

REASONING ON PARAMETERS OF ROLLER WITH SPIRAL GROOVE OF FLAX PULLING MECHANISM

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВАЛЬЦЯ З ГВИНТОВИМ ПАЗОМ ЛЬОНОБРАЛЬНОГО АПАРАТА

Ph.D. Eng. Dudarev I., Ph.D. Eng. Zabrodotska L., Ph.D. Eng. Kirchuk R., Ph.D Eng. Taraymovich I.
Lutsk National Technical University / Ukraine

Tel: +38(0332)74-61-03; Fax: +38(0332)77-48-40; E-mail: rector@lutsk-ntu.com.ua; i_dudarev@ukr.net

Abstract: The design of the roller flax pulling mechanism is proposed, in order to eliminate the shortcomings of existing designs, and obtain dependence to justify its basic structural and kinematic parameters. The dependence of the change of stem moving along the working area of the roller flax pulling mechanism is obtained.

Keywords: flax, flax combine, roller flax pulling mechanism, flax band, design, spiral groove, parameters

INTRODUCTION

Flax harvesting units (flax combines, flax pullers) preferably have the belt pulling mechanisms. Pulling mechanisms in such design cause length of flax band, which is the result of considerable nipping width of the pulling sections. Belt pullers have a complex design and drive, as well as significant dimensions.

Inventors and scientists proposed design of units for the flax pullers [1-5], which work on different principles. However, most design solutions for various reasons have not been achieved. So, now the pressing issue is the development of the design of the unit for the flax puller to eliminate possible shortcomings of existing design, provide high-quality implementation process of flax pulling.

MATERIALS AND METHODS

Theoretical research is carried out using the methods of theoretical mechanics, theory of mechanisms and machines, mathematical modeling. Modeling of roller flax pulling mechanism with spiral groove was performed using software MathCAD.

RESULTS

For pulling of flax it is proposed to install the roller flax pulling mechanisms on harvesting unit (flax combine, flax pullers) (Fig. 1) [2]. Each pulling mechanism contains a pair of rollers with rubberized surface, one of which is made with spiral groove and the other roller being smooth. Rollers have the possibility to rotate towards one another in a direction which is shown in Fig. 1. From the side, the entrance of the stems into the gap between the rollers is equipped with a conical tip. The horizontal axis of roller rotation is parallel to the direction in which the roller unit is moving. Rollers of adjacent sections are located between the stem dividers. From dividers to the cross conveyor over the rollers and along the conveyor, at two levels the guide in the vertical plane is foreseen, which location forms a channel to move stems in the unit.

While driving the puller in the field, the dividers share the stems of flax and send them to the pulling sections of

Резюме: Запропоновано вальцьовий льонобральний апарат, що усуває недоліки існуючих конструкцій, та отримані залежності для обґрунтування його конструктивних і кінематичних параметрів. Отримано залежність зміни швидкості стебел вздовж робочої зони вальцьового льонобрального апарата.

Ключові слова: льон, льонокомбайн, вальцьовий бральний апарат, стрічка льону, конструкція, гвинтовий паз, параметри

ПЕРЕДУМОВА

Льонозбиральні агрегати (комбайни, льонобралки) переважно мають пасові бральні апарати. Апарати такої конструкції спричиняють розтягнутість стебел у стрічці, що зумовлена значною шириною захвату бральних секцій, а також мають складну конструкцію і привод та значні габаритні розміри.

Винахідниками та науковцями запропоновані конструкції льонобральних апаратів [1-5], які працюють за різним принципом. Однак більшість конструктивних рішень не було реалізовано на практиці. Тому, у даний час актуальним питанням є розробка конструкції брального апарата, яка б дозволила усунути недоліки існуючих конструкцій та забезпечила якісне виконання процесу брання льону.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКИ

Теоретичні дослідження ґрунтуються на положеннях теоретичної механіки, теорії механізмів і машин, математичного моделювання. Моделювання вальця з гвинтовим пазом проводилося за допомогою програмного забезпечення MathCAD.

