

8. Savchenko L. V. Optimization solutions in logistics: Theory and Practice / L. V. Savchenko. – K.: RIO NTU, 2007. – 248 p.

*В представленном исследовании логистика рассматривается как инструмент, который позволяет использовать транспорт с наименьшими затратами. Логистика в сельскохозяйственном производстве направлена на решение вопросов, касающихся материальных потоков с товародвижения (сырья, материалов, запасных частей) с целью экономии и получения прибыли. Итак, проведенные исследования направлены на оптимизацию материальных потоков в аграрном секторе, с использованием логистических подходов.*

**Ключевые слова:** логистика, смешанные перевозки, маршрут, материальный поток

**Annotation.** *In the present study, the logistics is viewed as a tool that allows the use of vehicles with the lowest cost. Logistics in agricultural production aimed at addressing issues related to the physical distribution of material flows (raw materials, spare parts) to save and profit. Thus, studies have focused on optimizing the material flow in the agricultural sector, with the use of logistic approaches.*

**Key words:** logistics, multimodal transport, route, material flow

УДК 631.352.5

## **ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ РОТАЦІЙНИХ КОСАРОК-ПЛЮЩИЛОК З ГЛИБИНИ СТОЛІТЬ І ДО СЬОГОДЕННЯ**

**О. М. Погорілець, кандидат технічних наук  
М. С. Волянський, доцент**

**Анотація.** *Обґрунтовані геометричні, кінематичні і силові параметри та режими роботи різального апарата для скошування високоврожайного травостою незалежно від його стану та плющильного апарата динамічної дії зі збереженням кормових цінностей та зменшенням втрат врожаю при штучній заготівлі сіна і сінажу.*

**Ключові слова:** тенденція, розвиток, косарка, плющилка

© О. М. Погорілець, М. С. Волянський, 2016

**Постановка проблеми.** Не вдаючись в подробиці, коли і як виникло землеробство, а згадаємо лише те, що описав римський історик Пліній Старший. Він нагадав, що у I столітті нашої ери (н.е.) галли (Римська імперія) запропонували машину, яка представляла собою ящик, що спирався на два дерев'яні колеса, спереду якого закріплена обчісувальна гребінка. До іншого кінця ящика були прикріплені голоблі, в які запрягали тяглову силу (коня, вола, мула), що штовхала цей візок. Під час руху колоски хлібних зернових культур затискалися між зубцями гребінки, а робітник, що рухався поруч, веслом збивав їх у ящик, заповнюючи його [1]. Очевидно, якщо були воли, то уже людина прийшла в землеробство одночасно з прирученими коровами, вівцями, козами. Як правило – всі наведені тварини травоядні істоти.

**Аналіз останніх досліджень.** Вже з тих часів, а це – більше 2000 років, головною турботою хлібороба було не тільки добування хліба, а і кормів для тварин.

Тварини на протязі шести місяців самі добувають корм на природних пасовищах або на полях засіяних кормовими культурами: люцерна, конюшина, тимофіївка тощо. Що стосується інших місяців, то людина повинна була заготовляти корми у вигляді сіна або пізніше запропонованого сінажу. Для цього шукачі нового винайшли серп, за допомогою якого жниця (це була робота жінки) затискувала верхню частину горстки стебел у жмені лівої руки (цим створювала додаткову опору), а правою, натискуючи і протягуючи серпом перерізала стебла. Таким способом зрізували хлібні зернові культури, що є першим етапом добування хліба. Такий зріз називають підпірним, продуктивність жниці за світловий день становила 0,15 га, а втрати зерна - 4%. Поступово серп переходив в косу. Її застосовували як при скошуванні хлібних культур, так і при скошуванні трав.

Косити – це вже робота чоловіків. Працювати косою теж не легко, проте тут не треба згинати спину та і продуктивність більша – 0,30 га за день, але і втрати зерна більші – до 20%. Для надійності роботи коси косар надає їй швидкості руху 3...5 м/с і часто підгострює чи клепає її. При роботі коси – це вже безпідірний зріз.

