енерговерби [Текст] / В. Думич, Г. Журба. - // The ukrainian Farmer, 2013. - № 7. - С. 78-79
3. Журба Г. Техніко-технологічні рішення під час закладання плантацій енергетичної верби / Г. Журба, В. Паскарик // Техніка і технології АПК, 2013, № 11. - С. 28-31
4. Думич В. Технології збирання верби / В. Думич // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Зб. наук. праць. Вип. 18 (32). Кн. 2. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – 2014. – С. 228-236.
5. [JAGUAR GREEN EYE 870-830](http://www.kaufmann-landtechnik.at). – http://www.kaufmann-landtechnik.at
6. New Holland: Forager header will cut coppice for biomass. – http://www.wnif.co.uk
7. Шезанку на sklizeret ѓтмркы. – http://www.rychlerostoucitolopol.cz
8. CRL-Holzerntevorsatz für John Deere 7950i. – http://www.landwirt.com
9. [Harvest](http://www.nyvraa.dk). – http://www.nyvraa.dk
10. Ђсинарка згкбкujЃсса до topoli i wierzby energetycznej SPAPPERI RT500. – http://www.agropartner.pl
11. Harvest technology for SRC. – http://www.jenz.de/en
12. [H 600 - Prinoth](http://en.prinoth.com). – http://en.prinoth.com
13. Modular Bender 6wg The Multiharvester. – http://www.hellotrade.com

## Аннотация

*Проанализированы конструкции технических средств для комбайновой технологии уборки энергетической ивы, раскрыто устройство и принцип работы резально-дробильных рабочих органов адаптеров к кормоуборочным комбайнам, навесных и прицепных машин.*

## Summary

*The designs of technical means for energy willow harvesting technology are analyzed, structure and working principle of forage harvesters, mounted and towed machines adapters cutting-shredding working elements is disclosed.*