

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЖОРСТКОСТІ ГНУЧКОГО ЕЛЕМЕНТУ ЗВОРУШУВАЧА РОТАЦІЙНОЇ КОСАРКИ

*Я. Семен, к. т. н.*

*Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** Традиційні технології заготівлі кормів з бобових трав характеризуються значними втратами кормів через нерівномірне просихання стебел і листочків [1; 2]. Листки пересихають, стають ламкими і під час проведення технологічних операцій втрачаються. Тому важливе значення має вдосконалення методів сушіння трав.

Очевидно, що найкращий варіант полягає в тому, щоб диференціювати механічний обробіток стебла в довжину для пришвидшення процесу сушіння трави. Верхня частина рослин із суцвіттям, молодими пагонами, значною кількістю листочків (до 84%) є найніжнішою, а листки, розміщені в прикореневій частині стебла, більш сухі, пожовклі, а тому в кормовій придатності є малоцінними.

Одним із способів підвищення ефективності заготівлі сіна є використання косарок, обладнаних плющильними апаратами. Застосування таких машин дозволяє суттєво зменшити втрати каротину під час висушування трав, які не перевищують 20 %. Існує й недолік використання плющильних апаратів – вони не тільки плющать стебла, а й ламають, розривають та розбивають їх, відривають від стебел листочки [3].

Під час скошування трав ротаційною косаркою вони укладаються у валок в ущільненому вигляді, що утруднює процес підсихання. Тому для деформації і розпушеного укладання скошених трав на стерню доцільно використати запропонований зворушувач до ротаційної косарки, який дозволить провести «м'який» обробіток рослинної маси за підвищеної кутової швидкості робочих органів [4]. Ефективність його роботи залежить від гнучких елементів, розміщених над різальним апаратом, а це вимагає додаткових досліджень їх жорсткості.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для визначення характеристик і вибору матеріалу пружного елемента його розглядають як консольну балку, навантажену на вільному кінці зосередженою силою [5]. При цьому в науковій праці [6] автори подають аналітичні методи визначення найбільшого кута прогину та повороту защемленого стрижня, а також умову жорсткості при його згинанні. Через те що безпосереднє інтегрування диференціального рівняння пружної лінії є доволі громіздким, пропонується визначати переміщення у балках за допомогою енергетичних методів, зокрема інтеграла Максвелла–Мора [6]. Але остаточні висновки щодо доцільності застосування того чи іншого матеріалу для гнучкого елемента запропонованого зворушувача можна зробити після експериментальних досліджень.

**Постановка завдання.** Мета дослідження – визначити жорсткість окремих гнучких елементів для обладнання зворушувача валка ротаційної косарки робочим органом з оптимальними характеристиками.

**Виклад основного матеріалу.** Гнучкий елемент навантажений зусиллям, що чинять на нього зрізані стебла рослинної маси, яка переміщується через різальний брус косарки і утримується в такому ж положенні під час укладання на поверхню поля. Використовуваний гнучкий елемент характеризується коефіцієнтом жорсткості, зведеним до місця прикладання сил, що на нього діють. Визначальними факторами, від яких залежить цей коефіцієнт, є площа поперечного перерізу та матеріал, з якого виготовлений гнучкий елемент, і зусилля навантаження, яке можливе під час роботи модернізованої ротаційної косарки [4].

Для визначення жорсткості гнучкого елемента використовували лабораторне обладнання, що складається з лещат 4 (рис. 1), в яких закріплено гнучкий елемент 2, до якого прикладається змінне зусилля  $Q$ , що відхиляє вільний кінець гнучкого елемента від плити 3 на відстань  $x$ .

Суть методики полягала у визначенні жорсткості гнучкого елемента зворушувача валка, послідовно навантажуючи його прикладеним зусиллям до вільного кінця на максимальній відстані  $l$ , яка відповідає радіусу дискового ротаційного робочого органа косарки. Під час проведення досліджень систему виводили з рівноваги за допомогою динамометра 1 (див. рис. 1). При цьому створювались навантаження  $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ . У кожне наступне навантаження включали попередні навантаження і щоразу вимірювали переміщення вільного кінця гнучкого елемента.