Для збирання врожаю зернових культур та трав, природних і сіяних, для заготівлі сіна і сінажу природа «відвела» малий проміжок часу. Оскільки зернові і кормові культури знаходяться не під дахом, тому думка винахідників була спрямована на створення високопродуктивних машин.

Як свідчить вище наведене, цьому відповідають саме косарки з різальними апаратами безпідірного різання. Косарки з такими апаратами були на кінній тязі, а ножі у вигляді серпів (рис.1). Такі

косарки або жатки не були придатні для збирання зернових культур, так як при цьому втрати зерна становили 20%. У 1800 році Robert Meares отримав патент в Англії на різальний апарат, який зрізував рослинність за принципом ножиць.

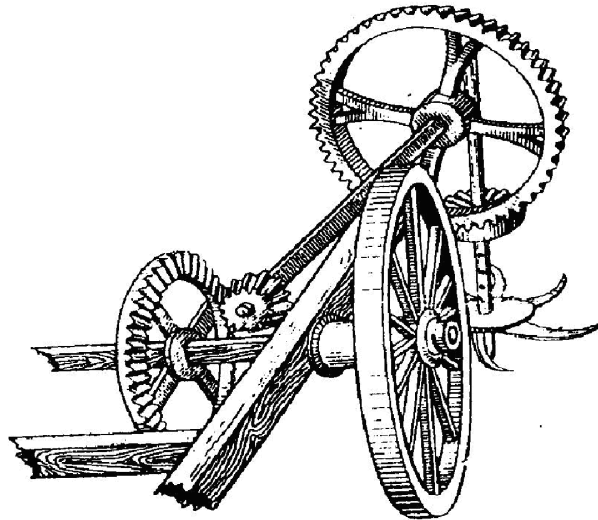


Рис. 1. Косарка ротаційна Бойса, 1799 р.

У 1826 році шотландець Патрик Бель поєднав воедино всі винаходи того часу і побудував першу жатну машину, придатну для скошування хлібних культур. Жатка приводилася в рух кіньми, що штовхали її ззаду. Крім цього жатка мала ще й мотовило, що підводило рослинність до різального апарата. По суті це був різальний апарат сегментно-пальцевого типу зі зворотно-поступальним рухом ножа, тобто підпірного різання. Він був використаний у першому в світі американському комбайні на кінській тязі у 1828 році, жатках-лобогрійках (відомі з 1842 року), жатках-самоскидках (з 1855 р.), жатках-снопов'язалках – (з 1856–1867 рр.) і застосовується нині, але більш досконалий.

Перш ніж описувати будову і принцип дії ротаційних косарок-плющилок для заготівлі кормів у вигляді сіна і сінажу, розглянемо що представляє собою корм для тварин – сіно і сінаж [5].

Сіно – це трава, скошена у період бутонізації природно або штучно висушена до вологості 15–17% і нижче. Розрізняють сіно сіяних трав (бобове, злакове і злаково-бобове), і природних сіножатей (лучне, волого-лучне, степове тощо). Кормова цінність сіна визначається його смаковими якостями, вмістом каротину тощо. Цінними є трави родини бобових (вика, конюшина, люцерна та ін.), злакових (лисохвіст лучний, костриця, стоколос тощо). Злакові становлять одну з найцінніших частин сіна. З різнотрав'я цінними є спориш, лобода, щиріця та ін. Кормова цінність окремих частин рослин різна: в листочках більше ніж у стеблах сирого протеїну – в

2–3 рази, мінеральних речовин – в 1,5 рази, каротину – в 7–15 раз. Різниця в поживності листя і стебел у бобових рослин більша, ніж у злакових. Найкраще сіно отримують при штучному сушінні трав на сіно. Зберігають сіно у стогах, скиртах або спеціальних сховищах.

Сінаж – соковитий корм для тварин. Заготовляють його у баштах, траншеях і ямах автоконсервуванням прив'ялених протягом 4...24 год. до 40...50% вологості злакових, злаково-бобових та ін. рослин. Злакові трави збирають на початку колосіння, бобові – у фазі бутонізації. У сінажу повністю зберігаються листочки. При заготівлі сінажу втрати поживних речовин становлять 8...12% від вмісту їх у траві, тоді як при заготівлі силосу – 25...30%, сіна, при природному сушінні – 30...40%. Найкращий сінаж отримують з сіяних трав.

