

ПРО НЕЛІНІЙНУ МОДЕЛЬ РУХУ ЗЕРНОСУМІШІ ЗМІННОЇ ПОРИСТОСТІ ПО ПЛОСКОМУ ВІБРОРЕШЕТУ

**В. П. Ольшанський,
В. В. Бурлака,
М. В. Сліпченко,
С. О. Харченко**

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

На підставі континуальної моделі, з використанням квадратичної реологічної залежності типу Севіджа, виведено та апробовано розрахунками формули для обчислення руху дрібнозернистої суміші по плоскому віброрешету, нахиленому до горизонту. При цьому зміна концентрації зернівок або питомої маси суміші по товщині рухомого шару, апроксимована степеневою функцією методом Ейткена. Завдяки вказаній апроксимації вдалося аналітичним способом проінтегрувати нелінійне диференціальне рівняння зернопотоку, а також вивести наближені формули для обчислення продуктивності решета. Досліджено вплив різних чинників, зокрема значень реологічних сталих, на розрахункові кінематичні характеристики руху. Проведено порівняння результатів обчислень за різними формулами.

Ключові слова: *плоске нахилене віброрешето, усталений зернопотік, змінна пористість, квадратичний в'язкий опір, залишкове сухе тертя, швидкість руху, продуктивність решета.*

Постановка проблеми. Від швидкості руху зерноsumіші по віброрешету залежить якість сепарування зернового матеріалу і продуктивність очисної техніки. Збільшення швидкості зернопотоку супроводжується збільшенням продуктивності віброрешета, але при цьому може погіршитись якість сепарування (зменшитись відсотки відсепарованої фракції). Тому раціональне використання зерноочисної техніки тісно пов'язане з аналізом впливу різних чинників на швидкість зернопотоку, що можна оперативнo провести за допомогою адекватних математичних моделей. Отже, розробка математичних моделей зернопотоків по решетах відноситься до актуальних науково-прикладних задач.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Один із перших, хто започаткував дослідження у вказаному вище напрямі, був П.М. Василенко [1]. В своїй монографії він розглянув рух окремої зернини, як матеріальної частинки, по решету, а також розробив теорію просіювання зернини через отвір. Цей напрям математичного моделювання потім розвивався багатьма дослідниками. Але, в зв'язку зі зростанням завантаження решіт, виникла потреба моделювати не тільки рух окремої зернини, а і рух шару суміші. Тому довелося створювати нові варіанти моделей зернопотоків, спираючись на досягнення механіки суцільного середовища, на чому зупинимось більш детально.

Так, поряд із лінійними, останнім часом було розроблено і нелінійні континуальні моделі руху шару віброзріджених сипких матеріалів. Роботи, присвячені нелінійним теоріям руху вібро-сепарованих зерноsumішей по нахиленому плоскому та вертикальному циліндричному решетах, подано в [2]. Але там розглянуто лише стаціонарні зернопотоки, без урахування зміни пористості

sumіші по товщині рухомого шару сипкого матеріалу. Теорії, де враховано зміну пористості (або питомої маси) сипкого середовища під час вібро-решітного сепарування, розроблено в [3-5]. У цих роботах проводили числове комп'ютерне інтегрування спеціально складених нелінійних диференціальних рівнянь. Спочатку визначали зміну концентрації зерен по товщині шару суміші, спричинену вібраціями та дією сили гравітації, а потім одержані числові результати використовували при розрахунку кінематичних характеристик зернопотоку по решету. Дотичні напруження у вібро-зрідженій зерноsumіші, аналогічно [6, 7], вважали пропорційними швидкості деформації зсуву. На відміну від згаданих публікацій, тут в основу теорії покладена нелінійна реологічна залежність типу Севіджа [8, 9], де дотичне напруження пропорційне квадрату швидкості деформації зсуву та врахована наявність у сипкому середовищі залишкового сухого тертя після переходу його у віброзріджений стан. Щоб не проводити числове інтегрування нелінійного диференційного рівняння другого порядку, при визначенні зміни концентрації зернівок по товщині рухомого шару, тут запроваджена степенева апроксимація концентрації методом Ейткена [10]. Внаслідок такого спрощення одержано високоточні розрахункові формули для обчислення швидкості руху неоднорідної зерноsumіші змінної питомої маси та для обчислення продуктивності віброрешета.

