

УДК 631.352

## ОСОБЛИВОСТІ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ РОТАЦІЙНОГО РІЗАЛЬНОГО АПАРАТА З ГОРИЗОНТАЛЬНОЮ ВІССЮ ОБЕРТАННЯ

**М. К. Лінник**, *д. с.-г. н, академік НААН*

**О. Ф. Говоров**, *к.т.н., с.н.с., mail: Aleksandr\_Govorov@ukr.net*

*Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН*

**Мета.** Розробити аналітичні залежності для опису складного руху різальних кромek шарнірно закріплених ножів в параметричному вигляді та мінімально допустимої кутової швидкості різального апарата, при якій забезпечується гарантоване скошування усіх рослин в зоні переміщення різального апарата.

**Методика.** Математичний аналіз з використання положень механіки і математики.

**Результати.** Уточнений робочий процес різального апарата з горизонтальною віссю обертання і шарнірним закріпленням ножів, обґрунтовані і уточнені математичні залежності для опису складного руху різальних кромek ножів і міні-

мально допустима кутова швидкість різального апарата, при якій скошуюються усі рослини, що знаходяться в зоні переміщення різального апарата.

**Висновки.** Обґрунтовані і уточнені формули для опису складного руху різальних кромek ножів в параметричному вигляді і мінімально допустимої кутової швидкості ротaційного різального апарата, при якій скошується 100% рослин.

**Ключові слова:** стебла рослин, барабанний подрібнювач, горизонтальна вісь, ніж, кут відхилення, шарнір, висота стерні.

UDC 631.352

## FEATURES WORKFLOW ROTARY CUTTING MACHINE WITH HORIZONTAL AXIS OF ROTATION

**M. K. Linnik**, *Doctor of Agricultural Sciences, Academician NAAN*

**O. F. Govorov**, *PhD, Senior Researcher, e-mail: Aleksandr\_Govorov@ukr.net*

*National Scientific Center «Institute of Engineering and Electrification of Agriculture» of the NAAN of Ukraine, e-mail: nnc-imesg@ukr.net*

**The Purpose.** Develop analytical dependences for the description of complex motion of the cutting edges of the blades are hinged in parametric form and the minimum permissible angular velocity of the cutting unit, which provides a guaranteed mowing all the plants in the area of the cutting unit.

**Methods.** Mathematical analysis with the provisions of the mechanics and mathematics.

**Results.** Clarifies the working process the cutting system with the mathematical relationships to describe the complex movement of the cutting edges

of knives and minimum allowable speed rotary cutting system horizontal axis of rotation and swivel fixing knives, justified and clarified at which mowed all the plants that are in range of the cutting unit.

**Conclusions.** Substantiated and refined the formula to describe the complex movement of the cutting edges of knives in parametric form and the minimum allowable, the angular speed of the rotary cutting device in which cutting 100% of the plants.

**Key words:** rotary cutting machine, knife, axis of rotation, stem, angular velocity, plant cutting angle of deviation, edge.

## ОСОБЕННОСТИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА РОТАЦИОННОГО РЕЖУЩЕГО АППАРАТА С ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ

Н. К. Линник, д.с.-х.н. академик НААН

А. Ф. Говоров, к.т.н., с.н.с., -mail: Aleksandr\_Govorov@ukr.net

Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН

**Цель.** Разработать аналитические зависимости для описания сложного движения режущих кромок шарнирно закрепленных ножей в параметрическом виде и минимально допустимой угловой скорости режущего аппарата, при которой обеспечивается гарантированное скашивание всех растений в зоне перемещения режущего аппарата.

**Методика.** Математический анализ с использованием положений механики и математики.

**Результаты.** Уточнен рабочий процесс режущего аппарата с горизонтальной осью вращения и шарнирным креплением ножей. обоснованы и уточнены математические зависимости для описания сложного движения режущих кро-

мок ножей и минимально допустимой скорости ротационного режущего аппарата, при которой скашиваются все растения, которые находятся в зоне действия режущего аппарата.

**Выводы.** Обоснованы и уточнены формулы для описания сложного движения режущих кромок ножей в параметрическом виде и минимально допустимой угловой скорости ротационного режущего аппарата, при которой скашивается 100% растений.

**Ключевые слова:** стебли растений, барабанный измельчитель, горизонтальная ось, нож, угол отклонения, шарнир, высота стерни.