**Результати досліджень.** Штучне сушіння трав для одержання сіна і сінажу забезпечують косарками-плющилками. У косарках-плющилках підпірного і без підпірного зрізування для плющення трав застосовують плющильні вальці (рис. 2) сталеві і обгумовані, гладенькі та рифлені з прямими та гвинтоподібними пазами. Глибина пазів і кут похилу їх до твірної вальця різні, деякі плющильні апарати мають гвинтові пази, розміщені під різним кутом до геометричної вісі.

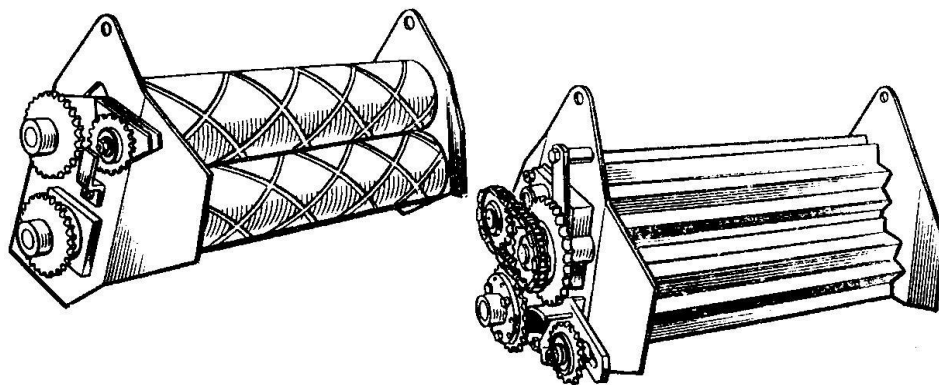


Рис. 2. Плющильні вальці косарки-плющилки КПРН-3,0.

Для роботи косарок-плющилок на високоврожайних травостоях використовують косарки-плющилки безпідпірного зрізування типу КПРН-30 (Росія), яка за будовою різального апарату аналогічна апарату косарки КРН-2,1 (Росія, 1974). Косарка-плющилка КПРН-3,0 причіпна, ширина захвату – 3,0 м, роторів – 6, привод роторів – нижній, частота обертання роторів – 1936 об/хв, ножів на роторі – 1, плющильні вальці такі ж як і у косарок-плющилок підпірного зрізування.

Заслуговує на увагу далекоглядність винахідників щодо використання траєкторій руху зрізаних стебел трав косарками-

плющилками підпірного зрізування і безпідпірного. Як свідчить досвід при роботі косарки підпірного зрізування (різальний апарат сегментно-пальцевого типу зі зворотно-поступальним рухом ножа) зрізані стебла транспортуються суцвіттям назад, проти напрямку руху косарки (рис. 3, а), а при роботі ротаційної косарки, тобто безпідпірного зрізування, зрізанні стебла транспортуються навпаки – суцвіттям вперед по ходу косарки (рис. 3, б).

