

УДК 631.331

© І.Є. Цизь, к.т.н., В.І. Задорожний
Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ СТЕБЕЛ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ

У статті описано функціональну схему модернізованої машини для подрібнення стебел енергетичної верби. Наведено конструкцію лабораторної установки для дослідження геометричних параметрів процесу різання стебел та результати дослідження впливу цих факторів на зусилля різання.

ЕНЕРГІЯ, ВЕРБА, СТЕБЛО, РІЗАННЯ, ЗУСИЛЛЯ, КУТ, РІВНЯННЯ РЕГРЕСІЇ.

Постановка проблеми. Сьогоднішня ситуація в Україні та світі вказує на необхідність зменшувати споживання газу шляхом пошуку нових відновлюваних видів енергії. Енергетичну залежність від зовнішніх постачальників природного газу можна значно послабити шляхом розвитку виробництва твердого палива з рослинних матеріалів.

На сьогоднішній день відомо близько 20 видів швидкоростучих рослин, які можна вирощувати для отримання рослинної біомаси. Це евкаліпт, тополя, верба, міскантус та інші. Зібрана біомаса використовується для виробництва теплової та електричної енергії, може бути сировиною для виробництва твердого біопалива, як паливні гранули і брикети. Серед усіх енергетичних рослин у світі саме верба сьогодні використовується в якості основної енергетичної культури для виробництва твердого палива. Найбільший досвід у її продукуванні і вирощуванні мають такі країни як Швеція, Англія, Ірландія, Польща, Данія. Найбільші плантації верби у Швеції, які складають приблизно 18 000 – 20 000 га, в Польщі - більше 6 000 га. В Україні, незважаючи на велику кількість вільних земель несільськогосподарського призначення, промислових посадок енергетичних рослин поки що недостатньо.

Аналіз останніх досліджень. Енергетична верба - це сільськогосподарська культура, урожайність якої в перерахунку на калориметричні показники найбільша серед інших енергетичних рослин, і досягає 20 тон сухої маси з 1 гектара. Також енергетична верба ідеально підходить для залучення забруднених земель, малопродуктивних з точки зору вирощування сільськогосподарських

культур, застосовується у протиерозійних заходах для укріплення ґрунтів. Плантації енергетичної верби є природними фільтрами для видалення відходів агропромислового виробництва, застосовуються в місцях накопичення біологічних відходів фермерських господарств і є природним фільтром для очищення ґрунтів від пестицидів, а також створює сприятливі умови для вирощування на цих землях після енергетичних плантацій традиційних сільськогосподарських культур.

В Україні цей напрям господарювання став розвиватися недавно, протягом останнього десятиріччя, але вже можна відзначити певні успіхи – енергетичні плантації верби у нас зростають на площі близько 1,5 тис. га. Як правило, урожай з енергетичних плантацій верби збирають через кожних 2-3 роки, за які верба виростає до 5...6 м, а деякі сорти можуть досягти до 8 м, і з одного саджанця може збиратись у два періоди. Збирання проводиться комбінованими машинами із одночасним подрібненням або сировина спочатку зрізується сегментними косарками, а після цього лоза перевозиться до місця подрібнення її у щепу за допомогою промислових подрібнювачів деревини. Дані подрібнювачі приводяться в рух електродвигуном, чи від валу відбору потужності трактора, що забезпечує мобільність подрібнювача. Також вони можуть комплектуватись додатковими доподрібнювачами. Далі подрібнена сировина висушується до необхідної вологості і пресується у паливні гранули, пелети, чи брикети.

Аналіз конструкцій подрібнювачів деревини, які використовуються у лісовій галузі показало, що вони не забезпечують бажаних економічних показників процесу подрібнення. При розробці нових конструкцій слід прагнути створити машину, що здатна переробляти лозу з якомога меншими затратами енергії на різання, але при цьому зберегти чи підвищити продуктивність подрібнювача.

Мета дослідження - розробка конструкції лабораторної установки та дослідження силових параметрів процесу різання стебел енергетичної верби.

Результати дослідження. Для подрібнення відходів деревини та деревообробки розроблено та налагоджено випуск машини дискового типу ПЛ-160Е з приводом від електродвигуна та ПЛ-160 з приводом від ВВП трактора, яка набула значного поширення на Західній Україні, за рахунок низької ціни і державних програм з підтримки власного виробництва.

Проте дообладнання такої машини пристроями для подачі стебел енергетичної верби забезпечило б розширення функціональних її можливостей. Таким найпростішим пристроєм може бути стрічковий

конвеєр. На рис. 1 наведена функціональна схема подрібнюючої машини обладнаної конвеєром.