Метою роботи є розробка нового аналітичного способу розрахунку руху дрібнозернистої суміші змінної пористості по плоскому віброрешету та апробація виведених формул.

Основна частина роботи. При викладенні матеріалу статті використаємо розрахункову схему з рис. 1.

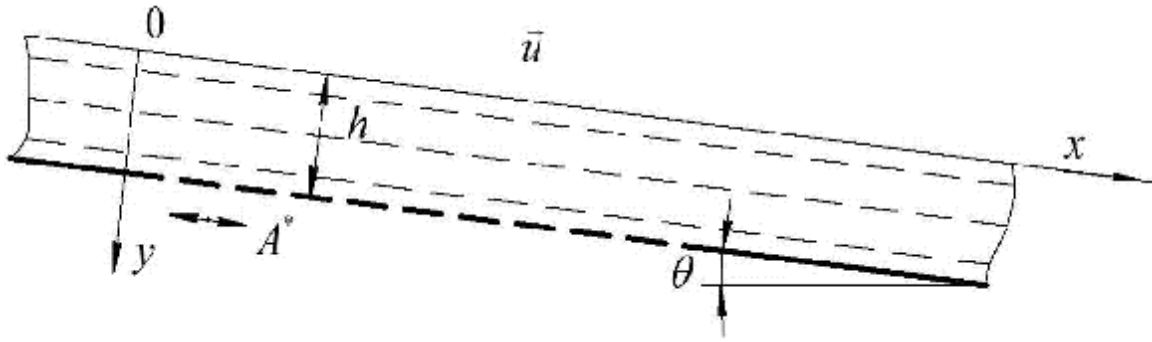


Рис. 1. Розрахункова схема руху шару зернової суміші на плоскому віброрешеті

Тут h - товщина рухомого шару суміші; Q - кут нахилу решета до горизонту; A^* - амплітуда повздовжніх коливань решета з круговою частотою ω ; x, y - відповідно повздовжня і поперечна координати; $u = u(y)$ - швидкість зернопотоку в напрямі вісі Ox .

Дотичне напруження t в суміші задовольняє диференційному рівнянню [2]:

$$\frac{dt}{dy} = -gg \sin q n(y), \quad (1)$$

де g - питома маса матеріалу зернини; g - прискорення вільного падіння; $n(y)$ - концентрація зерен, пов'язана з пористістю суміші $e(y)$ залежністю:

$$e(y) = 1 - n(y).$$

Проінтегрувавши (1) при умові, що $t(0) = 0$, одержуємо:

$$t(y) = -gg \sin q \int_0^y n(t) dt. \quad (2)$$

Щоб вивести рівняння руху, використаємо реологічну залежність типу Севіджа [2]:

$$t(y) = \frac{m}{c} \frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial^2}{\partial t^2} + f \times p(y) \frac{\partial u}{\partial t} \frac{\partial^2}{\partial y \partial t} \quad (3)$$

де m, f - реологічні константи; $p(y)$ - надлишковий внутрішній тиск у суміші.

Оскільки:

$$p(y) = gg \cos q \int_0^y n(t) dt,$$

а $\frac{du}{dy} < 0$, то із рівності правих частин в (2)

і (3) випливає, що:

$$m \frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial^2}{\partial t^2} = gg (\sin q - f \cos q) \int_0^y n(t) dt$$

Звідки, при $\sin q - f \cos q > 0$, одержуємо:

$$\frac{du}{dy} = - \frac{gg}{c} (\sin q - f \cos q) \int_0^y n(t) dt \frac{\partial u}{\partial t} \quad (4)$$

Це диференціальне рівняння зернопотоку будемо інтегрувати при умові, що:

$$u(h) = u_0, \quad (5)$$

де u_0 - швидкість ковзання суміші по поверхні решета.

