

УДК 620.17:582.623.2:662.63

© В.П. Ковбаса, д.т.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України  
В.В. Грабовець, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

Р.Я. Якимів, М.В. Сбитна, Л.М. Матюшенко

Національний університет біоресурсів і природокористування України

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПРОГИНУ СТЕБЛА ВЕРБОВОГО ПРУТА ТА ПАГОНА ТОПОЛІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИДІВ ТА ВИВЧЕННЯ ЇХ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ**

*У статті викладено результати досліджень ліній прогину стебел деревних і чагарникових рослин енергетичних видів експериментальним шляхом та методика і результати експериментальних досліджень визначення механічних властивостей деревних і чагарникових енергетичних рослин – зусилля руйнування стебел при їх статичному згині.*

### **ЕНЕРГЕТИЧНІ РОСЛИНИ, ПРОГИН СТЕБЛА, МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ, МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.**

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Деревину внаслідок свого органічного походження відносять до неоднорідних анізотропних матеріалів. Найпоширенішою і частково підтвердженою версією є те, що деревина у малих об'ємах відноситься до ортогонально-анізотропних тіл, тобто має три площини пружної симетрії.

Вивченням механічних властивостей деревних і чагарникових порід займались вчені НЛТУ України В.П. Рябчук, Ю.А. Мельник, В.Я. Заячук та ін. Особливо багато було зроблено радянськими вченими професорами Андрєєвим, Мітінським, у роботах яких теоретично детально висвітлено питання пружної анізотропії деревини.

Складність проведення дослідів полягає в наступному. Питання, до якого виду анізотропних матеріалів відноситься деревина, ще не можна вважати вирішеним. Розбіжність в анатомічній будові деревини, починаючи від міцел і закінчуючи стовбурцем в цілому, спіральне розташування фібрил, розбіжність в будові клітин молоді і дорослої рослин різних порід, різний розподіл вологи, розбіжність властивостей деревини по радіусу і висоті стовбурця, наявність пороків і ін. ускладнюють однозначність вирішення питання про дійсний характер пружної анізотропії деревини. [1]

Тому, лише нехтуючи рядом особливостей її будови, можна говорити, що деревина – ортотропний матеріал.

При статичній дії сили перерізати без опори стебло у строго вертикальному положенні неможливо, оскільки стебло повинне відгинатися у сторону різання. І тільки тоді з'явиться нормальна реакція стебла по відношенню до ріжучого інструменту, для подолання якої необхідно прикласти до ножа у горизонтальному напрямку силу, яка буде більша за силу необхідну для зрізу стебла. При такій умові стебло не відігнеться у сторону ріжучим інструментом і буде перерізане. Таким чином, початок різання стебла без опори важчий ніж продовження, оскільки при вході ріжучого інструмента у стебло стійкість зростає за рахунок додаткової сили, яка розтягує нижню частину стебла.

**Постановка проблеми.** На даний час постала проблема в тому, що теоретичні основи взаємодії різального робочого органу із ростучим стеблом, які враховують фізико-механічні властивості матеріалу, є недостатньо досліджені і висвітлені. Вони є необхідними для постановки і вирішення контактної задачі молоток-стебло до повного перебивання стебла рослини.

**Мета досліджень** – визначити якою залежністю описується лінія прогину стебла та встановити закономірність зміни і побудувати графіки залежності зусилля руйнування при статичному згині від фізико-механічних властивостей стебел енергетичних верб: *salix viminalis*, *salix dasyclados*; і тополь: *rochester* та гібриду тополі 1-214.

**Результати досліджень.** У процесі проведення лабораторних досліджень використовували зразки круглого перерізу свіжозрубаних однорічних та трирічних стебел енергетичних верб: *salix viminalis*, *salix dasyclados*; і тополь: *rochester* та гібриду тополі 1-214.

При вимірюванні зовнішніх лінійних розмірів дослідних зразків застосовувався циферблатний штангенциркуль з точністю вимірювання до 0,1 мм. Для випробування на статичний згин брали зразки довжиною 300 мм без обмеження за діаметром (рис. 1). Значення діаметра вимірювали посередині дослідного зразка у місці прикладання навантаження, яке, в свою чергу, позначали насічками.

Експеримент проводили за триточковою схемою випробування. Зразок розміщували таким чином, щоб середина прольоту між опорами співпадала з віссю наконечника, яким передається навантаження (рис. 2). Дослідження проводили застосовуючи випробувальну машину FM-1000 фірми “Веркштопфпрюф-машинен”, яка була обладнана тензодинамометром і екстензометром. Навантаження зразків проводили у статичному режимі до повного руйнування, записували в числовому вигляді і графічно – в координатах “навантаження–деформація”. Всі результати фіксували за допомогою тензодатчика.