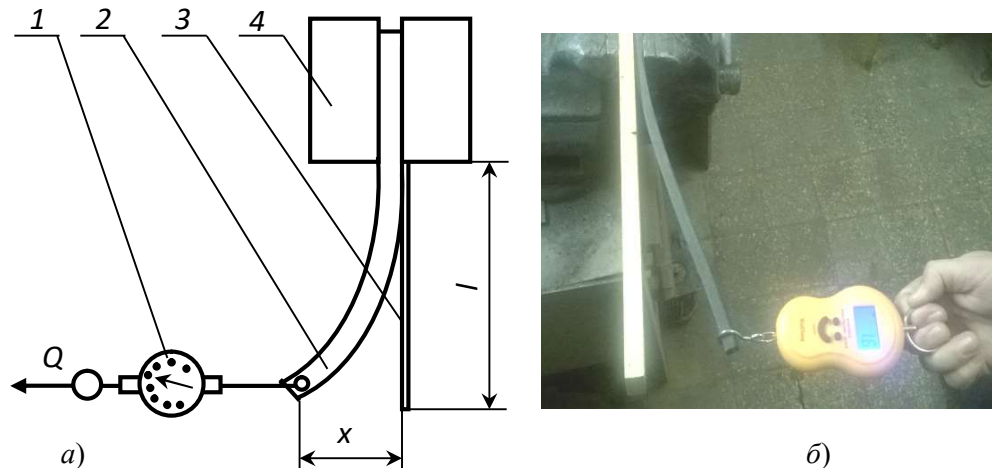


Рис. 1. Лабораторне обладнання для визначення жорсткості гнучкого елемента:  
а) схема: 1 – динамометр, 2 – гнучкий елемент; 3 – плита; 4 – лещата;  
б) загальний вигляд.

Досліди проводили у триразовій повторюваності для гнучких елементів різного перерізу, кожен з яких доповнювався пружною металевою пластиною 3 (рис. 2).

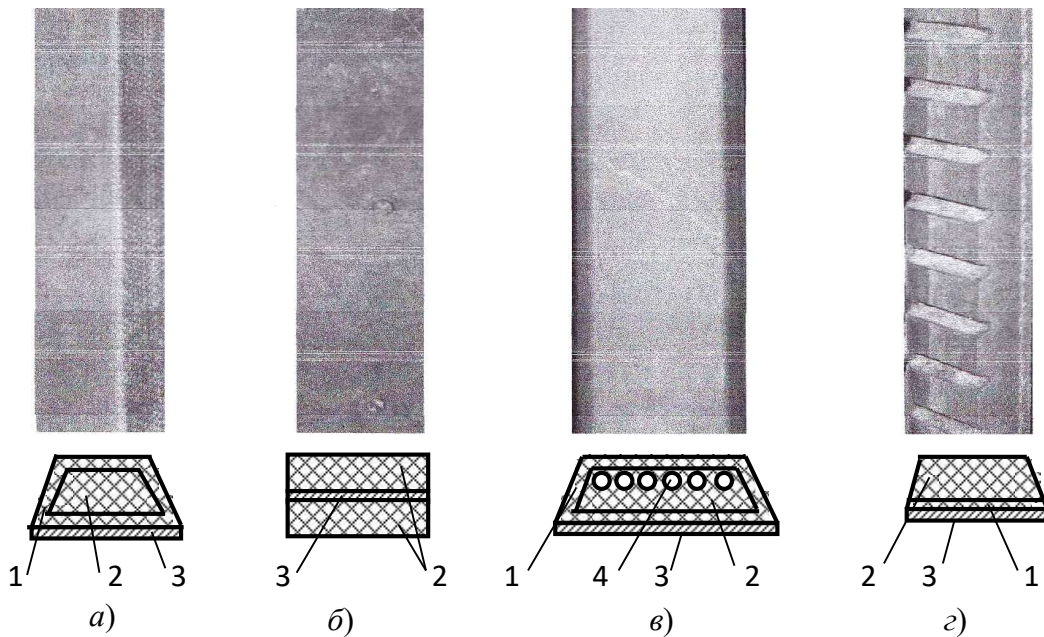


Рис. 2. Досліджувані гнучкі елементи зворушувача валка:  
 а) гумовий з кордом; б) подвійний гумовий; в) гумовий з кордом і шпагатом;  
 з) гумовий з кордовою основою; 1 – щільна тканина; 2 – гума;  
 3 – пружна металева пластина; 4 – шпагат (шнур).