Задача Коші, подана виразами (4), (5), має розв'язок у вигляді квадратури:

$$u = c \int_0^h \int_0^y n(t) dt dy + u_0, \quad (6)$$

причому

$$c = \sqrt{\frac{gg}{m} (\sin q - f \cos q)}; \sin q - f \cos q > 0.$$

Аналіз табличних даних в [11] показує, що розподіл концентрації зернівок по координаті y , $y \in [0; h]$, можна апроксимувати степеневою функцією:

$$n(y) = n_0 (1 + ay^l), \quad (7)$$

$$\text{де } a = 1,028 \frac{gg \cos q}{c} \frac{\partial u}{\partial t} \frac{\partial^2}{\partial y \partial t} \frac{1}{2ay n_0} \frac{1}{\partial} ; \quad l = 1,579;$$

$n_0 = n(0)$ - концентрація зерен біля вільної поверхні рухомого шару, a - феноменологічна стала, що залежить від стану поверхні решета (наявності ребер, рифлів, тощо).

Про степеневу функцію типу (7) йдеться також в роботі [12].

Множник u залежить від амплітуди і частоти коливань решета та від коефіцієнта внутрішнього тертя f_0 , який має суміш у стані спокою. Для обчислення u в [3-5] запропоновано формули:

$$u = \frac{\sqrt{1+j^2} - j}{j}; \quad j = \frac{f_0}{2} (1 + e^{-B}); \quad B = \frac{A^* \omega^2}{g}$$

Підстановка (7) в (6) дає:

$$u(y) = c\sqrt{n_0} \int_0^h \sqrt{s(1+bs^l)} ds, \quad (8)$$

де $b = a / (1+l)$.

Інтеграл в (8) не виражається в елементарних функціях, але його можна подати у вигляді

$$u(y) = c\sqrt{n_0} \frac{h^2}{2} (h^{3/2} - y^{3/2}) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a^n}{2^n} \frac{b^n}{n!} \frac{h^{1+n+3/2} - y^{1+n+3/2}}{1+n+3/2} \quad (9)$$

Для практичних розрахунків доводиться замінити ряд в (9) частковою його сумою. Так, у

$$u(y) \approx c\sqrt{n_0} \frac{h^2}{2} (h^{3/2} - y^{3/2}) + \frac{b h^{1+3/2} - y^{1+3/2}}{2(1+3/2)} - \frac{b^2 h^{2+3/2} - y^{2+3/2}}{8(2+3/2)} \quad (10)$$

Можливі й інші варіанти наближеного обчислення інтеграла. Враховуючи те, що на проміжку інтегрування $bs^l < 1$, замінимо $\sqrt{1+bs^l}$ сталим значенням $\sqrt{1+b \frac{ay+h}{2}}$. Тоді:

$$\int_0^h \sqrt{s(1+bs^l)} ds = \int_0^h \sqrt{s \left(1+b \frac{ay+h}{2}\right)} ds + \int_0^h \sqrt{s} \left(\sqrt{1+bs^l} - \sqrt{1+b \frac{ay+h}{2}} \right) ds \quad (11)$$

ряду. Для цього скористаємося виразом:

$$\sqrt{1+bs^l} = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{b^n s^{ln}}{2^n n!}$$

Підставивши його в (8), отримуємо:

двохчленному наближенні, одержуємо наступну розрахункову формулу швидкості зернопотоку:

$$u(y) \approx \frac{2}{3} c\sqrt{n_0} \sqrt{1+b \frac{ay+h}{2}} (h^{3/2} - y^{3/2}) \quad (11)$$

Більш точний результат легко одержати використати формулу Сімпсона [10] та вираз:

Після наближеного обчислення другого доданку, отримуємо:

$$u(y) = c\sqrt{n_0} \left[\frac{2}{3} \sqrt{1+b \frac{ay+h}{2}} (h^{3/2} - y^{3/2}) + \frac{h-y}{6} \sqrt{y} \left(\sqrt{1+by^l} - \sqrt{1+b \frac{ay+h}{2}} \right) + \frac{h-y}{6} \sqrt{h} \left(\sqrt{1+bh^l} - \sqrt{1+b \frac{ay+h}{2}} \right) \right] \quad (12)$$

Уточнення формули (11) досягаємо за рахунок доданків з множником $\frac{h-y}{6}$, до яких призводить формула Сімпсона.