**Проблема.** При роботі ротатійного різального апарата з шарнірним закріпленням ножів при скошуванні низькорослих рослин та стерні відбувається безпідірне скошування рослин. Згідно з роботою [1] для безпідпінного скошування сухих стебел пшениці швидкість ножа повинна становити не менше 1,3 м/с, в роботі [2] відповідно при скошуванні трав 40-45 м/с, в роботі [3] при скошуванні люпину 25 м/с, в роботах [4, 5] при скошуванні кукурудзи 20 м/с і в роботах [6, 7] сухих стебел бур'янів 80 м/с.

Багато дослідників робочого процесу ротатійних різальних апаратів вважають, що при його приведенні в обертальний рух ножі встановлюються в радіальні положення і зберігають таке положення при виконанні робочого процесу [8, 9].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Однак, аналіз взаємодії шарнірно закріпленого ножа такого різального апарата зі стеблами рослин показує, що коли не враховувати незначний момент сил тертя між шарніром закріплення ножа і його отвором, то зусилля, з яким цей ніж діє на стебло при радіальному розміщенні близьке до нуля і тільки після відхилення ножа від радіального положення на кут  $\alpha$ , відцентрова сила, що діє

на ніж, розкладається на радіальну і дотичну складові і саме дотична складова протидіє подальшому повороту ножа і забезпечує перерізування стебел рослин.

При роботі ротатійного різального апарата ніж відхиляється від радіального положення, незаперечно підтверджують експериментальні дослідження з використанням реокордних датчиків [10].

Однак, згідно з роботою [8], робочий процес такого різального апарата при скошуванні високорослих рослин здійснюється наступним чином. При русі агрегату передньою частиною кожуха, рослини нахилиються вперед і ножі подрібнювального барабана, різальні кромки яких рухаються з великою швидкістю, захоплюють рослини і притискують їх до протирізального упора і подрібнюють нахилені вперед стебла рослин.

Щоб унеможливити забивання різального апарата зазор між упором і ножом повинен бути не менше 12 мм. Стебла при проходженні через цей зазор попадають під повторні удари інших ножів, і подрібнюються.

Причому, скошування високостебельних рослин в роботі [8] розглядається, як безпідірне. Тому, для забезпечення перерізування стебел рослин, лінійна швидкість

різальних кромок ножів повинна перевищувати критичну для даної культури швидкість, тобто  $v_n > v_{кр}$ , а через параметри різального барабана:

$$v_{кр} < \frac{\pi n R}{30}, \quad (1)$$

де  $v_{кр}$  – критична швидкість безпідпiрного скошування рослин даної культури, м/с;

$n$  – частота обертання різального барабана, об/хв.<sup>-1</sup>;

$R$  – радіус кола обертання різальної кромки ножа, м;

В цій же роботі наведено рівняння руху різальної кромки ножа в параметричному вигляді:

$$\begin{aligned} x &= v_a t + R \sin \omega t, \\ y &= R \cos \omega t, \end{aligned} \quad (2)$$

де  $x$  і  $y$  – відповідно абсциса і ордината різальної кромки ножа, м;

$v_a$  – швидкість руху агрегату, м/с;

$t$  – час від початку роботи ножа подрiбноувального барабана, с.

Однак аналіз показує, що описаний робочий процес ротаційного різального апарата з горизонтальною віссю обертання не повністю відповідає його суті.

1. При нахиленні рослин передньою частиною кожуха, вони притискуються кожухом до попереду розміщених стебел. Тому, при перерізуванні цих затиснутих стебел ножами їм нікуди відхилитися і скошування не є безпідпiрним.

2. Стебла перерізуються в нахиленому положенні, а тому відбувається не поперечне перерізування стебел, а під гострим кутом до осі стебла, тобто відбувається їх косий зріз.

3. Ніякого забивання зазору між проти-різальним упором і ножем не може бути взагалі, оскільки ножі з тримачами з'єднані шарнірно і можуть відхилитися від цього упора.

4. В рівнянні (2) руху різальних кромок ножів не враховано відхилення ножів різального апарата від радіального положення при його роботі.