За результатами експериментів для кожного навантаження  $Q_i$  отримували переміщення  $l_i$  вільного кінця гнучкого елемента і таким чином розраховували середнє значення його жорсткості, закономірність якої визначається співвідношенням

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{\sum_{i=1}^n l_i}, \quad (1)$$

де  $Q_i$ ,  $l_i$  – відповідно навантажувальне зусилля та переміщення вільного кінця гнучкого елемента під час  $i$ -го вимірювання в досліді;  
 $n$  – число вимірювань досліду.

На підставі проведених експериментальних досліджень окремих гнучких елементів побудовано графіки (рис. 3) закономірностей відхилення від положення рівноваги їх вільного кінця від прикладеного до них навантаження.

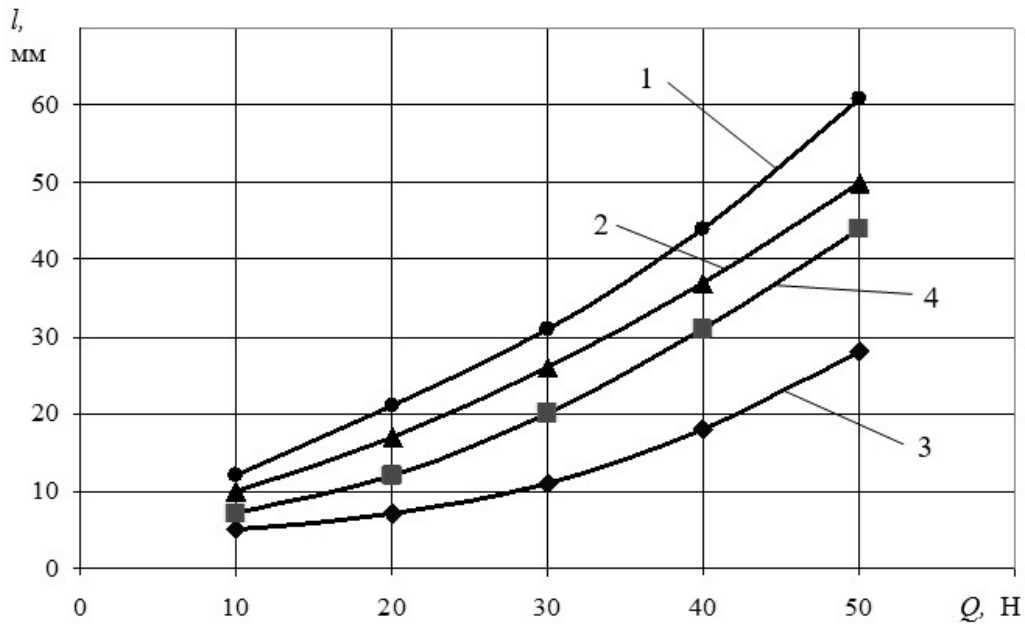


Рис. 3. Закономірність переміщення вільного кінця гнучкого елемента зворушувача валка від прикладеного навантаження для гнучких елементів, підсиленних пружною сталлю пластинною: гумового з кордовою основою (1); гумово-кордового (2); гумового з кордом і шпагатом (3); подвійного гумового (4).

Як видно з наведених графіків, спостерігається певна закономірність переміщення вільного кінця окремих типів гнучких елементів зворушувача валка під дією прикладеного навантаження, що відображена вигнутими кривими. Це вказує на те, що у досліджуваних гнучких елементах нелінійна жорсткість незалежно від їх типу. Водночас найбільшою жорсткістю характеризується гнучкий елемент, що складається з металевої пластини, виготовленої з пружної сталі, товщиною 2 мм, у поєднанні з пасом, серцевиною якого є гума зі шпагатом, охоплені ззовні кордом.

Виконані дослідження дозволили визначити середню жорсткість гнучких елементів зворушувача валка ротаційної косарки, кожен з яких доповнювався металевою пружною пластинною, на підставі співвідношення (1). Так, для гумового гнучкого елемента з кордовою основою  $C_{(1)} = 0,91$  Н/мм; для гумово-кордового –  $C_{(2)} = 1,1$  Н/мм; для подвійного гумового –  $C_{(1)} = 1,41$  Н/мм; для гумового з кордом і шпагатом –  $C_{(1)} = 2,38$  Н/мм.