Щоб вивести формулу продуктивності віброрешета P , з шириною робочої частини H , обчислимо інтеграл:

$$P = c n_0 \sqrt{n_0} H g \int_0^h \frac{2}{5} h^{5/2} + \frac{ah^{1+5/2}}{(l+1)(l+5/2)} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a^n}{2^n} \frac{b^n}{n!} \frac{h^{1+n+5/2} - y^{1+n+5/2}}{(l+1)(n+5/2)} \quad (13)$$

Замінивши його частковою сумою із двох членів, отримуємо наближену формулу:

$$P \approx c n_0 \sqrt{n_0} H g \left[\frac{2}{5} h^{5/2} + \frac{ah^{1+5/2}}{(l+1)(l+5/2)} + \frac{b h^{1+5/2}}{2(l+5/2)} + \frac{ah^{2+5/2}}{(l+1)(2l+5/2)} - \frac{b^2 h^{2+5/2}}{8(2l+5/2)} + \frac{ah^{3+5/2}}{(l+1)(3l+5/2)} \right] \quad (13)$$

Отже, при розрахунках кінематичних параметрів зернопотоку можна обійтись без числового інтегрування диференціальних рівнянь.

Проаналізуємо результати розрахунків, проведених при $A^* = 0,0075 м$; $w = 41,86 с^{-1}$; $q = 8^\circ$;

$$P = g H \int_0^h u(y) d(y)$$

Підставивши сюди вирази (7) і (9), одержуємо ряд:

$g = 1350 кг / м^3$; $f_0 = 0,47$; $u_0 = 0$; $h = 0,012 м$ та різних n_0, m, f .

Обчисленні чотирма способами значення швидкості руху на вільній поверхні суміші при

$n_0 = 0,4$ та різних m, f записано в табл. 1. Порівняльний аналіз показує, що із наближених формул найбільш точна (10), а найменш точна

(11), хоча розбіжності результатів, до яких вони призводять, невеликі. Швидкість руху суттєво залежить від значень реологічних сталих.

Таблиця 1. Швидкості зернопотоку при різних m, f

$m, Па\cdot c^2$	f	Числ. інт. в (8)	Форм. (10)	Форм. (11)	Форм. (12)
		Значення $10u(0), м/с$			
0,010	0,005	2,437	2,437	2,407	2,440
0,010	0,020	2,299	2,298	2,270	2,301
0,010	0,080	1,629	1,629	1,609	1,631
0,015	0,005	1,990	1,990	1,965	1,992
0,015	0,020	1,877	1,877	1,853	1,879
0,015	0,080	1,330	1,330	1,313	1,332
0,020	0,005	1,723	1,722	1,701	1,725
0,020	0,020	1,625	1,625	1,605	1,627
0,020	0,080	1,152	1,152	1,137	1,153

Обчислення приведено при $m = 0,015 Па\cdot c^2$; $f = 0,05$; $n_0 = 0,4$ і вказаних вище решті даних. Тут теж різні наближені формули дають близькі результати. Їх похибки становлять менш 2 %, якщо точними значеннями швидкості вважати результати числового комп'ютерного інтегрування в (8).

Зі зростанням u відбувається зменшення розбіжностей наближених значень швидкості.

Інформація про зміну швидкості зернопотоку по координаті u надана в табл. 2.