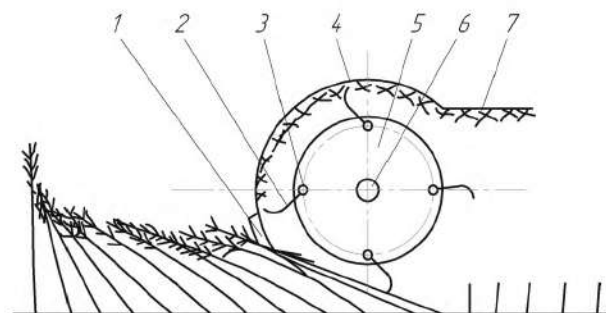
В роботі [8] взагалі не досліджувалась залежність висоти стерні і довжина подрiб-них частинок стебел від параметрів і режимів роботи різального апарата.

Тому, приведені в роботі [8] результати досліджень не дають можливості визначити оптимальні параметри ротаційного різального апарата з горизонтальною віссю обертання.

**Мета досліджень.** Уточнення робочого процесу ротаційного різального апарата з горизонтальною віссю обертання і визначення його оптимальних параметрів.

**Результати досліджень.** Робочий процес ротаційного різального апарата з горизонтальною віссю обертання здійснюється по-іншому (рис. 1).

Нахилені і притиснуті до попереду розміщених рослин, передньою частиною кожуха різального апарата стебла рослин скошуюються його ножами, зрізані кінці стебел піднімаються ножами уверх, притискуючись до леза протирізального упора і перерізуються, а відрізані частинки стебел подаються ножами уверх на внутрішню поверхню кожуха і під тиском ножів продовжують рух по ній, а після закінчення циліндричної поверхні кожуха частинки стебел під дією відцентрових сил віддаляються від різального барабана і щитом 7 спрямовуються на поверхню ґрунту.



**Рис. 1.** Технологічна схема подрiбноувача-розподілювача рослин і їх решток з горизонтальною віссю обертання при подрiбненні високорослих рослин: 1 - протирізальний упор; 2 - ніж; 3 - вісь ножа; 4 - кожух; 5 - дисковий тримач; 6 - вал барабана; 7 - щиток

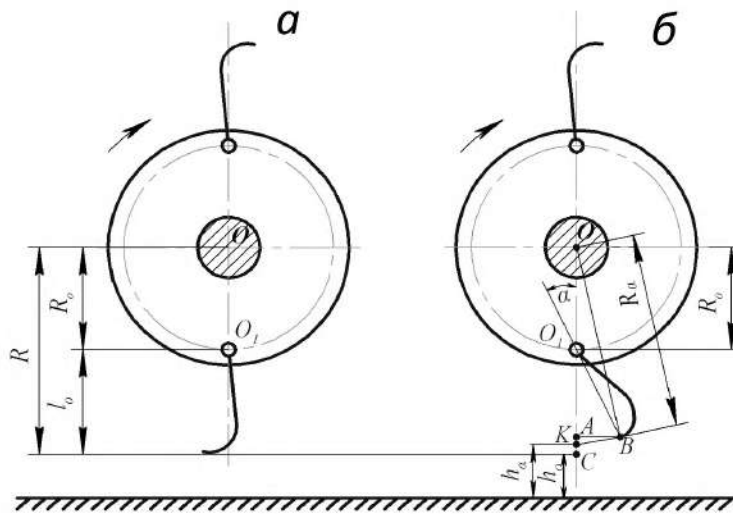
**Fig. 1.** Technological scheme of distributor-shredder plants and their remains with horizontal axis of rotation during the grinding of tall plants: 1 - cutting against the stop; 2 - knife; 3 - axis knife; 4 - cover; 5 - disc holder; 6 - drum shaft; 7 - shield

Причому ножами різального барабана захоплюються не тільки скошені ним стебла рослин, а й скошені та обрізані, або тільки обрізані попередніми ножами стебла, які також піднімаються ножами уверх, притискуються лезами ножів до різальної кромки протирізального упора, обрізуються і також рухаються по циліндричній частині кожуха до її закінчення, а потім розподіляються по поверхні ґрунту.

Згідно з роботою [8], ножі ротаційного різального апарата з горизонтальною віссю

обертання постійно знаходяться в радіальному положенні (рис. 2, а) і тому висота зрізу рослин дорівнює  $h_o$ .