**Висновки.** На основі виконаних експериментів можна стверджувати, що зворушувач валків ротаційної косарки доцільно обладнувати гнучкими елементами,

що складаються з пружної металевої пластини у поєднанні з гумовим пасом зі шпагатом, охоплених ззовні кордом, які характеризуються найбільшою жорсткістю серед досліджуваних взірців. Кріпити їх доцільно над ножами різального апарата в декілька рядів на певній відстані один від одного за висотою зворушувача, щоб сформувавши гнучку гребінку, якою захоплюватимуться зрізані стебла й одразу укладатимуться у валок у розпушеному вигляді.

### Бібліографічний список

1. Технології вирощування бобових та злакових трав на насіння / уклад.: В. Д. Бугайов та ін. ; за ред. В. Ф. Петриченко ; УААН, Ін-т кормів. Вінниця, 2005. 52 с.
2. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва : підручник : у 2 т. Київ : Агроосвіта, 2012. Т. 1 / А. В. Рудь та ін. ; за ред. А. В. Рудя. 584 с.
3. Матюх В. В., Затхей Б. І. Особливості дослідження процесу плющення бобових трав. *Вісник Львівського державного аграрного університету: агроінженерні дослідження*. 2007. № 11. С. 130-133.
4. Семен Я. В., Пальчикевич І. М., Тисовський Т. І. Пристрій для розпушування валка до ротаційної косарки. *Vědecký průmysl evropského kontinentu – 2016 : XII Mizařarodni vědecko-praktická conference. Díl 11 : Zemědělství. Geografie a geologie. Matematika. Praha : Publishing House «Education and Science», 2016. S. 9-12.*
5. Шваб'юк В. І. Опір матеріалів : навч. посіб. Київ : Знання, 2009. 380 с.
6. Розрахунки на міцність та жорсткість при згинанні. URL : [http://web.kpi.kharkov.ua/sopromat/wp-content/ .../Izgif.pdf](http://web.kpi.kharkov.ua/sopromat/wp-content/.../Izgif.pdf).

#### **Семен Я. Експериментальні дослідження жорсткості гнучкого елемента зворушувача ротаційної косарки**

Розглянуто проблему підвищення ефективності скошування трав ротаційною косаркою з одночасним укладанням їх у валок у розпушеному вигляді. Проаналізовано існуючі методи визначення жорсткості гнучких стрижнів. Проведено експериментальні дослідження з визначення жорсткості гнучких елементів попередньо розробленої конструкції зворушувача валка до ротаційної косарки. Встановлено основні закономірності переміщення вільного кінця досліджуваних гнучких елементів зворушувача валка від прикладеного навантаження.

**Ключові слова:** зворушувач валка, гнучкий елемент, ротор, косарка, трава, жорсткість.

#### **Semen Ya. Experimental research of inflexibility of flexible element of scarifier of rotary mower**

The problem of increase of efficiency of mowing of herbares is considered by a rotary mower with a simultaneous conclusion them in a roller in a loosening kind. The existent methods of determination of inflexibility of flexible bars are analysed. Experimental studies are undertaken from determination of inflexibility of flexible elements of the preliminary worked out construction of scarifier of roller to the rotary

mower. The basic regularities of moving the free end of the studied flexible elements of the roller upright from the applied load are established.

**Key words:** scarifier of roller, flexible element, rotor, mower, grass, inflexibility.

**Семен Я. Экспериментальные исследования жесткости гибкого элемента ворошителя ротационной косилки**

Рассматривается проблема повышения эффективности скашивания трав ротационной косилкой с одновременной укладкой их в валок в рыхлом состоянии. Проанализированы существующие методы определения жесткости гибких стержней. Проведены экспериментальные исследования по определению жесткости гибких элементов предварительно разработанной конструкции ворошителя валка ротационной косилки. Установлены основные закономерности перемещения свободного конца исследуемых гибких элементов ворошителя от прилагаемой нагрузки.

**Ключевые слова:** ворошитель валка, гибкий элемент, ротор, косилка, трава, жесткость.