Таблиця 2. Швидкості зернопотоку при різних u

y/h	Числ. інт. в (8)	Форм. (10)	Форм. (11)	Форм. (12)
	Значення $10u(y), м/с$			
0,0	1,627	1,626	1,606	1,628
0,1	1,577	1,577	1,563	1,577
0,2	1,487	1,486	1,476	1,487
0,3	1,369	1,368	1,362	1,369
0,4	1,228	1,228	1,224	1,228
0,5	1,067	1,067	1,065	1,067

Таблиця 3. Швидкості зернопотоку при різних n_0

n_0	Числ. інт. в (8)	Форм. (10)	Форм. (11)	Форм. (12)
	Значення $10u(0), м/с$			
0,3	1,474	1,474	1,453	1,476
0,4	1,691	1,691	1,670	1,693
0,5	1,883	1,882	1,861	1,884
0,6	2,055	2,055	2,034	2,057

Таблиця 4. Продуктивність решета при різних n_0, m, f

$m, Па\cdot c^2$	f	$n_0 = 0,3$	$n_0 = 0,4$	$n_0 = 0,5$
		Значення $10P/H, кг/(м\cdot c)$		
0,02	0,005	5,02	7,53	10,35
0,02	0,020	4,73	7,10	9,76
0,02	0,080	3,35	5,03	6,92
0,03	0,005	4,09	6,15	8,45
0,03	0,020	3,86	5,80	7,97
0,03	0,080	2,74	4,11	5,65
0,04	0,005	3,55	5,33	7,32
0,04	0,020	3,34	5,02	6,90
0,04	0,080	2,37	3,56	4,89

Швидкість руху зерноsumіші також залежить і від пористості. Зі збільшенням n_0 відбувається збільшення $u(0)$. Це підтвержують результати, записані в табл. 3. Обчислення проведемо при

$m = 0,02 Па\cdot c^2$; $f = 0,01$ та попередніх інших числових даних.

Як бачимо, формула (11) дає занижені, а формула (12) – завищені значення швидкості зернопотоку. Похибки формули (12) менші, ніж

Вісник Сумського національного аграрного університету

(11).

Розраховані по формулі (13) продуктивності віброрешета при різних n_0 , m і f занесено в табл. 4. Продуктивність суттєво залежить не тільки від значень реологічних констант, а і від концентрації зерен в суміші.

Висновки:

1. Запропонований спосіб дає можливість

обчислювати кінематичні характеристики зернопотоку, не проводячи числового інтегрування нелінійних диференціальних рівнянь.

2. Розрахунки підтвердили вірогідність одержаних розрахункових формул стосовно швидкості зернопотоку та продуктивності віброрешета.

Список використаної літератури:

1. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М. Василенко. – К.: УАСХН, 1960. – 284 с.
2. Ольшанський В.П. Математичні моделі зернопотоків по віброрешетах / В.П. Ольшанський, О.В. Ольшанський. – Харків: Міськдрук, 2016. – 140 с.
3. Тищенко Л.Н. К исследованию движения зерновой смеси на решетке под действием вибрации / Л.Н. Тищенко, М.В. Пивень // Науковий вісник НАУ. – Київ: НАУ, 2002. – Вип. 49. – С. 329-336.
4. Пивень М.В. Обоснование параметров процесса решетного сепарирования зерновых смесей: Дис...канд. техн. наук: 05.05.11. – Харьков, 2006. – 265 с.
5. Тищенко Л.Н. Исследование послыоного движения зерновых смесей на плоских вибрационных решетках / Л.Н. Тищенко, А.В. Миняйло, М.В. Пивень и др. // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ, 2007. – Вип. 59, Т.1. – С. 69-76.
6. Тищенко Л.Н. Интенсификация сепарирования зерна / Л.Н. Тищенко – Харьков: Основа, 2004 – 224 с.
7. Тищенко Л.Н. Виброрешетная сепарация зерновых смесей / Л.Н. Тищенко, В.П. Ольшанский, С.В. Ольшанский. – Харків: Міськдрук, 2011. – 280 с.
8. Сэвидж С. Гравитационное течение несвязанных гранулированных материалов в лотках и каналах. / С. Сэвидж. // Механика гранулированных сред: Теория быстрых движений: сб. ст.; пер. с. англ. – М.: Мир, 1985. – С. 86-146.
9. Savage S.B. Granular flows down rough inclines / - Review and extension // S.B. Savage // Mechanics of granular materials, Elsevier Science publishers. – Amsterdam, 1983. –P. 261-282.
10. Калиткин Н.Н. Численные методы / Н.Н. Калиткин. – М.: Наука, 1978. – 512 с.
11. Ольшанський В.П. Табличний спосіб визначення пористості в шарі зерноsumіші на плоскому віброрешеті / В.П. Ольшанський, О.В. Ольшанський // Інженерія переробних і харчових виробництв. – Харків, 2016. – № 1 (1). – С. 16-20.
12. Ольшанський В.П. Апроксимація розподілу пористості в шарі зерноsumіші на плоскому віброрешеті / В.П. Ольшанський, С.В. Ольшанський, М.В. Любін // Вібрації в техніці та технологіях. – Вінниця, 2016. – № 2 (82). С. 94 – 99.