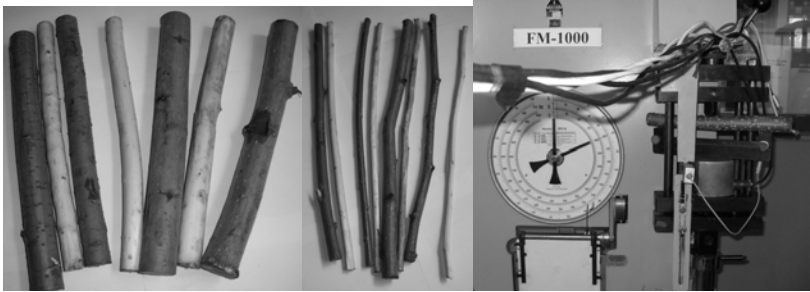


Рис. 1. Дослідні зразки і загальний вигляд машини FM-1000

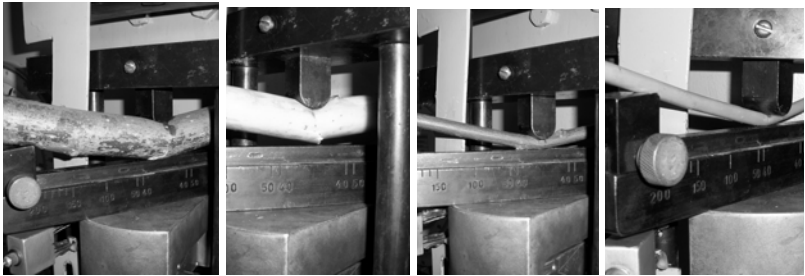


Рис. 2 – Випробування деревини на статичний згин упоперек волокон

Межу міцності  $\sigma_{\max}$  (1) та модуль пружності першого роду  $E$  (2) визначали за наступними залежностями:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{зг}}{W_y}, \quad (1)$$

$$E = \frac{\Delta F \cdot l^3}{48 \cdot f_{cp} \cdot I}, \quad (2),$$

де  $M_{зг}$  – згинальний момент,  $W_y$  – осьовий момент опору перерізу;  $\Delta F$  – зміна навантаження,  $l$  – довжина зразка,  $f_{cp}$  – переміщення,  $I$  – осьовий момент інерції поперечного перерізу.

Випробування на поперечний згин відноситься до найпоширеніших і найважливіших видів механічних випробувань деревини [2]. Значення результатів дослідження свіжозрубаної деревини енергетичних видів на статичне згинання впоперек волокон наведено у табл.

При статичному згині деревини впоперек волокон руйнування відбувалося коли при порівняно невеликих деформаціях прикладене навантаження виходило за межу міцності твердих пластинок. Пропорційність між навантаженнями і деформацією спостерігалася майже до руйнування.

З використанням програми Mathematica 8 [3] знайдено графічні залежності межі міцності та модуля Юнга досліджуваної деревини від її діаметра поперечного перерізу.

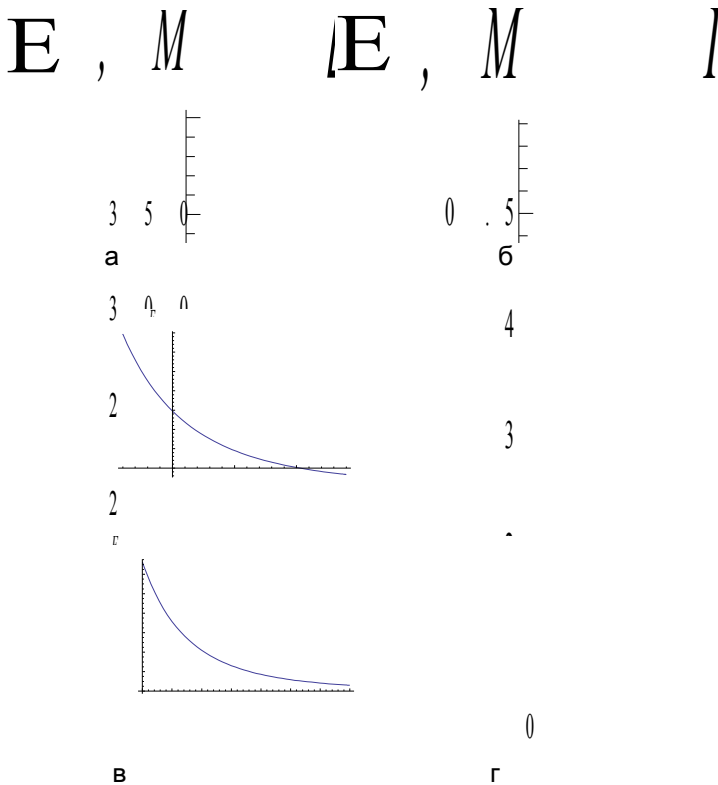


Рис. 3 – Графіки залежностей межі міцності та модуля Юнга досліджуваної деревини: а, в – трирічного зразка; б, г – однорічного зразка

Результати математичного оброблення експериментальних значень міцнісних характеристик свіжозрубаної деревини енергетичних видів.

