

УДК 677.11.021

**А.Ю. Лисих, канд. техн. наук***Первомайська філія НУК ім. адмірала Макарова, м. Первомайськ, Україна**E-mail: snezanad256@gmail.com*

## Розробка та розрахунок кінематичної схеми механізму для одержання короткого льоноволокна

Стаття присвячена розрахунку кінематичної схеми живильно-потоншувального та паралелізаційного механізму, який здійснює процес підготовки відходів тіпання лляного волокна до подальшої більш ефективної механічної переробки з метою одержання якісного короткого волокна.

**кінематична схема, паралелізаційний механізм, коефіцієнт потоншення, передатне відношення**

**А.Ю. Лысых, канд. техн. наук***Первомайский филиал НУК им. адмирала Макарова, г. Первомайск, Украина*

### Разработка и расчет кинематической схемы механизма для получения короткого льноволокна

Статья посвящена расчету кинематической схемы питательно-утоняющего и параллелизационного механизма, который осуществляет процесс подготовки отходов трепания льняного волокна к дальнейшей более эффективной механической переработке с целью получения качественного короткого волокна.

**кинематическая схема, параллелизационный механизм, коэффициент утонения, передаточное отношение**

**Постановка проблеми.** Існуючий кілковий живильник марки ПКМ призначений для паралелізації волокон відходів тіпання перед промином у м'яльній частині куделеприготувального агрегату. Але як показує його практичне застосування ступінь паралелізації вкрай низька з огляду на недосконалість технологічної операції пов'язаної з його конструктивними особливостями. Відомо, що застосування кілкового живильника нової, запропонованої конструкції забезпечує більш ефективно розпрямлення й паралелізацію волокон, полегшує їх подальшу механічну обробку, а отже сприяє підвищенню якості короткого волокна, але розрахунок цього живильника є технологічним і деякою мірою силовим [1]. Для здійснення на ньому технологічного процесу необхідно щоб ці параметри були отримані з застосуванням самої конструкції, яка потребує відповідної кінематичної схеми механізму та її розрахунку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Запропоновано модернізацію куделеприготувального агрегату КПАЛ шляхом заміни його тіпальної частини на дезінтегратор для інтенсифікації процесу очищення відходів тіпання та низькосортної трести. Використання комплектів гребінок забезпечує можливість зниження закростриченості короткого волокна, отриманого з відходів тіпання, з початковим вмістом костриці 52,03% до 1,80-1,89%, що в 9 разів менше порівняно з контрольним варіантом на куделеприготувальному агрегаті КПАЛ [2].

Розроблена модель процесу дроблення комплексів луб'яного волокна при різній кількості механічних дій. Представлена методика дозволяє прогнозувати дроблення комплексів луб'яного волокна під час механічних дій з боку робочих органів машин залежно від інтенсивності та кількості механічних дій.

Дослідження проводилося на експериментальному стенді, який являє собою набір м'яльних і рубальних вальців. Він складається з живильного транспортера, м'яльно-затискних вальців і рубальних вальців.

На підставі динамічного аналізу взаємодії пасма волокон, що несе відокремлювану частку костриці, з робочим органом показано, що ефективність виділення сміттевої домішки в процесі удару буде підвищуватися в міру розрідження волокнистого потоку, коли маса пучків волокон, що взаємодіють з робочим органом, буде наближатися до маси відокремлюваних часток костриці, що знаходяться в волокні.

Встановлено, що приріст дроблення комплексів луб'яного волокна зі збільшенням швидкості взаємодії відбувається інтенсивніше, ніж зі збільшенням числа механічних впливів. Отже, форсування процесу дроблення комплексів луб'яного волокна доцільніше здійснити не за рахунок збільшення числа механічних впливів, а за рахунок збільшення швидкості взаємодії [3].

Запропонована наукова концепція процесу отримання короткоштапельного луб'яного волокна, як послідовність або поєднання трьох головних процесів: зменшення довжини комплексів луб'яного волокна до заданої величини, стоншування цих комплексів, відділення сміттевих домішок.