РЕЗУЛЬТАТИ

Для брання льону пропонується на збиральному агрегаті (комбайн, льонобралка) встановлювати вальцьові бральні апарати (рис.1) [2]. Кожна бральна секція апарата містить пару вальців з прогумованою поверхнею, один з яких виконано з гвинтовим пазом, а другий валець виконано гладким. Вальці виконані з можливістю обертання назустріч один одному в напрямку, що показано на рис.1. Зі сторони входження стебел у зазор між вальцями вони мають конусоподібні наконечники. Горизонтальні осі обертання вальців паралельні напрямку руху агрегата. Вальці сусідніх бральних секцій розміщені між подільниками. Від подільників до поперечного транспортера над вальцями, а також вздовж транспортера передбачені спрямовувачі на двох рівнях у вертикальній площині, які своїм розміщенням утворюють канал для переміщення стебел апаратом.

Під час руху агрегата полем подільники направляють стебла у бральні секції. У секції стебла наконечниками

the roller flax pulling mechanism. In the pulling section, the stems are moved into the gaps between the rollers. Flax stems fall into spiral groove and as result of rotation of the rollers towards each other; they are extracted from the soil. The upper part of the stems moves through the channel formed by guides on two levels in the vertical plane, eliminating the possibility of winding up on the working surface of the machine and damages.

спрямовуються у зазор між вальцями. Стебла попадають у гвинтовий паз вальця і в результаті обертання вальців назустріч один одному витягуються з ґрунту, переміщаючись одночасно вгору і вздовж вальців у напрямку до поперечного транспортера. Верхня частина стебел рухається каналом, утвореним спрямовувачами на двох рівнях у вертикальній площині, що усуває можливість їх намотування на робочі поверхні і пошкодження.