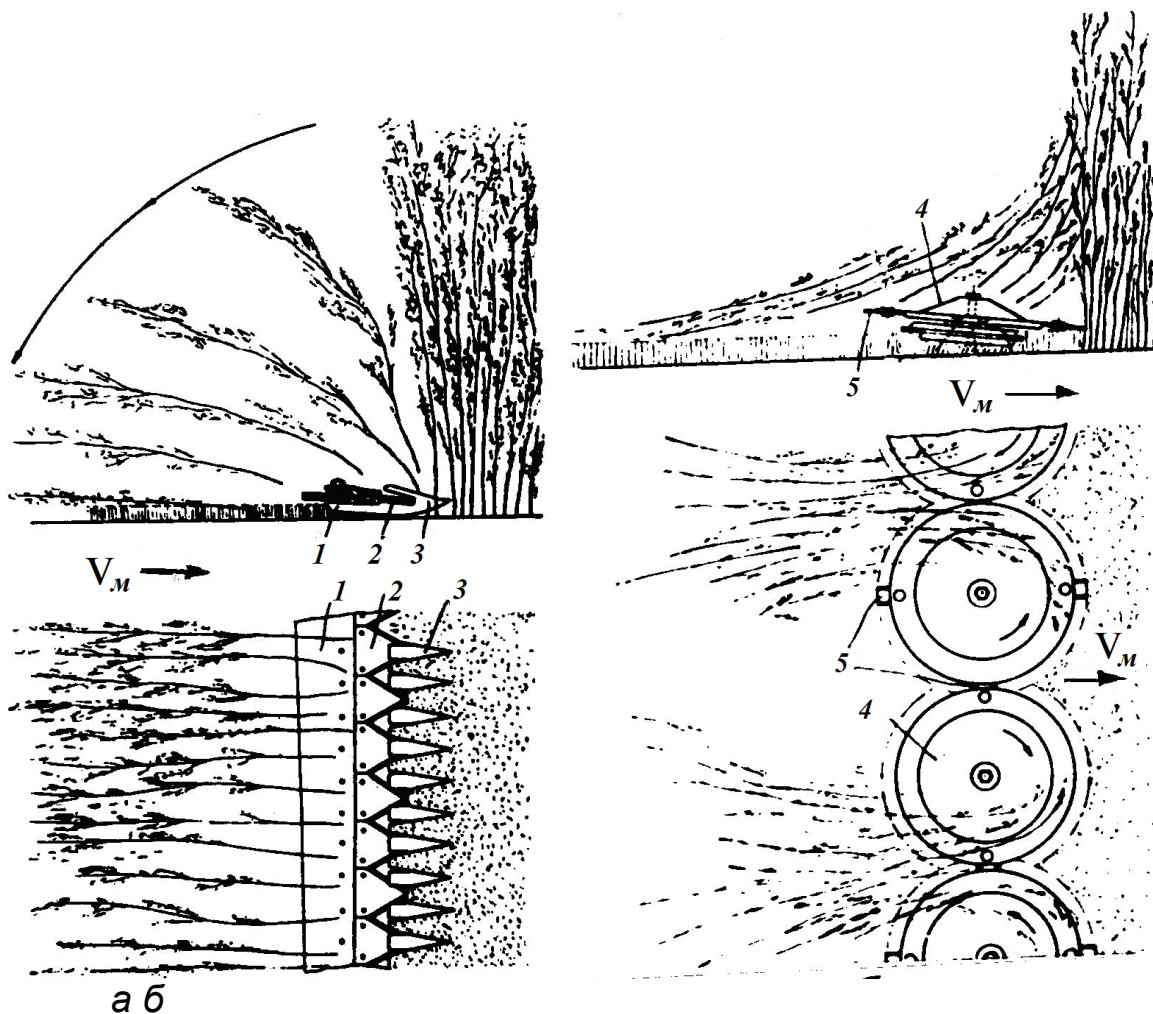


Рис. 3. Напрямок руху зрізаних стебел: а – при роботі косарки підпірного зрізування; б – при роботі косарки без підпірного зрізування; 1 – пальцевий брус; 2 – сегмент; 3 – палець; 4 – диск; 5 – ніж;  $V_M$  – напрямок руху косарки.

Прихильники підпірного зрізування вигідного використали напрям руху зрізаних стебел зернових культур (суцвіттям вперед) у прямоточному комбайні ПК-2 (СРСР, 1957 р.) фірми «Масей Фергюсон» у комбайні «MF-36». Цим самим вони продовжили традиції молотильників ручним ціпом, коли обмолот починали саме з колосової частини хлібних культур. При цьому це зерно відбирали окремо як насіннєвий матеріал.