Позитивний ефект технологічного процесу виділення костриці, розволокнення та очищення луб'яних комплексів досягається за рахунок підвищення інтенсивності процесу очищення, яке забезпечується завдяки ковзному згину-зламу та інерційним силам, утвореним під дією відцентрових сил. Даний ефект досягається завдяки тому, що два диски обертаються в одному напрямку, але з різною швидкістю. Це дозволяє уникнути критичного напруження та крутильного моменту, які призводять до закручування пасом волокна. Завдяки запропонованим змінам механічних дій відбувається більш ефективно очищення та розволокнення луб'яного сирцю [4].

**Постановка завдання.** Компоновка розробленої кінематичної схеми та її виконавчих механізмів в цілому відповідає загально прийнятим в механіці правилам, але у зв'язку з тим, що вона в перше розроблена то потребує відповідного розрахунку.

**Виклад основного матеріалу.** Відходи тіпання та коротке волокно, яке підлягає обробці на початковому етапі, взаємодіє з кілками пари кілкових барабанів. Зв'язок між швидкостями транспортування і ковзання матеріалу встановлений Левитським І.Н. [5].

Швидкість ковзання волокон при проходженні їх через кілкові барабани залежить від швидкості транспортування, кута нахилу кілків і фрикційних характеристик тертьової пари (кута тертя).

Передача руху шару волокна здійснюється від двох різних електродвигунів з однаковою кількістю обертів. Усю передачу можна розділити на:

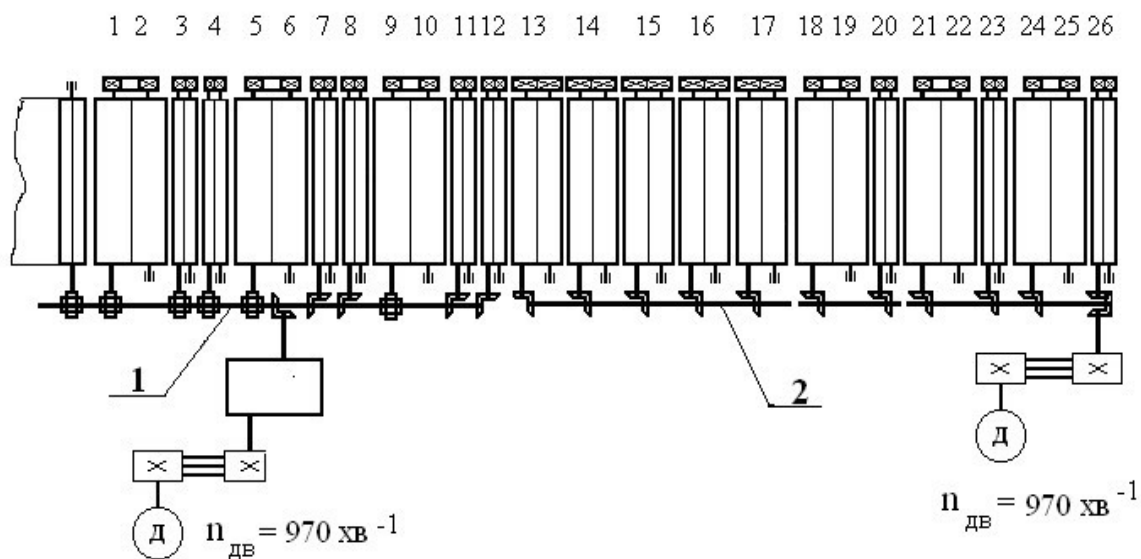
- привід кілкових барабанів і витяжних пар;
- привід м'яльної машини і паралелізатора.

Кінематичну схему механізму розволокнення та паралелізації короткого волокна наведено на рис. 1.

Для того, щоб забезпечити ефективну обробку шару волокна, товщина якого на початку технологічного процесу становить 250 мм, його необхідно потоншити до товщини приблизно 5 мм перед входом у м'яльну машину, тобто загальний коефіцієнт потоншення повинен дорівнювати  $i_{\text{заг}} \approx 50$ .

Необхідно також визначити витяжку на переходах технологічного процесу.

Кілкові барабани одержують обертання від приводу та головного поздовжнього вала живильно-потоншувального механізму, причому кожна наступна пара має більшу колову швидкість, ніж попередня пара.