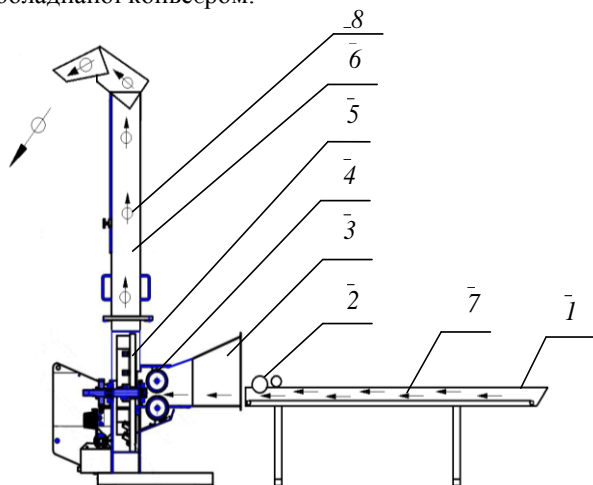


Рис. 1 - Функціональна схема машини ПЛ-160 дообладнаної для подрібнення енергетичної верби: 1– стрічковий транспортер; 2 – притискні ролики; 3 – бункер подрібнювача; 4 – подаючі барабани; 5 – рубаючий диск; 6 – вихідна горловина; 7– енергетична верба; 8 – тріска

Ефективне використання даного подрібнювача для енергетичної верби вимагає уточнення кутів встановлення ножів та подачі матеріалу з метою зменшення енергетичних затрат на виконання процесу.

Для проведення дослідження з впливу зазначених факторів на зусилля різання було розроблено і виготовлено лабораторну установку (рис. 2). Установка складається з основи 1 на якій встановлено направляючу 2 з фіксуючи механізмом 3. Цей механізм утримує штангу 4 із встановленим ножом 5 у верхньому положенні. Штанга 4 може обертатись навколо осі 6 та з'єднана з основою за допомогою вуха 7. На штангу встановлюється вантаж 8, який і створює зусилля різання. Також на основі встановлено протиріжучу пластину 9 з притискачем 10. Звільнення штаги здійснюється поворотом рукоятки 11, після чого штанга із ножом переміщується та здійснюється процес рубки. На основі встановлено гумовий демпфер 12, який гальмує штангу після завершення процесу рубки.

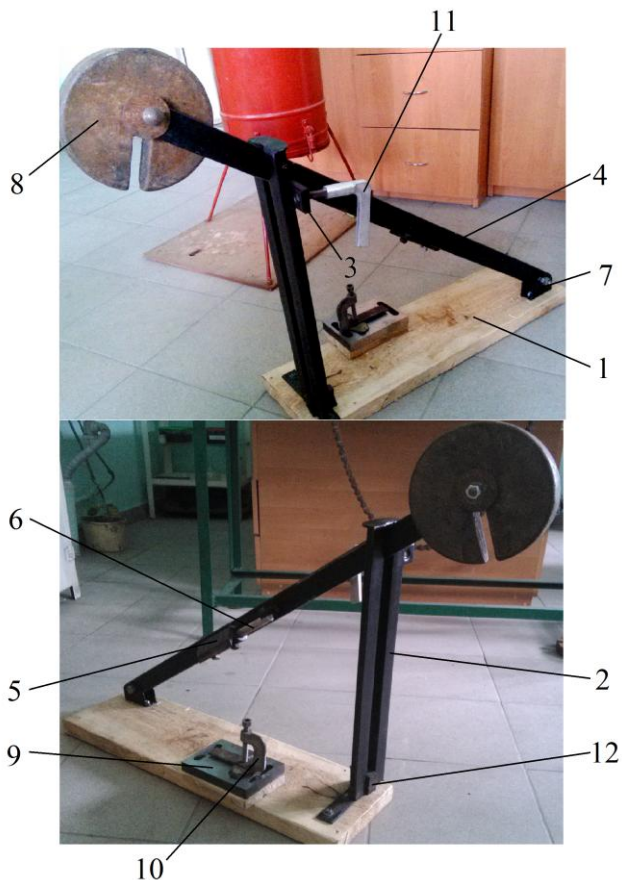


Рис. 2 - Фото лабораторної установки: 1 – основа; 2 - направляюча; 3 - фіксуючий механізм; 4 - штанга; 5 - ніж; 6 - вісь; 7 - вухо; 8 - вантаж; 9 – протирижуча пластина; 10 - притискач; 11 - рукоятка; 12 - демпфер

Для кількісної оцінки впливу зазначених факторів та отримання математичної моделі цього процесу у вигляді рівняння регресії, було проведено дослідження із застосуванням математичного методу планування експерименту.