Прихильники безпідпiрного зрiзування трав для штучного способу приготування сiна i сiнажу використовують ротацiйнi косарки-плющилки i з апаратами динамiчної дiї. Такi апарати представляють собою горизонтально обертальний барабан (вал) з шарнiрно пiдвiшеними билами, якi знимають зрiзану трав'яну масу з рiзального апарата, сплющують стебла i спрямовують їх у рихлий прокiс або валок, що легко продувається вiтром. За даними фiрм далекого зарубiжжя, такий апарат, порiвняно з вальцьовим, забезпечує бiльш iнтенсивне сушіння скошених трав. Проте такi апарати при збираннi бобових трав збiльшують втрати листкiв iз суцвiттям. Ось чому вальцьовi апарати рекомендують для плющення бобових трав, бильнi – злакових трав. Фiрма Джон Дiр виробляє косарку-плющилку з бильним апаратом (рис. 4, а), проте частота обертання вала з билами регульована – 610 об/хв. (для люцерни) i 850 об/хв. (для злакових трав). Варто вiдмитити, що кiлькiсть моделей з бильними апаратами у краiнах далекого зарубiжжя щорiчно збiльшується.

На рис. 4, б зображено схему ротацiйної косарки-плющилки з верхнiм приводом двох роторiв з бильним апаратом. Ширина захвату такої машини 2,4 м, а ножiв на роторi 5, що не характерно для косарок-плющилок такого класу, в яких ножiв на роторi 1 або 2. Збiльшення кiлькостi ножiв, при одній i тiй же коловiй швидкостi ножа, неминуче призводить до повторного перерiзання зрiзаного стебла, а це втрати врожаю.

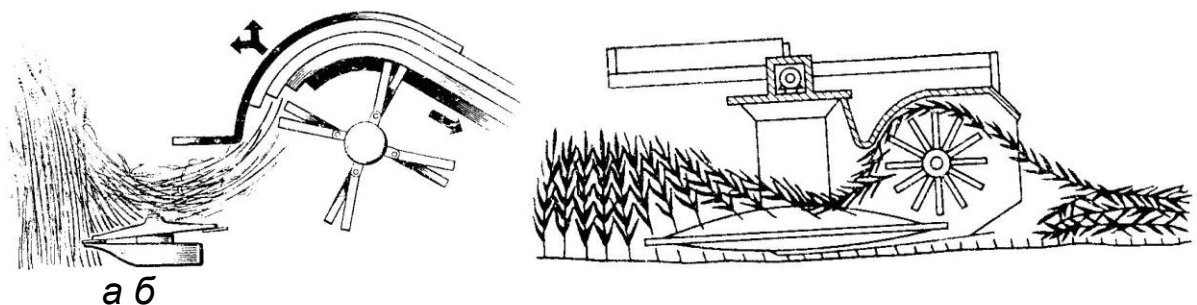


Рис. 4. Схема технологiчного процесу ротацiйної косарки-плющилок: а – моделi 1320 фiрми Джон Дiр (США); б – моделi 1180 фiрми Хестон (США).

Фахiвцi провели тестування параметрiв ротацiйних косарок-плющилок шириною захвату вiд 3,02 до 3,20 м провiдних фiрм далекого зарубiжжя, огляд цих параметрiв наведенi в табл. 1.

Данi табл. 1 свiдчать, що фiрми далекого зарубiжжя виробляють косарки-плющилки з коловою швидкiстю ножiв до 90 м/с з теоретично можливою робочою швидкiстю до 38,37 км/год. Звичайно з такими параметрами процес заготiвлi сiна i сiнажу буде

високопродуктивним. Проте виникає питання – «Де знайти такі сіножаті, на яких можна рухатися з такою швидкістю скошувального агрегата?».

### **1. Огляд параметрів косарок-плющилок шириною захвату від 3,02 до 3,20 м.**

Фірма	Claas	Deutz-Fahr	Fella	JF Stoll	Krone	Kuhn	Lely
Модель	Disko 3100C Contour	Disk Master 632 T	SM 310 TL	GX 3205	Easy Cut 320	GMD 802	Splendimo 320M
Ширина захвату, м	3,02	3,18	3,00	3,10	3,15	3,11	3,20
Кількість дисків, шт	7	8	6	8	7	8	8
Діаметр дисків, см	42	45	47	34	43	40	35
Виступ ножів, мм	55	73	60	52	62	55	67
Частота обертання дисків, об/хв.	3250	2920	2880	3000	2925	3000	3000
Колова швидкість ножів, м/с	90	84	89	80	85	80	72
Робоча швидкість (теоретична), км/год	21,45	38,37	20,74	18,72	21,75	19,80	24,12

Ротаційні косарки-плющилки вітчизняного виробництва стійко виконують технологічний процес при колдовій швидкості ножів 65 м/с і швидкості агрегата до 15 км/год. При цьому на наших полях таке навантаження на тракториста не з легких. Штучна заготівля сіна і сінажу здійснюється не тільки за допомогою механізації, а і електрифікації.