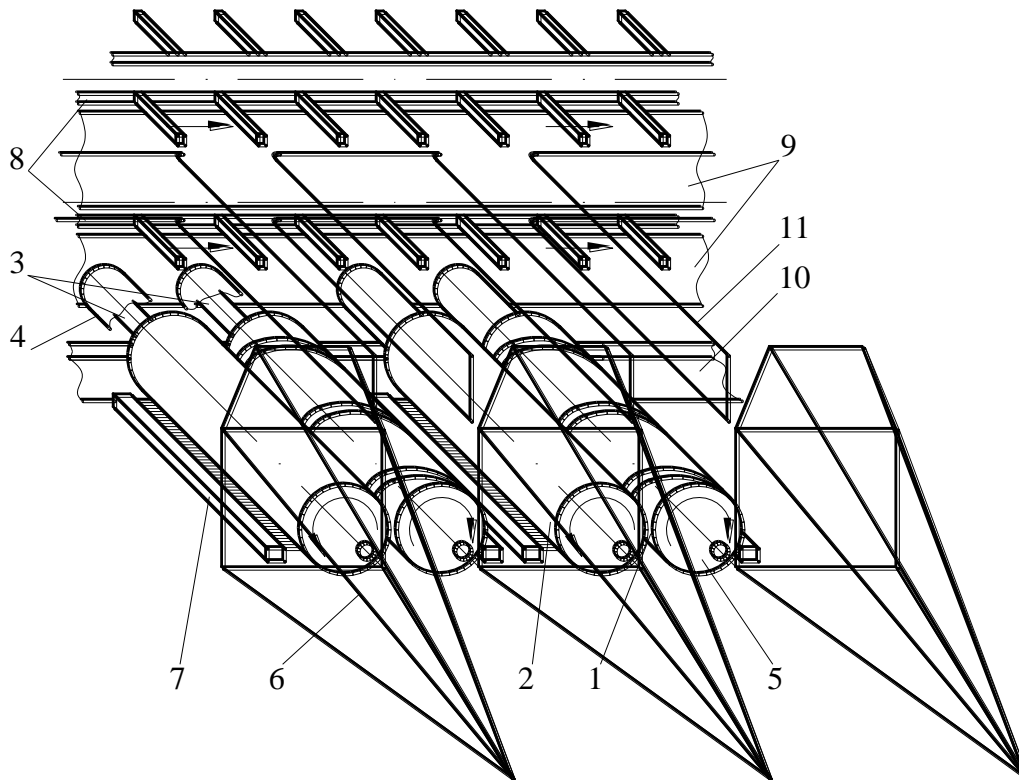


Fig. 1 - Roller flax puller / Вальцьовий бральний апарат

1 – roller with spiral groove / валець з гвинтовим пазом; 2 – smooth roller / гладкий валець; 3 – drive shaft / приводний вал; 4 – casing / кожух; 5 – cone-shaped lugs / конусоподібні наконечники; 6 – dividers / подільники; 7 – brush / щітка; 8 – cross conveyor / поперечний транспортер; 9 – steering plates / спрямовуючі пластини; 10 – steering path / спрямовуюча доріжка; 11 – guides / спрямовувачі

To take the flax stems with the roller pulling mechanism of the proposed design without the formation of congestion in the working zone of rollers, they need to be moved along the working area of rollers faster than puller moves through the field. The value of the angular speed of rotation of rollers can be determined from the condition:

Щоб відбулося брання стебел льону вальцьовим бральним апаратом запропонованої конструкції без утворення заторів у робочій зоні вальців, необхідно щоб стебла переміщалися вздовж робочої зони вальців швидше, ніж збиральний агрегат рухається полем. Значення кутової швидкості обертання вальців можна визначити з умови:

$$\omega \geq 2\pi V/p, \quad (1)$$

where: V – the puller speed in the field, m/s ; p – the step of the spiral groove of rollers, m .

де: V – швидкість переміщення агрегата полем, m/s ; p – крок гвинтового паза вальця, m .

The length of working zone of rollers in the pulling mechanism must be taken with condition that:

Довжину робочої зони вальців брального апарата необхідно приймати з умови:

$$l_{min} \leq l < l_{max}, \quad (2)$$

where: l_{min} – the minimum length of the working area of rollers that is needed to extract the stem root l_1 from the soil (Fig. 2), $l_{min} = \frac{p\varphi_1}{2\pi} = \frac{pl_1}{2\pi r}$, m ; φ_1 – the angle of rotation for the roller at which the flax root will be extracted from the soil, $rad.$; r – radius of the roller, m ; l_{max} – the maximum permissible length of the working

де: l_{min} – мінімальна довжина робочої зони вальців, що необхідна для витягування з ґрунту кореня льону довжиною l_1 (рис.2), $l_{min} = \frac{p\varphi_1}{2\pi} = \frac{pl_1}{2\pi r}$, m ; φ_1 – кут повороту вальця за якого з ґрунту буде витягнуто корінь, $rad.$; r – радіус вальця, m ; l_{max} – максимальна довжина робочої зони вальців, перевищення якої спричинятиме налипання частинок ґрунту на вальці,

area of rollers, excess of which will cause buildup of soil on rollers, $l_{max} = \frac{p\varphi_2}{2\pi} = \frac{pl_2}{2\pi r}$, m; φ_2 – roller angle at which the upper part of flax root reaches the axis of rotation of the rollers, rad.; l_2 – the distance from the axis of rotation of the rollers to the soil surface, m.

Analyzing the schemes of stems falling into the spiral groove of rollers at different level of spiral groove angle ψ (Fig. 3), we can conclude that the most favorable case for getting stem groove occurs when $\psi = 0$ rad. (Fig. 3 a), but in this case the transfer of stems along the roller work area will not happen. Increasing the angle value ψ creates unfavorable conditions for getting stems into spiral groove of rollers (Fig. 3 b, c), and thus the stems are not nipped and do not move along the work area to the cross conveyor rollers.

Thus, the smaller the angle ψ , the smaller the step p , the more favorable conditions are created for the efficient operation of the roller pulling mechanism. In case of the two rollers with the same step of the spiral groove the angle ψ is smaller in the roller with the bigger radius.