Однак при роботі такого різального апарата, на робочій ділянці ножів, яка має найбільше практичне значення, вони, за рахунок опору рослин перерізуванню та транспортуванню по кожуху барабана, відхиляються від радіального положення на кут  $\alpha$  (рис. 2, б).



**Рис. 2.** Схема для визначення фактичних висоти зрізу рослин і рівняння руху різальних кромek ножів у параметричному вигляді: а) висота зрізування рослин; б) відхилення барабана від радіального положення на кут

**Fig. 2.** Scheme for the determination of factual height of the cut of plants and equations of motion cutting edges of knives in parametric form.

При цьому радіус кола обертання різальних кромek ножів при радіальному їх положенні дорівнює:

$$R = R_o + l_o, \quad (3)$$

де  $R$  – радіус кола обертання різальних кромek радіально розміщених ножів, м;

$R_o$  – радіус кола обертання осей шарнірів закріплення ножів, м;

$l_o$  – робоча довжина ножа при його радіальному положенні, м.

При відхиленні ножа від радіального положення на кут  $\alpha$  (рис. 2, б) радіус обертання різальної кромки ножа зменшиться і буде дорівнювати:

$$R_\alpha = OB, \quad (4)$$

де  $R_\alpha$  – радіус кола обертання різальних кромek ножів, при їх відхиленні від радіального положення на кут  $\alpha$ .

Для визначення радіуса  $R_\alpha$  розглянемо трикутники  $ABO$  і  $ABO_1$  (рис. 4, б).

Із трикутника  $ABO$ :

$$R_\alpha = OB = \sqrt{AB^2 + AO^2}. \quad (5)$$

Із трикутника  $ABO_1$ :

$$AB = O_1B \sin \alpha = l_o \sin \alpha. \quad (6)$$

Із трикутника  $ABO$ :

$$AO = R_o + AO_1. \quad (7)$$

Із трикутника  $ABO_1$ :

$$AO_1 = O_1B \cos \alpha = l_o \cos \alpha. \quad (8)$$

Після підстановки у вираз (5) значень  $AB$  із виразу (6) і  $AO_1$  із виразів (7) і (8) одержимо:

$$R_\alpha = OB = \sqrt{(l_o \sin \alpha)^2 + (R_o + l_o \cos \alpha)^2}. \quad (9)$$

Як видно із рис. 2, б при відхиленні ножа від радіального положення на кут  $\alpha$  радіус  $R_\alpha$  кола обертання різальних кромek

ножів зменшується, а оскільки при цьому відстань від осі різального барабана до поверхні ґрунту не змінюється, то висота перерізування стебел від поверхні ґрунту відповідно збільшиться і буде дорівнювати:

$$h_{\alpha} = h_0 + KC, \quad (10)$$

де  $h_{\alpha}$  – висота перерізування стебел рослин при відхиленні ножа від радіального положення на кут  $\alpha$ ;

$h_0$  – висота перерізування стебел рослин при радіальному розміщенні ножів.

Із рисунка 2, б маємо:

$$KC = R - R_{\alpha} = R_0 + l_0 - \sqrt{(l_0 \sin \alpha)^2 + (R_0 + l_0 \cos \alpha)^2}, \quad (11)$$

Після підстановки значення відрізка  $KC$  із залежності (11) в залежність (10) матимемо:

$$h_{\alpha} = h_0 + R_0 + l_0 - \sqrt{(l_0 \sin \alpha)^2 + (R_0 + l_0 \cos \alpha)^2}. \quad (12)$$

Необхідно відмітити, що при роботі барабанного різального апарата між висотою перерізування стебел рослин від поверхні ґрунту і висотою стерні є суттєва різниця. Причина в тому, що при роботі машини з таким різальним апаратом, передньою частиною його кожуха, стебла рослин нахиляються і якщо рослини низькорослі, або невисока стерня сільськогосподарських культур, то після їх попадання в кожух барабана вони випрямляються і тому скошуються безпідпирним способом у вертикальному положенні. В цьому випадку висота, зрізування рослин дорівнює висоті стерні. Якщо ж рослини, що скошуються високорослі, то їх стебла перерізуються в нахиленому стані, а після їх перерізування прикореневі частини стебел випрямляються і тому висота стерні стає вищою висоти перерізування стебел від поверхні ґрунту.