Цікаве рішення в цьому питанні запропонував молодий вчений А.А. Собліров [4], у спроектованій і виготовленій ним тракторній косарці-плющилці. В такій скошена трава одночасно підлягає механічній і електричній обробці. Скошена трава спочатку пропускається через плющильні вальці, до яких підведено напругу від встановленого на косарці-плющилці електричного генератора. Завдяки цьому через розплющену масу весь час проходить електричний струм. Одночасна дія механічного тиску і електричного струму викликає інтенсивне руйнування рослинних тканин, розрив оболонок клітин, у результаті чого відбувається вивільнення вологи із зеленої маси і процес випаровування води з неї різко

прискорюється. Така комбінована обробка у 1,8–2,5 рази зменшує час наступного сушіння трав, а поживна цінність сіна чи сінажу залишається високою, у 2 рази більшою, ніж при природному сушінні. Можливе розташування деки для плющення зрізаних стебел плющильним апаратом динамічної дії може бути таким, який зображений на рис. 5 [3].

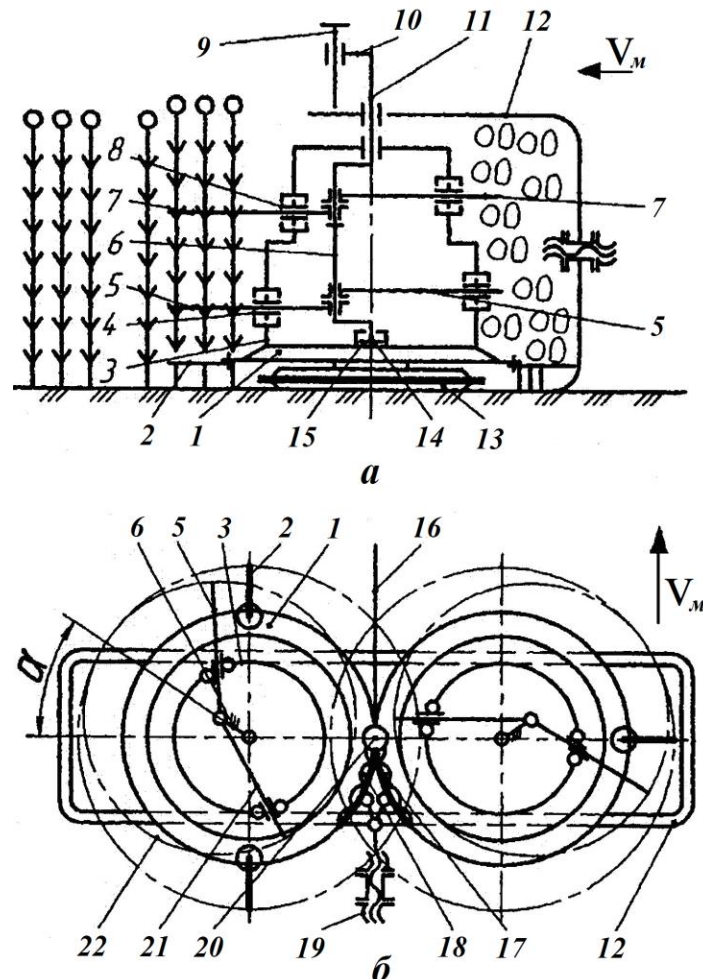


Рис. 5. Схема ротаційної косарки-плющилки: а – вигляд збоку; б – вигляд зверху; 1 – диск; 2 – ніж; 3 – двоступінчастий барабан; 4 – вічко; 5 – било; 6 – колінчаста вісь; 7 – било верхнього ярусу; 8 – вічко верхнього ярусу; 9 – болт; 10 – важіль; 11 – довга цапфа; 12 – рама; 13 – корпус циліндричного редуктора; 14 – коротка цапфа; 15 – порожнистий болт; 16 – подільник; 17 і 18 – диск; 19 – механізм регулювання зазора між деками і білами; 20 – вісь повороту дек; 21 – біла другого ярусу; 22 – траєкторія руху бил.