- 1 – головний поздовжній вал живильно-потоншувального механізму;  
2 – головний поздовжній вал м'яльної машини та паралелізаційного механізму

Рисунок 1– Кінематична схема живильно-потоншувального та паралелізаційного механізму

Швидкість переміщення оброблюваного матеріалу визначалася з урахуванням коефіцієнта потоншення:

$$V_1 = V_2 = 3,73 \text{ м/хв}, \quad (1)$$

де  $V_1$  – колова швидкість нижнього кілкового барабана;  
 $V_2$  – колова швидкість верхнього кілкового барабана.

$$V_3 = V_4 = V_2 \cdot i_1 = 3,73 \cdot 2,19 = 8,17 \text{ м/хв}, \quad (2)$$

де  $V_3$  – колова швидкість нижнього вальця витяжної, потоншувальної пари;  
 $V_4$  – колова швидкість верхнього вальця витяжної, потоншувальної пари.

$$V_5 = V_6 = V_4 \cdot i_2 = 8,17 \cdot 2,19 = 17,89 \text{ м/хв.}, \quad (3)$$

$$V_7 = V_8 = V_6 \cdot i_3 = 17,89 \cdot 2,19 = 39,18 \text{ м/хв.}, \quad (4)$$

$$V_9 = V_{10} = V_8 \cdot i_4 = 39,18 \cdot 2,19 = 85,8 \text{ м/хв.}, \quad (5)$$

$$V_{11} = V_{12} = V_{13} \dots V_{17} = V_{20} = V_{10} \cdot i_5 = 85,8 \cdot 2,19 = 187,9 \text{ м/хв.}, \quad (6)$$

$$i_{\text{зар}} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot i_4 \cdot i_5 = 2,19 \cdot 2,19 \cdot 2,19 \cdot 2,19 \cdot 2,19 \approx 50, \quad (7)$$

де  $i_1, i_2, i_3, i_4, i_5$  – коефіцієнти потоншення.

Визначимо частоту обертання для кожного з комплектів, що складається з кілкового барабана й витяжної пари.

Оскільки діаметр першої пари кілкових барабанів дорівнює 0,4 м, частота обертання становитиме:

1. Частота обертання першої пари кілкових барабанів:

$$n_1 = n_2 = \frac{V_1}{\pi \cdot D_{61}} = \frac{3,73}{3,14 \cdot 0,4} = 2,97 \text{ хв}^{-1}, \quad (8)$$

де  $D_{61}$  – діаметр нижнього кілкового барабана.

2. Частота обертання першої витяжної пари вальців:

$$n_3 = n_4 = \frac{V_3}{\pi \cdot D_{63}} = \frac{8,17}{3,14 \cdot 0,1} = 26,02 \text{ хв}^{-1}, \quad (9)$$

де  $D_{63}$  – діаметр нижнього вальця витяжної пари.

4. Частота обертання кілкового барабана другого комплекту:

$$n_5 = n_6 = \frac{V_5}{\pi \cdot D_{65}} = \frac{17,89}{3,14 \cdot 0,4} = 14,24 \text{ хв}^{-1}. \quad (10)$$

5. Частота обертання другої витяжної пари:

$$n_7 = n_8 = \frac{V_7}{\pi \cdot D_{67}} = \frac{39,18}{3,14 \cdot 0,1} = 124,78 \text{ хв}^{-1}. \quad (11)$$

6. Частота обертання кілкового барабана третього комплекту:

$$n_9 = n_{10} = \frac{V_9}{\pi \cdot D_{69}} = \frac{85,8}{3,14 \cdot 0,4} = 68,31 \text{ хв}^{-1}. \quad (12)$$

7. Частота обертання третьої витяжної пари:

$$n_{11} = n_{12} = \frac{V_{11}}{\pi \cdot D_{611}} = \frac{187,9}{3,14 \cdot 0,1} = 598,41 \text{ хв}^{-1}. \quad (13)$$

М'яльна машина й паралелізатор одержують обертання від другого двигуна. Розрахуємо частоту обертання для цієї групи:

$$n_{13} = n_{14} = n_{15} = n_{16} = n_{17} = \frac{V_{13}}{\pi \cdot D_{613}} = \frac{187,9}{3,14 \cdot 0,25} = 239,36 \text{ хв}^{-1}. \quad (14)$$