Таблиця – Результати дослідження

Вікова категорія	Порода дерева, вид	Діаметр зразка посередині, мм	Межа міцності $\sigma_{\max}$ , МПа		Модуль Юнга E, МПа	
			при дослід. вологості	при вологості 15 %	при дослід. вологості	при вологості 15%
одно-річні з корою	верба, salix viminalis	10,5	126,76	312,25	2124,8	5233,80
	верба, salix dasyclados	7,7	114,91	306,28	4703,9	12536,92
	тополя, rochester	12,7	69,15	154,52	2158,6	4823,27
	тополя, гібрид 1-214	9,2	115,88	270,76	5152,8	12039,02
три-річні з корою	верба, salix viminalis	30,4	58,58	124,54	812,02	1726,36
	верба, salix dasyclados	25,1	87,12	223,72	1921,9	4935,62
	тополя, rochester	33,6	72,02	162,72	794,10	1794,04
	тополя, гібрид 1-214	31,7	133,09	290,47	777,84	1697,57
одно-річні без кори	верба, salix viminalis	7,7	143,69	353,94	5759,5	14187,01
	верба, salix dasyclados	7,1	196,46	523,62	8512,3	22686,97
	тополя, rochester	7,4	176,76	394,95	5836,5	13041,05
	тополя, гібрид 1-214	6,2	218,60	510,74	17440	40746,24
три-річні без кори	верба, salix viminalis	19,9	74,41	158,21	1291,2	2745,12
	верба, salix dasyclados	21,1	102,76	263,89	2957,7	7595,39
	тополя, rochester	25,1	173,10	391,06	1498,6	3385,70

	ТОПОЛЯ, гібрид 1-214	38,2	18,38	40,12	1664,4	3632,57
--	-------------------------	------	-------	-------	--------	---------

За результатами проведеного математичного аналізу даних отримали такі середні значення:

- ❖ міцність на статичне згинання:  $\sigma_{\max} = 280,1$  МПа;
- ❖ Модуль Юнга при згині:  $E = 9550$  МПа.

Змінними величинами під час проведення експерименту приймали діаметр поперечного перерізу зразків, який залежав від вікової категорії і товщини кори на досліджуваних зразках. Вихідними величинами є міцність на статичне згинання та модуль Юнга при статичному згині.

Особливістю динамічного процесу різання є стійкість лози, що зрізується, за рахунок урахування її маси комлевої частини. Процес взаємодії робочого органу ударно-силового різання з рослинами можна уявити як динамічне різання, при якому ножі за рахунок накопиченої кінетичної енергії і крутного моменту гідродвигуна зрубують стовбур.

Тому важливим фактором є теоретичні дослідження лінії прогину живоплоту енергетичних рослин (рис. 4) для постановки і вирішення контактної задачі молоток-стебло до повного перебивання стебла рослини.

Провівши статистичну обробку даних дослідження прогину живоплоту експериментальним шляхом у польових умовах для обчислення середньозважених координат теоретичної кривої, яка найкращим чином опише лінію прогину живоплоту.

Програмними засобами Wolfram Mathematica 8.0 вибрано тип кривої, яка найкраще згладжує отримані дані. Для вибору кривої було обрано:

а)  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ , де  $a > 0$ ,  $b > 0$  – гілка параболи, направленої

вдovж осі  $OX$ ;

б)  $x^2 + y^2 = r^2$  – рівняння кола;

в)  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$  – рівняння еліпса з центром у початку координат із

фокусами, які лежать на осі  $OX$   $a > b$ .

Програмними засобами було визначено, що рівняння кривої, яка із мінімальним відхиленням описує поведінку згину стебла вербового пруту та пагону тополі енергетичних видів є рівняння еліпса.