Такий апарат містить ротаційну косарку з нижнім приводом дисків 1 з ножами 2 і циліндричними шестернями, розташованими в корпусі редуктора 13. До дисків 1 жорстко закріплені двоступінчасті циліндричні барабани 3. Верхні ступені барабана мають менші



діаметри (колова швидкість більша), а нижні ступені – навпаки. Вічка 8 шарнірно розміщені на ступенях барабана 3 через які вільно пропущені біла 5, що вільно обертаються на колінчастій осі 6. Остання короткою цапфою 14 спирається на порожнистий болт, який закріплений до диска 1. Довга цапфа 11 колінчастої осі вільно пропущена через верхню частину ступінчастого барабана і нерухому раму 12 косарки-плющилки і болтом 9 жорстко фіксується до цієї рами. Положення колінчастої осі регульоване. Така конструкція ротаційної косарки-плющилки дає можливість розташовувати деки 17 і 18 для плющення білами 5 стебел зрізаної рослини. Зазор між деками і білами регульований за допомогою спеціального механізму 19. Для оцінки якості роботи різального і плющильного апаратів ротаційної косарки-плющилки варто нагадати деякі основні результати досліджень. Швидкісна кінозйомка процесу різання трав апаратом безпідпирного різання двома ножами при їх коловій швидкості 100 м/с свідчить, що суміжний ніж диска діє на зрізане стебло 8 разів, а при коловій швидкості 65 м/с - 2 рази при одній і тій же подачі на ніж (робочій швидкості). При цьому відхилення стебла від вихідного положення відповідно: при першому ударі становило 3 мм, при другому і третьому – 5. Кількість ударів ножа при коловій швидкості ножів 65 м/с за період зрізування становила 3 мм, за період по зрізаній частині стебла – 2. При коловій швидкості ножа 100 м/с ударів ножа по стеблу в період зрізування і в період по зрізаному стеблу становило 8, відхилення стебла від вихідного положення відсутнє.

При випробуванні косарки КРН-2,1 (Росія, 1974 р. Подольська МВС), при швидкості агрегата 4,2 м/с, в якій колова швидкість ножів 65 м/с, а ножів на диску 2 втрати врожаю загальні становили 2,52 ц/га: з них від підвищеної висоти стерні 0,05%, частинок стебла з повторних зрізом до 6 см – 1,09 %, наявність частинок зрізаного стебла від 6 до 15 см – 0,79%, тобто втрати врожаю із-за повторного зрізування становила  $1,09+0,79 = 1,88\%$ . При цьому враховано, що при наступному збиранні врожаю граблями частинки стебла довжиною до 10 см не збираються.

Для косарки підпирного різання типу КС-2,1 загальні втрати врожаю при швидкостях 4,2...5,0 м/с становили – 1,25 ц/га. При цьому втрати врожаю від надмірної висоти зрізування становили 0,53%. Варто нагадати, що робота косарки КС-2,1 на швидкості 15 км/год без частих забивань різального апарата практично неможлива. На перший погляд на втрати врожаю із-за повторного перерізаних зрізаних стебел косаркою КРН-2,1 порівняно незначні. Проте треба мати на увазі ще можливі втрати врожаю при наступних операціях при штучному заготівлі сіна і сінажу: плющенні, згрібанні

трав'яної маси граблями, транспортуванні пров'яленої маси до місця скиртування чи сінажної башні або підбиранні валків і пресуванні у паки тощо. При наведених операціях не уникнути додаткових втрат врожаю.

### **Висновки**

1. У ротаційних косарках-плющилках і в майбутньому найдуть застосування ротаційні різальні апарати безпідпiрного зрізування, як такі, що можуть працювати при швидкостях 15 км/год незалежно від стану травостою: високоврожайний, переплутаний, високий – тобто мають велику продуктивність.