Необхідно також відмітити, що оскільки висота перерізування стебел рослин залежить від кута відхилення ножів барабана від радіального положення, то при використанні машин з такими різальними апаратами на полях зі строкатою урожайністю, висота стерні не буде однаковою по усьому полю, а там де урожайність більша, стерня буде вищою, оскільки на цій ділянці ножі будуть відхилятися на більший кут  $\alpha$  від радіального положення, а на ділянках з нижчою урожай-

ністю, навпаки висота стерні буде нижчою, оскільки ножі будуть менше відхилятися від радіального положення.

З урахуванням кута  $\alpha$  відхилення ножів від радіального положення і відповідного зменшення радіуса  $R_{\alpha}$  кола обертання різальних кромоч ножів рівняння (2) зміниться і буде мати вид:

$$\begin{aligned} x &= v_{\alpha} t + R_{\alpha} \sin \omega t; \\ y &= R_{\alpha} \cos \omega t. \end{aligned} \quad (13)$$

Або після підстановки значення  $R_{\alpha}$  із рівняння (9) одержимо:

$$\begin{aligned} x &= v_{\alpha} t + \sqrt{(l_0 \sin \alpha)^2 + (R_0 + l_0 \cos \alpha)^2} \sin \omega t; \\ y &= \sqrt{(l_0 \sin \alpha)^2 + (R_0 + l_0 \cos \alpha)^2} \cos \omega t. \end{aligned} \quad (14)$$

При роботі машини з барабанним різальним апаратом на полях з високостебельними рослинами їх стебла нахиляються передньою частиною кожуха барабана та розміщуються під кутом  $\beta$  до горизонту і в такому положенні скошуються.

При визначенні довжини стерні, яка залишається після роботи подрібнювача-розподільвача і довжини подрібнених частинок стебел допускаємо, що при нахиленні стебел рослин, передньою частиною кожуха барабана вони зберігають прямолінійність (рис. 3) на ділянці від поверхні ґрунту (точка  $B$ ) до протирізального упора (точка  $A$ ), різальний барабан обертається з постійною кутовою швидкістю  $\omega$  і подрібнювальний агрегат рухається рівномірно з швидкістю  $v_a$ .

При визначенні довжини стерні, яка залишається після роботи подрібнювача-розподільвача і довжини подрібнених частинок стебел допускаємо, що при нахиленні стебел рослин, передньою частиною кожуха барабана вони зберігають прямолінійність (рис. 3) на ділянці від поверхні ґрунту (точка  $B$ ) до протирізального упора (точка  $A$ ), різальний барабан обертається з постійною кутовою швидкістю  $\omega$  і подрібнювальний агрегат рухається рівномірно з швидкістю  $v_a$ .

Довжину стерні  $A'B$  при висоті розміщення різальної кромки ножа від поверхні ґрунту  $h_0$  (рис. 5) визначаємо із трикутника  $A'BC'$ :

$$A'B = \frac{A'C'}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{h_0}{\operatorname{tg} \beta}, \quad (15)$$

Тангенс  $\beta$  визначаємо із трикутника  $A'BC'$ :

$$\operatorname{tg}'\beta = \frac{AD}{A'D}, \quad (16)$$

де  $AD$  – відстань від різальної кромки протиризального упора до горизонтальної площини, що проходить через різальну

кромку ножа, який знаходиться на мінімальній відстані від поверхні ґрунту;

Після підстановки значення  $\operatorname{tg}\beta$  із залежності (16) в залежність (15) одержимо:

$$A'B = \frac{h_o A'D}{AD}, \quad (17)$$

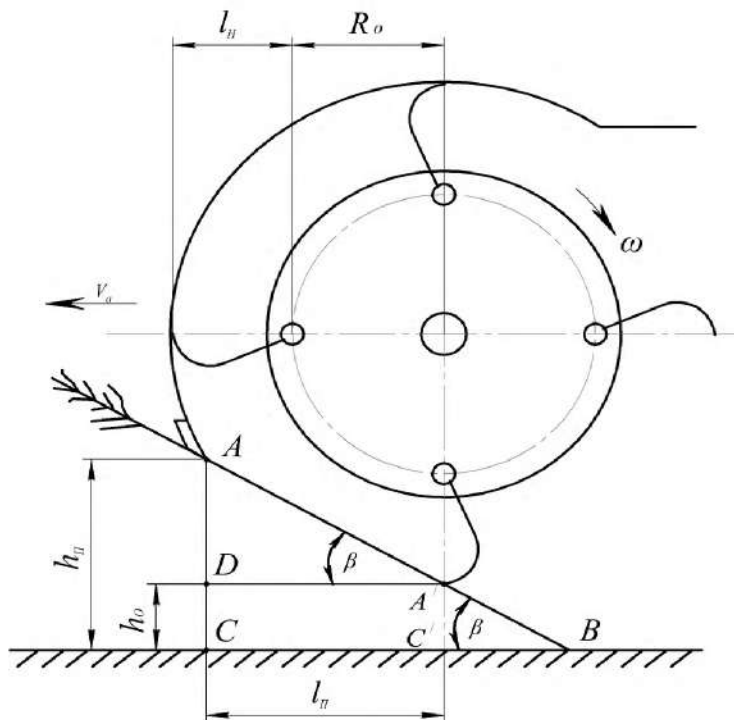


Рис. 3. Схема для визначення довжини стерні та подрібнених частинок стебел при скошуванні високостебельних рослин

Fig. 3. Scheme to determine the length of stubble and fine particles of cutting tall stalks of plants

Необхідно зауважити, що  $h_o$ ,  $A'D$  і  $AD$  є параметрами подрібнювача-розподільвача, а  $A'B$  довжина стернини. Причому після проходження агрегату, стернини, які нахилились кожухом барабана за рахунок пружної деформації, займають вертикальне положення і висота стерні буде дорівнювати її довжині, а ті, що згинались за рахунок пластичної деформації залишаються в похилому стані і висота стерні буде меншою її довжини.

Довжина частинок подрібнених стебел визначається із трикутника  $AA'D$  (рис. 3):

де  $l_n$  – довжина частинок подрібнених стебел, м;

$v_a$  – швидкість руху подрібнювального агрегату, м/с;

$Z_p$  – кількість рядів ножів подрібнювального барабана.

## Висновки

1. Уточнене рівняння складного руху різальних кромek ножів в параметричному вигляді наведено в залежностях (14).

2. При роботі подрібнювального барабана з горизонтальною віссю обертання, висота стерні залежить від кута відхилення ножів від радіального положення, тобто від опору стебел рослин різанню.

3. Довжина подрібнених різальним барабаном з горизонтальною віссю обертання частинок стебел рослин, пропорційно залежить від швидкості руху подрібнювального агрегату і обернено пропорційно кутовій швидкості барабана.

### Бібліографія

1. Карпенко А.Н. Экспериментальные исследования режущего аппарата уборочных машин // Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин. – М. – Л.: Сельхозгиз. – 1936. – С. 194 – 234.

2. Фомин В.И. Исследование бесподпорного среза трав // Труды ВИСХОМ. – М.: ОНТИ, 1962. – вып. 39. – С. 3 – 56.

3. Штомпель Б.Н. Исследование технологического процесса кошения трав ротационными косилками // Издательство Академии сельскохозяйственных наук БССР. – Минск. – 1961. – С. 3 – 18.

4. Шевцов Е.В. Анализ работы режущих аппаратов на уборке грубостебельных культур // Научные труды ВИЭСХ. – М.: ОНТИ, 1954. – Том XIII. – С. 141–156.

5. Шевцов В.В. Изыскание, исследование и расчет режущего аппарата несплошного среза для уборки грубостебельных культур: Автореф. ... канд. техн. наук. – М.: ВИМ, 1965 – 27с.

6. Bann T., Ogawa T. Studies on the gutting every of the rotay mover. // I. Soc. Agr. Mach. – Japan. – 1989. – №4. – P. 524–529 (англ.).

7. Randal D. Nulty P. Imakt cutting behavior of Forage Irops // Journal of Agricultural Engineering Research, 1990, №3, – P. 313-338 (англ.).

8. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Машини для заготівлі кормів. – Харків: ОКО, 2003. – Том II (частина 1). – 360 с.

9. Новиков Ю.Ф. Теория и расчет режущего аппарата для уборки грубостебельных лубяных культур // Сборник научно - исследовательских работ ВИСХОМ. – М.: ОНТИ, 1957. – Вып. 2. – С. 3–34.

10. Тудель Н.В., Кузьмич Я.А. Определение энергии резания при малых ее значениях и больших скоростях // Механизация и электрификации социалистического сельского хозяйства. – 1976. – №1. – С. 42.