Ольшанский В.П., Бурлака В.В., Слипченко М.В., Харченко С.А. О нелинейной модели движения зерноsumеси переменной пористости по плоскому виброрешету

На основе континуальной модели, с использованием квадратичной реологической зависимости типа Сэвиджа, выведено и апробировано расчетами формулы для вычисления скорости движения мелкозернистой смеси по плоскому виброрешету, наклоненному к горизонту. При этом изменение концентрации зерен или плотности смеси по толщине движущегося слоя аппроксимировано степенной функцией методом Эйткена. Благодаря указанной аппроксимации удалось аналитическим способом проинтегрировать нелинейное дифференциальное уравнение зернопотока, а также вывести приближенные формулы для вычисления производительности решета. Исследовано влияние различных факторов, в частности значений реологических постоянных, на расчетные кинематические характеристики движения. Проведено сравнение результатов вычислений по различным формулам.

Ключевые слова: плоское наклоненное виброрешето, установившийся зернопоток, переменная пористость, квадратичное вязкое сопротивление, остаточное сухое трение, скорость движения, производительность решета.

Olshanskiy V.P., Burlaka V.V., Slipchenko M.V., Kharchenko S.A. About the non-linear model of motion of variable porosity grain mixture on a flat vibrosieve

Based on the continuum model, using the quadratic rheological dependence of the Savage's type, formula for calculating the velocity of the fine-grained mixture on flat vibrosieve, inclined to the horizon, were derived and tested by calculation. Changing of the grains concentration or mixture density over the thickness of the moving layer is approximated by a power function by Aitken's method. Due to this approximation could

to integrate non-linear differential equation of grain flows by analytical method, as well as derive the approximate formula for calculating the performance of the sieve. The influence of various factors, in particular the values of the rheological constants, on calculated kinematic characteristics of motion was investigated. A comparison of the results of calculations for the different formulas were obtained.

Keywords: flat tipped vibrosieve, steady grain flows, variable porosity, square viscous resistance, residual dry friction, velocity of motion, sieve productivity.

Стаття надійшла в редакцію: 27.08.2016
Рецензент: д.т.н., проф. Павлюченко А.М.

УДК 633.521:631.172

ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА МАШИНИХ АГРЕГАТИВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЛЬОНОТРЕСТИ

А. С. Лімонт, Житомирський агротехнічний коледж

Здійснена енергетична оцінка льонозбирального комбайнового агрегату при розстиланні стрічки льоносоломи для її росяного мочіння, машинних агрегатів у складі з ворущилкою, обертачем і подвоювачем розстелених стрічок та прес-підбирачем, що підбирає стрічку виготовленої трести і формує її рулони. Наведена енергетична оцінка навантажувача рулонів і тракторно-транспортних агрегатів, що здійснюють їх транспортування.

Ключові слова: льонотреста, виробництво, засоби механізації, використання, енергомісткість, продуктивність.