2. У ротаційних косарок-плющалок незалежно від кількості роторів: 8, 6 чи 4 – бажано, щоб ротори обертались попарно назустріч один проти другого, привод роторів нижній за допомогою циліндричних шестерень (прямозубих чи косозубих), форма ротора у вигляді еліптичного (овального) диска, мінімальна кількість ножів на роторі 1, оптимально 2, колова швидкість ножів 65 м/с.

3. У ротаційному різальному апараті не доцільно використовувати гвинтові ротори [2] для забезпечення перекриття зон різання суміжних роторів і уникнення повторного перерізання зрізаних стебел, так як ускладнюється конструкція косарки-плющилки, гвинтові ротори утворюють повітряний потік, на який витрачається додаткова потужність. Крім цього відомі надійні в роботі еліптичні ротори і ножі аркоподібної форми (косарка КРС-2, Київський завод ім. Лепсе 1993 р.).

4. Не доцільно завищувати колову швидкість ножів роторів до 90 м/с, а оберти роторів до 3250 об/хв., що дає можливість працювати косарці на швидкості до 38 км/год – це не реально.

5. Плющильні апарати динамічної дії і надалі знайдуть широке застосування завдяки зрізанню стебел суцвіттям вперед по напрямку ходу косарки-плющилки або використовуючи штучно цей процес при проектуванні [3].

6. Є необхідність у проведенні досліджень впливу електричного струму на плющення зрізаних трав апаратом запропонованим А. А. Собліровим [4, С. 42, 102].

### **Список літератури**

1. *Історія техніки: від жатного візка галлів до обчисувальної жатки* : монографія / О. М. Погорілець, О. П. Деркач, І. Л. Роговський. – К.: АграрМедіаГруп, 2013. – 125 с.
2. *Особов В. И. Сеноуборочные машины и комплексы* / В. И. Особов, Г. К. Васильев. – М.: Машиностроение, 1983. – 304 с.
3. *Патент 80883 Україна Кл. АО1D 43/00. Косарка-плющилка ротаційна* / О. М. Погорілець, В. С. Майданович, В. А. Борисенко. – Опубл. 12.11.2007, Бюл. №18.

4. Славин Р. М. Не только механизация... / Р. М. Славин. – М.: Агропроиздат, 1987. – 240 с. (С. 102).
5. Українська сільськогосподарська енциклопедія. Том.3. – К., 1972. – Сіно, сінаж. – С. 243.

**Аннотация.** *Обоснованные геометрические, кинематические и силовые параметры и режимы работы режущего аппарата для скашивания высокоурожайных травостоя независимо от его состояния и плющильного аппарата динамического действия с сохранением кормовых ценностей и уменьшением потерь урожая при искусственной заготовки сена и сенажа.*

**Ключевые слова:** *тенденция, развитие, косилка, плющилка*

**Annotation.** *Reasonable geometric, kinematic and power parameters and modes of operation of the cutting apparatus for the cutting of high grass, regardless of its status and calender machine dynamic action while preserving nutritional value and a decrease in yield losses in the artificial hay and silage.*

**Key words:** *trend, development, cutting machine, flatting machine*

УДК 514.18

## **КОНСТРУЮВАННЯ МІНІМАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ІЗОТРОПНОЇ КРИВОЇ, ЯКА ЛЕЖИТЬ НА ПОВЕРХНІ КАТЕНОЇДА**

**С. Ф. Пилипака, доктор технічних наук  
М. М. Муквич, докторант \***

**Анотація.** *У статті здійснено конструювання мінімальних поверхонь із використанням ізотропної кривої, яка лежить на поверхні катеноїда. Використано аналітичну умову віднесення катеноїда до ізометричних координат.*

**Ключові слова:** *ізотропна крива, мінімальна поверхня, лінійний елемент поверхні, катеноїд*

**Постановка проблеми.** Конструювання та аналітичний опис мінімальних поверхонь є важливою проблемою геометричного моделювання, зумовленою їх застосуванням при проектуванні поверхонь технічних форм та архітектурних конструкцій. До мінімальних поверхонь приводить геометрична задача: знайти

\*Науковий консультант – доктор технічних наук С. Ф. Пилипака

© С. Ф. Пилипака, М. М. Муквич, 2016