### References

1. Karpenko A.N. Eksperimentalnyye issledovaniya rezhushchego aparata uborochnykh mashin // Teoriya, konstruktsiya i proizvodstvo sel'skokhozyaystvennykh mashin. – M. – L.: Selkhozgiz. – 1936. – S. 194 – 234.

2. Fomin V.I. Issledovaniye bespodpornogo sreza trav // Trudy VISKHOM. – M.: ONTI, 1962. – vyp. 39. – S. 3 – 56.

3. Shtompel B.N. Issledovaniye tekhnologicheskogo protsessa kosheniya trav rotatsionnymi kosilkami // Izdatelstvo Akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk BSSR. – Minsk. – 1961. – S. 3 – 18.

4. Shevtsov Ye.V. Analiz raboty rezhushchikh apparatov na uborke grubostebelnykh kultur // Nauchnyye trudy VIESKH. – M.: ONTI, 1954. – Tom III. – S. 141–156.

5. Shevtsov V.V. Izyskaniye, issledovaniye i

raschet rezhushchego apparata nesploshnogo sreza dlya uborki grubostebelnykh kultur: Avtoref. ... kand. tekhn. nauk. – M.: VIM, 1965 – 27 s.

6. Bann T., Ogawa T. Studies on the gutting every of the rotay mover. // I. Soc. Agr. Mach. – Japan. – 1989. – №4. – P. 524–529 (англ.).

7. Randal D. Nulty P. Imakt cutting behavior of Forage Irops // Journal of Agricultural Engineering Research, 1990, №3, – P. 313-338 (англ.).

8. Zaika P.M. Teoriya silskogospodarskikh mashin. Mashini dlya zagotivli kormiv. – Kharkiv: OKO, 2003. – Tom II (chastuna 1). – 360 s.

9. Novikov YU.F. Teoriya i raschet rezhushchego apparata dlya uborki grubostebelnykh lubyanykh kultur // Sbornik nauchno - issledovatel'skikh rabot VISKHOM. – M.: ONTI, 1957. – Vyp. 2. – S. 3–34.

10. Tudel N.V., Kuzmich YA.A. Opredeleniye energii rezaniya pri malykh yeye znacheniyakh i bolshikh skorostyakh // Mekhanizatsiya i elektrifikatsii sotsialisticheskogo sel'skogo khozyaystva. – 1976. – №1. – S. 42.

### References

1. Karpenko A.N. Experimental studies of the cutting harvesters // Theory, design and manufacture of agricultural machinery. - M. - L. : Selkhozgiz. - 1936. - P. 194 - 234.

2. Fomin V.I. Research cut grass // Proceedings VISKHOM. - M. : ONTI, 1962. - Vol. 39. - P - 3 - 56.

3. Shtompel B.N. The study of the process of mowing grass rotary mowers // Publisher BSSR Academy of Agricultural Sciences. - Minsk. - 1961. - P. 3 - 18.

4. Shevtsov E.V. Analysis of the cutting devices on harvesting rough-stemmed crops // Proceedings VIESH. - M. : ONTI, 1954. - Volume XIII. - P. 141-156.

5. V.V. Shevtsov Research, investigation and calculation of the cutting unit discontinuous cut for rough-stemmed crops harvesting: Author. ... Cand. tehn. Sciences. - M. : VIM, 1965. – 27p.

6. Bann T., Ogawa T. Studies on the gutting every of the rotay mover. // I. Soc. Agr. Mach. .. - Japan. - 1989. - №4. - P. 524-529 (Eng.).

7. Randal D. Nulty P. Imakt cutting behavior of Forage Irops // Journal of Agricultural Engineering Research, 1990, №3, - P. 313-338 (Eng.).

8. Zaika P.M. Theory of agricultural machines. Machines .. - Kharkiv: OKO, 2003 - Volume II (Chastina 1). – 360 p.

9. Novikov Yu. Theory and Design of the cutting unit for cleaning rough-stemmed fiber crops // Collection of scientific - research works VISKHOM. - M. : ONTI, 1957. - Vol. 2. - P. 3-34.

1. 10. Tudela N.V., Kuzmich J.A. Determination of cutting energy at low values and its high speeds // Mechanization and electrification of socialist agriculture. - 1976. - №1. - P. 42.