For an effective process of flax threshing in the flax combine, the flax band needs to be stretched to reduce its thickness. If we denote the thickness of the bands formed after the pulling sections with rollers having the spiral groove with constant step, through h , and the band thickness which enables the efficient threshing is through h_{opt} , than the flax stretching coefficient will be:

$$k = h/h_{opt}. \tag{3}$$

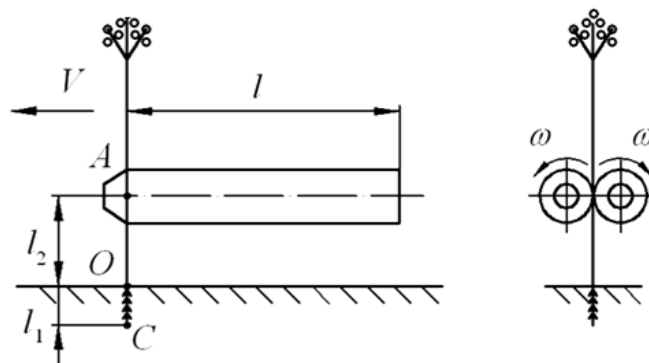


Fig. 2 - Model to determine the length of the working area of rollers / Розрахункова схема до визначення довжини робочої зони вальців

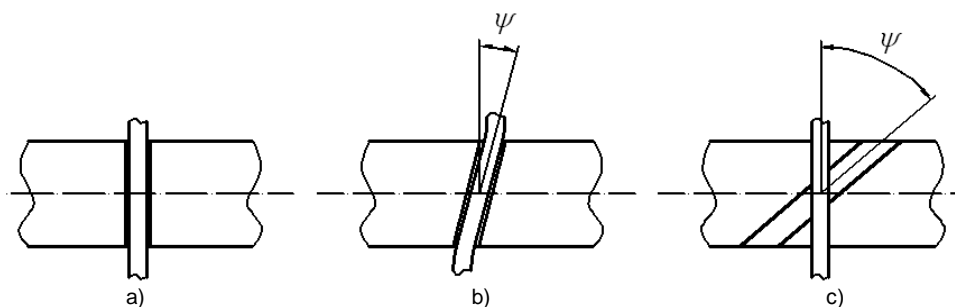


Fig. 3 - Model of flax stems position in spiral groove of roller / Схема розміщення стебла льону у гвинтовому пазу вальця:
 a – angle of climb spiral / кут підйому гвинтової лінії, $\psi = 0$ rad / рад;
 b, c – angle of climb spiral / кут підйому гвинтової лінії, $\psi > 0$ rad / рад

$l_{max} = \frac{p\varphi_2}{2\pi} = \frac{pl_2}{2\pi r}$, m; φ_2 – кут повороту вальця за якого верхня частина кореня досягне рівня осі обертання вальців, рад.; l_2 – відстань від осі обертання вальців до поверхні ґрунту, м.

Аналізуючи схеми потрапляння стебел у гвинтовий паз вальця за різних значень кута підйому гвинтової лінії паза ψ (рис.3), можна прийти до висновку, що найбільш сприятливий випадок для потрапляння стебла у паз, коли $\psi = 0$ рад. (рис.3 а), але тоді переміщення стебла вздовж робочої зони вальців не відбудеться. Збільшення значення кута ψ призводить до створення несприятливих умов для потрапляння стебел у гвинтовий паз (рис.3 б, с), стебла не захоплюються і не переміщуються уздовж робочої зони вальців до поперечного транспортера.

Чим менший кут ψ та крок p , тим більш сприятливі умови для ефективної роботи брального апарата. У двох вальців з однаковим кроком гвинтового паза кут ψ буде меншим у вальця, радіус якого більший.