У зв'язку з тим, що діаметр всіх кілкових барабанів паралелізатора дорівнює 500 мм, виходячи з конструктивних міркувань, частота обертання нижніх кілкових барабанів паралелізаційного комплексу становить:

$$n_{18} = n_{21} = n_{24} = \frac{V_{18}}{\pi \cdot D_{618}} = \frac{187,9}{3,14 \cdot 0,5} = 119,68 \text{ хв}^{-1}. \quad (15)$$

$$n_{20} = n_{23} = n_{26} = \frac{V_{20}}{\pi \cdot D_{e20}} = \frac{187,9}{3,14 \cdot 0,1} = 598,41 \text{ хв}^{-1}. \quad (16)$$

Для здійснення процесу паралелізації волокна верхні кілкові барабани такого ж діаметру обертаються в 1,5 рази швидше. Таким чином їх частота обертання становить:

$$n_{19} = n_{22} = n_{25} = n_{18} \cdot 1,5 = 119,68 \cdot 1,5 = 179,52 \text{ хв}^{-1}. \quad (17)$$

Згідно з кінематичною схемою, передача руху окремим органам експериментальної установки здійснюється пасовими і шестеренчастими передачами. Частоту обертання окремих робочих органів устаткування можна визначити за кінематичною схемою, використовуючи передатні відношення. Передатне відношення дорівнює відношенню куткових швидкостей або частот обертання органів, зв'язаних передачею.

Частоту обертання окремих органів розраховують за передачею від вала електродвигуна.

Визначимо передатне відношення привода для першої групи  $u_{прив1}$ , де частота обертання вала двигуна дорівнює  $970 \text{ хв}^{-1}$ , а частоту обертання  $n_{вал1}$  поздовжнього вала 1 приймаємо рівним  $n_7$ .

$$u_{прив1} = \frac{n_{дв}}{n_{вал1}} = \frac{970}{124,78} = 7,76. \quad (18)$$

Виходячи з числового значення передавального відношення привода приймаємо передавальне відношення пасової передачі  $u_{нас1} = 2,4$ . Таким чином передавальне відношення редуктора [6]:

$$u_{ред} = \frac{u_{прив1}}{u_{нас1}} = \frac{7,76}{2,4} = 3,20. \quad (19)$$

Розрахуємо передатне відношення для кожної групи запропонованого пристрою.

Передатні співвідношення для першої групи, в яку входять кілкові барабани й витяжні пари:

$$u_{31} = \frac{n_{вал1}}{n_1} = \frac{124,78}{2,97} = 20,90. \quad (20)$$

$$u_{33} = \frac{n_{вал1}}{n_3} = \frac{124,78}{26,02} = 4,80. \quad (21)$$

$$u_{35} = \frac{n_{вал1}}{n_5} = \frac{124,78}{14,24} = 8,76. \quad (22)$$

$$u_{37} = \frac{n_{вал1}}{n_7} = \frac{124,78}{124,78} = 1,00. \quad (23)$$

$$u_{39} = \frac{n_{вал1}}{n_9} = \frac{124,78}{68,31} = 1,83, \quad (24)$$

$$u_{311} = \frac{n_{вал1}}{n_{11}} = \frac{124,78}{598,41} = 0,21. \quad (25)$$

Передатні співвідношення для другої групи – м'яльна машина й паралелізатор визначаємо конструктивно приймаючи  $n_{вал2} = 179 \text{ хв}^{-1}$ :

$$u_{прив2} = \frac{n_{дв}}{n_{вал2}} = \frac{970}{179} = 5,42. \quad (26)$$

У якості одного з елементів привода приймаємо пасову передачу  $u_{нас2} = 5,42$ . Визначаємо передавальні відношення:

$$u_{313} = \frac{n_{вал2}}{n_{13}} = \frac{179}{239,36} = 0,75, \quad (27)$$

$$u_{313} = u_{314} = u_{315} = u_{316} = u_{317} = 0,75. \quad (28)$$

Визначаємо частоту обертання головного вала 2 за формулою:

$$u_{318} = \frac{n_{вал2}}{n_{18}} = \frac{179}{119,68} = 1,5. \quad (29)$$

Визначаємо передатні співвідношення для другої групи машин.

$$u_{318} = u_{321} = u_{324} = 1,5, \quad (30)$$

$$u_{320} = \frac{n_{вал2}}{n_{20}} = \frac{179}{598,41} = 0,3, \quad (31)$$

$$u_{320} = u_{323} = u_{326} = 0,3. \quad (30)$$

Проведені розрахунки швидкісних параметрів робочих органів і виконавчих механізмів дозволяють здійснити компоновку експериментальної установки та провести подальший розрахунок механізмів і деталей на міцність.