Постановка проблеми. Із способів обробки лляної соломи для одержання трести тепер найбільш застосовувані росяне і теплове мочіння. За комплексної механізації росяне мочіння у порівнянні з тепловим забезпечує зниження сумарних трудозатрат у 8-12 разів [1]. За іншою інформацією [2] собівартість моченцевого волокна приблизно у 2 рази вища, ніж рошенцевого, затрати праці вищі у 1,6 раза, витрата палива – у 8 разів, а електроенергії – у 2,5 раза. Оцінювання енерговитрат окремих льонозбиральних агрегатів і що супроводжують способи збирання льону-довгунця за росяного мочіння здійснювали Г. П. Водяницький, С. Й. Корсак, Ю. Ф. Лачуга, А. Н. Зінцов, І. В. Сизов та ін. Проте в дослідженнях і публікаціях перерахованих науковців відсутня інформація щодо енерговитрат низки машинно-тракторних агрегатів (МТА), що їх використовують в технологічному ланцюгу операцій з виробництва рошенцевої льонотрести. В цьому повідомленні і будуть з'ясовані деякі з питань означеної проблеми.

Аналіз результатів останніх досліджень. Виробництво рошенцевої льонотрести включає операції з її готування і збирання. За комбайнового збирання льону-довгунця розстилання стрічок льоносоломи для її росяного мочіння здійснюють льонозбиральними комбайнами, які агрегують переважно з тракторами класу 1,4. При цьому використовують комбайни ЛК-4Т чи ЛК-4А або їхні модифікації. В розстеленій стрічці соломи крім вимог щодо температури і вологості стебел має бути забезпечена достатня їх аерація [3]. Щоб уникнути підгнивання нижнього шару стебел в стрічці [4] її необхідно відірвати від ґрунту [5]. Цього досягають шляхом використання МТА в складі з відповідними ворущилками чи зпушувачами. Технологічно ефективнішим вважають обертання стрічок, яке можна здійснювати МТА у складі з обертачами ОСН-1, ОСН-1А, ОСН-1Б,

ОЛН-1 [6], ОЛП-1, ОЛП-1Т, ОЛС-01 [7] та ОЛПБ-1 [8]. Для підвищення продуктивності прес-підбирачів [9] здійснюють подвоювання стрічок трести з використанням подвоювачів СД-2 [10] і ОСЛ-2 [6]. На підбиранні стрічок трести і формуванні її упаковок у вигляді рулонів використовують рулонні прес-підбирачі з пресувальними камерами змінного чи сталого об'ємів. В Росії, Білорусі, Україні, країнах Західної Європи та США опрацьовані відповідні прес-підбирачі, використання яких на збиранні льоносировини дозволяє значно зменшити затрати праці та механізувати виконання наступних операцій. Навантажування рулонів в транспортні засоби (ТЗ) здійснюють фронтальним навантажувачем ПФ-0,5 з пристроєм ППЛ-0,5 та навантажувачами ПРУ-0,5 і А-527. На транспортуванні рулонів використовують відповідні транспортні візки, автомобілі з причепами, причепи-платформи, самозавантажувальні та 4-тонні тракторні причепа.

Ефективність функціонування перерахованих технічних засобів можна з'ясувати шляхом визначення їх енергомісткостей, яка може бути критерієм щодо вибору відповідних МТА та уможлиблює обґрунтування продуктивності тих чи інших агрегатів або окремих машин.

Енергетичний аналіз, який здійснений [11, 12], показав, що максимальні затрати енергії на збиранні льону-довгунця за комбайнкової технології та урожайності трести 1 т/га складають 10420 МДж/т, а в розрахунку на 1 га за вказаної урожайності трести дорівнює такій же цифрі. Застосування на збиранні трести подвоювача стрічок сприяє за [6] зниженню сумарних затрат енергії в розрахунку на 1 га зібраної площі на 77 %. Подвоювач стрічок льону забезпечує майже двократне підвищення продуктивності прес-підбирачів [9]. За даними [13] при збиранні льону-довгунця за роздільною, комбайнвою і комбінованою технологіями енергомісткість збирання становила відповідно

Вісник Сумського національного аграрного університету