Для ефективного обмолоту стрічки льону в молотильному пристрої комбайна, необхідно стрічку розтягнути для зменшення її товщини. Якщо позначити товщину стрічки, що сформована після бральних секцій з вальцями, які мають гвинтовий паз зі сталим кроком, через h , а товщину стрічки за якої відбувається ефективний її обмолот через h_{opt} , тоді коефіцієнт розтягування стрічки складе:

If the speed of the flax stem movement along the rollers with steady step of the spiral groove is V_0 , and thus the band thickness h is formed, then to stretch the band, its speed on the following transport mechanisms (cross conveyor, clamping belt) should be increased by k times:

$$V_{opt} = kV_0, \quad (4)$$

where: V_{opt} – the stretching speed of flax band by k times of the initial value, m/s .

Stretching the band should not be done on the transporting mechanisms but at the stage of pulling of flax stems. This is because stretching of band after pulling of stems from all the sections into a single flow will lead to breakage of the seed capsules because the flax inflorescence of the stems are tightly linked to each other.

The growth of movement speed of the stems in the pulling sections can be achieved either by increasing the value of the angular speed of roller rotation, or by increasing the spiral groove step. Growth of angular speed of rollers can make the pulling of stems from the soil less efficient and damage them. Increasing the step value also affects the nipping of the stems into pulling sections.

The change in stem speed to value V_{opt} may be ensured by installation of rollers with variable step of the of spiral groove into the pulling sections. Step size should increase from the initial value p_0 , which will provide favorable conditions for entering the stems into the spiral groove and nipping, till the final value p_k , through which the necessary stem speed value is achieved V_{opt} .

We use the dependence to determine the change of the stem movement speed along the working area of the roller pulling mechanism:

$$V_c(\varphi) = V_0 + (V_{opt} - V_0) \frac{\varphi}{\varphi_k}, \quad (5)$$

$$\frac{dz}{dt} = V_c(t) = V_0 \left(1 + (k_{p.cm} - 1) \frac{\omega t}{\varphi_k} \right), \quad (6)$$

where: φ – the angle of rotation of the roller with spiral groove (where $\varphi = \omega t$), $rad.$; t – time, s ; φ_k – the angle of rotation of the roller with spiral groove at which the stem reaches the end of the working area of rollers, $rad.$

The equations of the curve that describes in the system of coordinates xyz the spiral groove of the roller with variable step (Fig. 4 a, b), have the form:

$$\left. \begin{aligned} x(t) &= r \cos(\omega t); \\ y(t) &= r \sin(\omega t); \\ z(t) &= V_0 t \left(1 + (k_{p.cm} - 1) \frac{\omega t}{2\varphi_k} \right), \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

where: $0 \leq t \leq t_{opt} = \frac{\varphi_k}{\omega}$; r – the radius of the roller with spiral groove, m .

Якщо швидкість переміщення стебел льону вздовж вальців, які мають сталий крок гвинтового пазу, складає V_0 і при цьому формується стрічка товщиною h , тоді для розтягування стрічки її швидкість на наступних механізмах (поперечний та затискний транспортери) необхідно збільшити у k разів, тобто:

де: V_{opt} – швидкість стрічки за якої відбувається її розтягування у k разів від початкового значення, m/s .

Розтягування стрічки доцільно проводити не на транспортерах після брального апарата, а на етапі брання стебел. Це пояснюється тим, що розтягування стрічки після об'єднання потоку стебел з усіх секцій в єдину стрічку призводитиме до обриву насінневих коробочок, оскільки у сформованій стрічці верхівкові частини стебел міцно зчеплені між собою.

Зростання швидкості переміщення стебел у бральних секціях можна досягнути збільшенням кутової швидкості вальців або збільшенням кроку гвинтового пазу вальців. Зростання кутової швидкості може призвести до погіршення умов витягування стебел з ґрунту та їх пошкодження. Збільшення кроку також погіршує умови захоплення стебел вальцями, тобто їх попадання у гвинтовий паз вальців.

Забезпечити зміну швидкості стебел до значення V_{opt} можна за рахунок встановлення вальців зі змінним кроком гвинтового пазу. Крок гвинтового пазу має збільшуватися від початкового значення p_0 , за якого буде забезпечено умови для попадання стебел у гвинтовий паз і їх захоплення, до кінцевого значення p_k , за якого досягатиметься швидкість стебел V_{opt} .