Під час дослідження змінювались кут встановлення ножа 5 та

кут подачі стебла, а також діаметр стебла. Вихідним параметром була мінімальна маса вантажу за якої якісно відбувався процес різання. Після того, як процес різання проходив вдало фіксувалась маса вантажу δ , який була встановлено, для отримання значення зусилля різання.

Зміна факторів під час досліджень здійснювалась на рівнях наведених у табл.

Таблиця - Фактори і рівні варіювання

Рівні варіювання	Фактори		
	Середній діаметр стебел, d , мм.	Кут подачі стебел, α , град.	Кут встановлення ножа, γ , град.
	x_1	x_2	x_3
Верхній (+1)	20	15	10
Основний (0)	19	10	5
Нижній (-1)	18	5	0
Інтервал варіювання, ϵ	1	5	5

Експеримент містив двадцять сім дослідів по три повторюваності у кожному. Зусилля різання визначали через масу вантажу за якого відбувалось якісне перерізання стебла. Обробка даних трифакторного експерименту здійснювалась на ПЕОМ розробленою програмою у середовищі Mathcad 14.

В результаті розрахунку за даною програмою отримали рівняння регресії у кодованому вигляді, а підставивши фактори у натуральному вигляді отримали:

$$F = 4926.545 + 13.208 \cdot d^2 - 501.904 \cdot d - 46168 \cdot \alpha^2 + 9.2336 \cdot \alpha - 135 \cdot \gamma^2 + 1.35 \cdot \gamma. \quad (1)$$

За отриманим рівнянням регресії були побудовані поверхні

відгуку та графіки ліній рівня (рис. 3.) для відслідковування динаміки зміни вмісту зусилля різання.

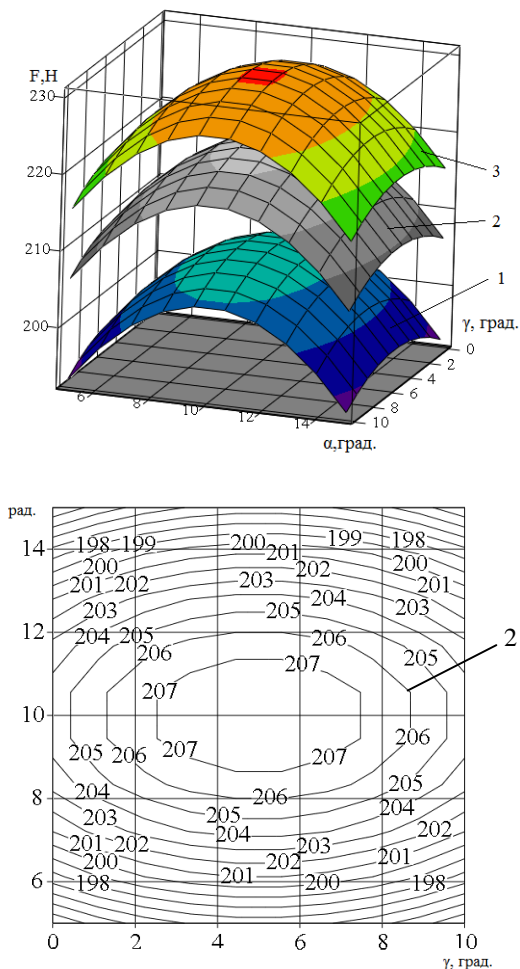


Рис. 3 – Залежність зусилля різання від кутів подачі стебел α та встановлення ножа γ , для середнього діаметра стебел: 1 - $d=18$ мм; 2 - $d=19$ мм; 3 - $d=19$ мм

Висновок. Аналіз отриманих результатів показує, що всі досліджувані фактори мають суттєвий вплив на зусилля різання.

При зміні кута встановлення леза від 0^0 до 5^0 сила, яка витрачалась на процес різання зростає, а за подальшого зростання кута встановлення леза навпаки зменшується. Чим більший кут різання тим більша площа різання, а отже і затрачена сила є більшою, але слід пам'ятати, що при прямій подачі якість тріски гірша ніж при подачі її під кутом 5^0 . Отже кут під яким слід подавати стебла енергетичної верби повинен становити $3-5^0$.

Література

1. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета аппаратов / Резник Н.Е. – М.: Машиностроение, 1975. – 311 с.
2. Босой Е.С. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Босой Е.С., Верняев О.В., Смирнов И.И., Султан-Шах Е.Г. – М.: Машиностроение, 1980. – 565 с.
3. Salix-energy. Офіційний сайт. [Електронный ресурс] – Режим доступу: <http://www.salix-energy.com>
4. Новик Ф.С. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов / Ф.С. Новик, Я.Б. Арсов. – М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. – 304 с.

Рецензент д.т.н., проф. Г.А. Хайліс