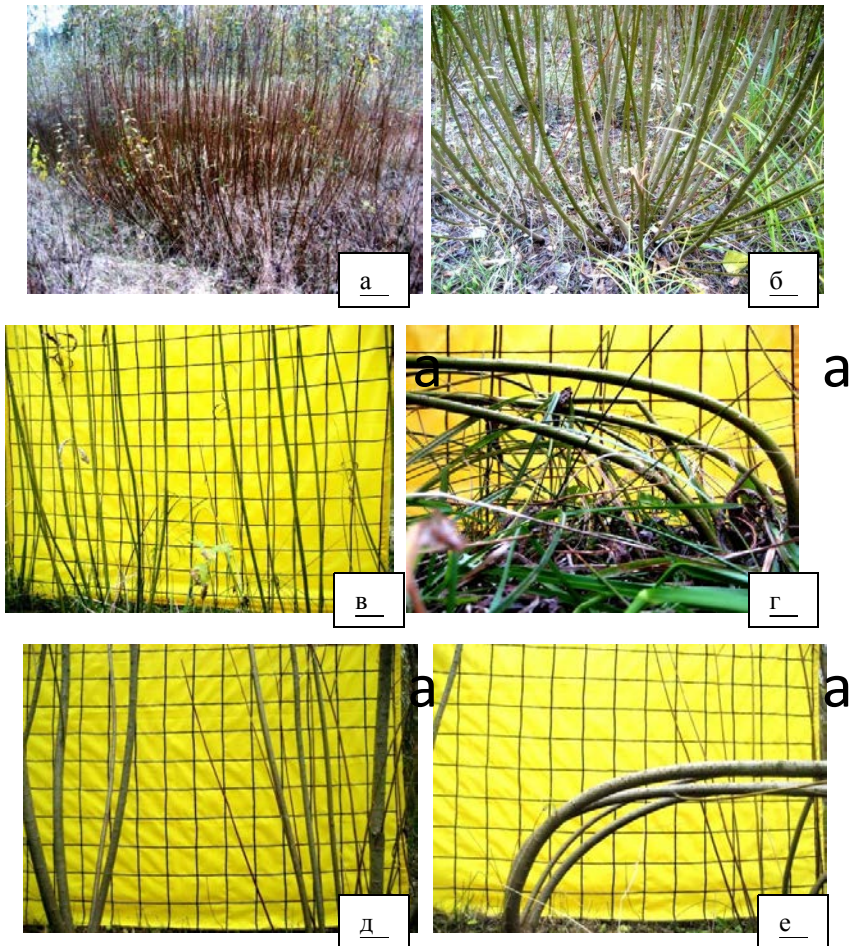


Рис. 4 – Дослідження прогину живоплоту експериментальним шляхом у польових умовах: а, б – плантаційні насадження; в, д – вільноростучі однорічні та трирічні рослини; г, е – прогин однорічних та трирічних стебел енергетичних рослин

### **Висновки.**

1. Провівши у 10-кратній повторюваності дослідження прогину живоплоту експериментальним шляхом у польових умовах, було визначено, що лінію прогину стебла енергетичних рослин найближче описує крива другого порядку – еліпс.

2. Збільшення діаметра стовбурця дерева має вагомий вплив на процес різання-рубання. Максимальне значення міцності спостерігається в однорічних зразках, а мінімальне – у трирічних. Спостерігається також зростання міцності від мінімального до максимального значення при статичному згині у 9,8 разів.

3. Вплив вікової категорії має вагоме значення, оскільки впливає на діаметр стовбурців дерев.

4. Вплив наявності кори має незначний вплив, що видно із графіків, чим можна нехтувати.

5. Аналіз залежностей, представлених графічно (рис. 3), показує, що межа міцності при дослідженнях на статичний згин зростає зі збільшенням діаметра рослини, а модуль пружності росте зі зменшенням діаметра.

#### Література

1. Леонтьев Н. Л. Упругие деформации древесины. – М.: Гослесбумиздат, 1952. – 150 с.

2. Уголев Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: учебник для вузов. – 2-е изд., переработ. и доп. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 168 с.

3. Половко А. М. *Mathematika* для студентов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. 368 с.: ил. УДК 631.358

© Ф.М. Крисак, к.т.н

Луцький національний технічний університет

### **ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БАРАБАННО-ЛОПАТЕВОЇ МИЙКИ ДЛЯ КОРЕНЕПЛОДІВ**

*Представлена схема конструктивного виконання і описаний принцип роботи барабанно-лопатевої мийки нової конструкції. Обгрунтовані діаметри барабанів із лопатями в залежності від заданої продуктивності і питомих витрат енергії та параметрична схема вибору кутової швидкості.*

**БАРАБАННО-ЛОПАТЕВА МИЙКА, ПЕРЕТИРАННЯ, ЦИРКУ-  
ЛЮЮЧА ВОДА, ДІАМЕТР БАРАБАНІВ, КУТОВА ШВИДКІСТЬ.**