Використаємо залежність для опису зміни швидкості стебел вздовж робочої зони вальцевого брального апарата:

де: φ – кут повороту вальця з гвинтовим пазом (де $\varphi = \omega t$), $rad.$; t – час, s ; φ_k – кут повороту вальця з гвинтовим пазом за якого стебло досягне кінця робочої зони вальців, $rad.$

Рівняння кривої, що описує у системі координат xyz гвинтовий паз вальця зі змінним кроком (рис.4 а, б), матимуть вигляд:

де: $0 \leq t \leq t_{opt} = \frac{\varphi_k}{\omega}$; r – радіус вальця з гвинтовим пазом, m .

Speed and cross-clamping transporters of the flax combine should be equal to V_{opt} .

Initial speed of the stems in rollers should be equal to the speed of the flax combine $V_0 = V$, and angular speed of rollers should be calculated as:

$$\omega = \frac{2\pi V_0}{P_0} \quad (8)$$

Taking into consideration the above, the favorable conditions for pulling of stems and efficiency of the next operations with the band will be ensured.

Швидкість поперечного та затискного транспортерів льонокомбайна доцільно приймати рівною V_{opt} .

Початкову швидкість переміщення стебел у вальцях доцільно приймати рівною швидкості переміщення комбайна $V_0 = V$, а кутову швидкість обертання вальців розрахувати за залежністю:

З врахуванням викладеного будуть забезпечені сприятливі умови для брання стебел та ефективного проведення наступних технологічних операцій зі стрічкою.

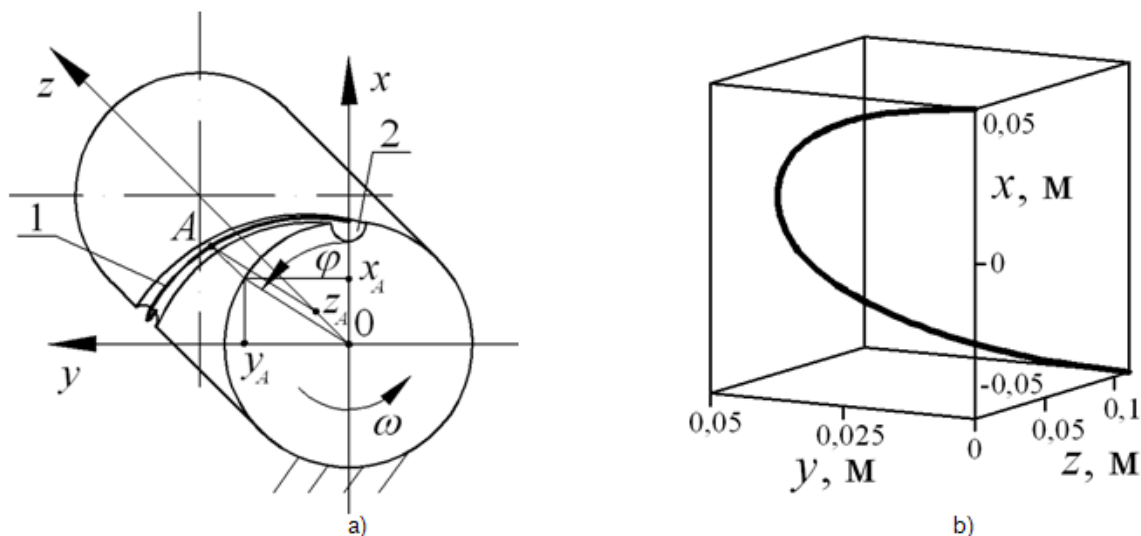


Fig. 4 - a) model of the spiral groove of roller / розрахункова схема вальця з гвинтовим пазом (1 – spiral line / гвинтова лінія; 2 – spiral groove / гвинтовий паз);

b) graphical dependence that describes the spiral groove of the roller with variable step in the system of coordinates xyz / графічна залежність, що описує у системі координат xyz гвинтовий паз вальця зі змінним кроком