Перевірку теоретичних висновків і визначення залежності ступеня паралелізації короткого лляного волокна від параметрів обробки, які змінюються, було здійснено на експериментальній установці, що складається з живильно-потоншувального механізму, м'яльної машини з п'ятьма парами дрібнорифлених м'яльних вальців та паралелізатора.

Комплект кілкових барабанів живильно-потоншувального механізму здійснює часткове виділення вільної костриці, а також потоншення шару волокна. Основна операція – паралелізація волокон – виконується в паралелізаторі. Він складається з комплектів кілкових барабанів з кілками, що переміщуються всередину барабана за

рахунок зміщення центрів їх обертання відносно осі цього барабана, для запобігання захоплюванню й намотуванню волокна на барабани.

Перша секція експериментальної установки складається з живильного конвеєра, трьох пар кілкових барабанів, розташованих один над одним та двох витяжних рифлених вальців. Секція має індивідуальний привід. Вихідний вал пасової передачі кінематично зв'язаний з редуктором, тихохідний вал якого з'єднано за допомогою конічних шестерінок з головним поздовжнім валом, який передає рух живильному транспортеру і трьом парам кілкових барабанів з витяжними вальцями.

**Висновки.** Розроблено дослідну експериментальну установку для одержання короткого лляного волокна підвищеної якості з відходів тіпання, до складу якої входять нові механізми: живильник-потоншувач, м'яльна машина з дрібнорифленими вальцями та паралелізатор.

Проведено розрахунок кінематичної схеми та швидкісних параметрів робочих органів експериментальної установки. Для здійснення процесу паралелізації застосовано кілкові барабани з площинно-конусними кілками, які переміщуються всередину барабана за рахунок зміщення центрів їх обертання.

## Список літератури

1. Лисих А.Ю. Механічний процес підготовки сировини для одержання короткого лляного волокна [Текст] / А.Ю. Лисих // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип.47, ч.ІІ. – Кропивницький: ЦНТУ, 2017. – С. 123-130.
2. Соболев О.А. Удосконалення технології одержання короткого лляного волокна з відходів тіпання [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.18.01 „Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів” / О.А. Соболев. – Херсон, 2010. – 26 с.
3. Круглий Д.Г. Модель процесу дроблення технічних комплексів луб'яного волокна при механічних впливах [Текст] / Д.Г. Круглий, К.М. Клевцов. // Вестник Херсонского нац. технического университета. – 2017. – № 60 (1). – С. 113-119.
4. Круглий Д.Г. Развитие научных основ инновационных технологий одержання луб'яних волокон цільового призначення [Текст] : дис. ... доктора тех. наук: 05.18.02 / Круглий Дмитро Георгійович. – Херсон, 2017. – 359 с.
5. Левицкий И.Н. Общие черты различных способов механической обработки стеблевых материалов [Текст] / И.Н. Левицкий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1976. – 1. – С. 41-43.
6. Иванов М.Н. Детали машин [Текст] : Учебник для студ. вузов. / М.Н. Иванов. – изд.3-е, доп. и пер. – М.: Высш. школа, 1976. – 399 с.