(at / при: $r=0,05$ m; $k=1,8$; $\varphi_k = \pi$ rad.; $V_0=1,39$ m/s; $\omega=54,5$ rad./s)

CONCLUSIONS

The suggested construction of the roller flax pulling mechanism can be installed on flax harvesting machine (flax combine, flax puller). The obtained dependencies can justify the parameters of the roller with the spiral groove of the pulling mechanism in particular (the radius of the roller with spiral groove $r=0,05$ m; the angle of rotation of the roller with spiral groove at which the stem reaches the end of the working area of rollers $\varphi_k = \pi$ rad.; the angular speed of rotation of roller $\omega=54,5$ rad./s; the flax stretching coefficient $k=1,8$), the equation of the curve that describes the spiral groove of the roller with variable step, and the dependence of the change of stem moving along the working area of the roller flax pulling mechanism.

REFERENCES

- [1]. Bulgakov V., Horbovyi A., Holovach I. (2003) – Investigation of picking device oscillating motion in flax harvesting assembly // ТЕКА, Commission of motorization and power industry in agriculture, Volume III, Lublin 2003, pg. 39-44;
- [2]. Dudarev I.M. (2013) – Roller flax pulling mechanism, Patent №102634 Ukraine, IPC A01D45/06, A01F11/00; application 25.04.2012, publ. 25.07.2013, Bulletin №14;

ВИСНОВКИ

Запропоновано конструкцію вальцьового брального апарата, що може бути встановлений на льонозбиральному агрегаті (льонокомбайні, льонобралці). Отримано залежності, які дозволяють обґрунтувати параметри вальця з гвинтовим пазом брального апарата (радіус вальця з гвинтовим пазом $r=0,05$ м; кут повороту вальця з гвинтовим пазом за якого стебло досягне кінця робочої зони вальців $\varphi_k = \pi$ рад.; кутова швидкість вальця $\omega=54,5$ рад./с; коефіцієнт розтягування стрічки $k=1,8$) та рівняння кривої, що описує гвинтовий паз вальця зі змінним кроком, а також залежність зміни швидкості стебел вздовж робочої зони вальцьового льонобрального апарата.

БІБЛІОГРАФІЯ

- [1]. Булгаков В., Горбовий А., Головач І. (2003) – Дослідження роботи вібраційного льонобрального апарата // ТЕКА, Комісія по механізації та електрифікації в сільському господарстві, Том III, Люблін 2003, С. 39-44;
- [2]. Дударев І.М. (2013) – Вальцьовий льонобральний апарат, Пат. №102634 Україна, МПК А01D45/06, А01F11/00; заяв.25.04.12; опубл.25.07.13; Бюл. №14;

[3]. Kovalev M. (2005) – *Trends in the flax harvester improvement // Ecological aspects of mechanization of plant production*, Warszawa, pg. 231-234;

[4]. Nalobina H.A. (2008) – *Mechanical and technological bases of cooperation of flax combine working parts with vegetable material*. – The thesis submitted for the scientific degree of Doctor of Sciences (Engineering) by speciality – Machines and mechanization means of agricultural production. – National Agricultural University, Kyiv, 448 pg.;

[5]. Yukhymchuk S.F., Syniy S.V. (1998) – *Beltless flax harvesting machines // Farm Machinery: Collection of scientific articles № 4*. – Lutsk: Publication Department LSTU. pg. 197-200.

[3]. Ковальов М. (2005) – *Тенденції покращення льонокомбайна // Екологічні аспекти механізації рослинництва*, Варшава, С. 231-234;

[4]. Налобіна О.О. (2008) – *Механіко-технологічні основи процесів взаємодії робочих органів льонозбирального комбайна з рослинним матеріалом: дисертація доктора техн. наук за спеціальністю – Машина і засоби механізації сільськогосподарського виробництва*. – Національний аграрний університет, Київ, 448 с.;

[5]. Юхимчук С.Ф., Синій С.В. (1998) – *Безпасові льонобральні апарати // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст., № 4*. – Луцьк: Ред. відділ ЛДТУ, С. 197-200.