## References

1. Lysykh, A.Yu. (2017). Mekhanichnyj protses pidhotovky syrovyny dlia oderzhannia korotkoho llianoho volokna [Mechanic process of preparation of raw material for the receipt of short linen fibre]. *Zagaljnoderzhavnyj mizhvidomchyj naukovo-tekhnichnyj zbirnyk. Konstrujuvannja, vyrobnyctvo ta ekspluatacija sil'sjkoğospodarsjkykh mashyn – National Interagency Scientific and Technical Collection of Works. Design, Production and Exploitation of Agricultural Machines, Vol.47, part.II, 123-130.*
2. Sobolev, O.A. (2010). Udoskonalennia tekhnolohii oderzhannia korotkoho llianoho volokna z vidkhodiv tipannia [Improvement of the technology of obtaining short flax fiber from waste products]. *Extended abstract of candidate's thesis.* Kherson.
3. Kruhlyj, D.H. & Klevtsov, K.M. (2017). Model' protsesu droblennia tekhnichnykh kompleksiv lub'ianoho volokna pry mekhanichnykh vplyvakh [Model of the crushing technical complexes bast fibers by mechanical action]. *Vestnyk Khersonskoho nats. tekhnicheskoho unyversyteta – Herald of Kherson national technical university. 60 (1), 113-119.*
4. Kruhlyj, D.H. (2017). Rozvytok naukovykh osnov innovatsijnykh tekhnolohij oderzhannia lub'ianykh volokon tsil'ovoho pryznachennia [Development of scientific bases of innovative technologies for obtaining bird fibers of special purpose]. *Doctor's thesis.* Kherson.

5. Levickij, I.N. (1976). Obshhie cherty razlichnyh sposobov mehanicheskoy obrabotki stblevyh materialov [General features of various methods of machining stems materials]. *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti – News of universities. Technology of textile industry*, 1, 41-43.
6. Ivanov, M.N. (1976). *Machine parts*. (3d ed). Moscow: „Vyssh. shkola”.

**Alla Lisikh, PhD. tech. sci.**

*Pervomasky branch of the Mykolaiv university of shipbuilding of the name of admiral Makarov, Pervomaysk, Ukraine*

### **Development and Calculation of the Kinematic Circuit of the Mechanism for Reception of a Short Flax Fiber**

The article is devoted to the calculation of the kinematic scheme of the nutrient-quenching and parallelization mechanism, which carries out the process of preparation of flax fiber scrap waste for further more efficient mechanical processing in order to obtain a qualitative short fiber.

According to the kinematic scheme, the transfer of movement to individual organs of the experimental setup is carried out by belt and gear gears. The rotation frequency of the individual operating mechanisms of the equipment is determined by the kinematic scheme using gear ratios. The gear ratio is equal to the ratio of the angular velocities or rotation frequencies of the bodies connected by transmission. Determination of the dependence of the degree of parallelization of short flax fiber was carried out in an experimental setup consisting of a nutritional-drying mechanism, a chopping machine with five pairs of finely chopped milling rolls and a parallelizer.

A research experimental setup has been developed to produce a short linen fiber of improved quality from scrap waste. The calculation of the kinematic scheme and the speed parameters of the working organs of the experimental setup is carried out.

**kinematic scheme, parallelization mechanism, coefficient of thinning, gear ratio**

*Одержано (Received) 18.05.2018*

**УДК 631.894:879.4**

**С.І. Павленко, доц., канд. техн. наук, ст. наук. співр.**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна, E-mail: si.pavlenko17@gmail.com*

## **Виробничі випробування технології механізованого компостування органічних відходів з використанням аератора-змішувача**

Проведений системний аналіз поводження з органічними відходами, існуючий в господарстві на фермі великої рогатої худоби стійлового утримання. Результати аналізу узагальнені у вигляді таблиці, що розглядає технологічний процес, операції та склад технічних засобів та матеріалів і значення показників операції. Сформовані робочі гіпотези по покращенню технології поводження з органічними відходами на основі вдосконалення технологічних прийомів циклу, яким необхідно повести експериментальну перевірку:

– формування буртів при суцільному складуванні гноєвих сумішей за рахунок створення проходів шириною до 2-3 м в середовищі сировини вологістю до 75 % за допомогою бульдозера або іншого технічного засобу;

– формування буртів при вивантаженні гноєкомпостної суміші на майданчик при транспортуванні сировини самоскидним тракторним причепом або розкидачем органічних добрив, що агрегатуються з трактором МТЗ-80;

– укрупнення буртів з використанням бульдозера;

– покращення аерації за рахунок використання аератора-змішувача, конструкції ІМТ НААН України.

© С.І. Павленко, 2018