

ISSN 2307-1699

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ
МАШИНИ**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ СТАТЕЙ

Випуск 34

Редакційно-видавничий відділ Луцького НТУ

Луцьк 2016

УДК 631.3.00

Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. – Вип. 34. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2016. – 147 с.

Рекомендовано до друку Вченою радою Луцького національного технічного університету, протокол № 3 від 25.10.2016 р.

У даний збірник включено статті, які висвітлюють питання конструювання та використання сільськогосподарської техніки. Наведено дослідження машин і процесів для посіву, збирання, сушіння та транспортування сільськогосподарських культур. Розглянуто і багато інших питань.

Збірник розрахований на наукових працівників.

The journal contains articles of construction and using agricultural machinery. The machines and processes of planting and harvesting of crops, drying and transportation of agricultural materials as well as other tasks are investigated.

The journal is designed for researchers.

Редакційна колегія: д.т.н., проф., Заслужений діяч науки і техніки, акад. ІАУ Г.А. Хайліс (відповід. ред.), Луцький НТУ; д.т.н., проф. В.Ф. Дідух (заст. відповід. ред.), Луцький НТУ; д.т.н., проф., П.П. Савчук, Луцький НТУ; Ph. D. Eng., В. Владут; д.т.н., проф., акад. ІАУ Б.М. Гевко; к.т.н., доц. Р.В. Кірчук; д.т.н., проф. В.П. Ковбаса; д.т.н., проф. Є. Красовський; д.т.н. Р.Д. Кузьмінський; д.т.н., проф. О.О. Налобіна; д.т.н., проф. С.І. Пустюльга, Луцький НТУ; д.т.н. Є.Й. Ріпецький; д.т.н., проф. Р.М. Рогатинський; д.т.н., проф. В.М. Сало; к.т.н., доц. М.М. Толстушко; д.т.н., проф. В.І. Шваб'юк, Луцький НТУ; д.с.-г.н., проф. М.Й. Шевчук; к.т.н., доц. І.Є. Цизь; к.т.н., доц. С.Ф. Юхимчук.

УДК 621.33

Б.М. Гевко, д.т.н., В.М. Клендій, к.т.н., Н.М. Марчук, В.П. Казмірчук
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

СТРУКТУРНИЙ СИНТЕЗ ПРИСТРОЇВ ТА ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ НАРІЗАННЯ РІЗЬБИ

Широке використання різбових з'єднань у машинобудуванні обумовлено їхньою простотою конструкції, високою несучою здатністю, експлуатаційною надійністю і довговічністю, а також зручністю з'єднання та роз'єднання деталей. Приведено нові конструкції пристроїв для нарізання різьби на внутрішніх циліндричних поверхнях, які утворені на основі методу морфологічного синтезу. Серед різних варіантів синтезованих конструкцій пристроїв для нарізання різі шляхом експертної оцінки обрано п'ять, що мають покращенні експлуатаційні характеристики
МІТЧИК, РІЗЬБА, СИНТЕЗ, ЗАГОТОВКА.

Постановка проблеми. Створення нових конструкцій деталей машин з різбовими отворами інструментальних матеріалів, удосконалення конструкції мітчиків і оптимізація геометрії ріжучої частини, поліпшення якості робочих поверхонь, застосування оптимальних налагоджень і нових видів охолодження не вирішують повністю питання високопродуктивного та якісного виготовлення внутрішніх різьблень у високопластичних матеріалах.

Суть технології виготовлення деталей машин базується на послідовному використанні різних технологічних способів дії інструментів на оброблювальну заготовку з метою надання їй заданої форми, розмірів і вказаної точності. Широке використання різбових з'єднань у машинобудуванні обумовлено їхньою простотою, високою несучою здатністю та роз'єднанням деталей, застосування різноманітних різбових з'єднань сприяють також наявність значної номенклатури спеціальних різбових деталей, пристосування до різних варіантів з'єднань, їхня широка стандартизація та мала вартість в умовах масового виготовлення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями розроблення пристроїв для нарізання різі в деталях машин різного службового призначення присвячені праці Г.І.Грановського [1], В.І.Анурьєва [2], Д.М.Решетова [3], С.Н.Філоненка [4], В.Т. Павлище [5] та багатьох інших. Питаннями морфологічного синтезу і дослідженню їх характеристик присвячені праці А.І. Половинкіна [6],

Ю.М. Кузнєцова [7], В.М. Одрин [8]. Однак цілий ряд питань потребують подальших досліджень. Це питання підвищення надійності і довговічності різьбонарізних інструментів, підвищення якості нарізання різі, зменшення шумових характеристик верстатів і технологічного оснащення в процесі експлуатації при нарізанні різі.

Мета дослідження. Тому метою даної роботи є розширення технологічних можливостей конструкцій для нарізання різьби, а також, синтез та представлення нових конструкцій пристроїв для нарізання різьб на внутрішніх циліндричних поверхнях з розширеними технологічними можливостями.

Результати дослідження. На основі виконаного аналізу впливу різних факторів на процес подрібнення і змішування кормових сумішей та сучасних вимог до їх роботи шляхом структурно-схемного синтезу із застосуванням морфологічного аналізу [3, 4] створено нові схеми подрібнювачів. Для цього складена морфологічна матриця у вигляді таблиці (табл. 1), що містить в собі обмежену кількість елементів агрегатів для подрібнення і змішування та зв'язків між ними, що представляють основні конструктивні ознаки подрібнювачів-змішувачів. При цьому таблиця поділена на стовпці, в заголовках яких представлені морфологічні ознаки елементів подрібнювачів-змішувачів і зв'язки між ними. До складу стовпців внесено альтернативи кожної ознаки без критичного аналізу. Обрані наступні основні морфологічні ознаки: механізм приводу, транспортно-змішувачий механізм, подрібнюючий механізм, механізм завантаження, розташування агрегату, корпус, ємність, механізм керування.

Таблиця 1 – Морфологічна таблиця конструктивних елементів пристроїв для нарізання різі

Механізм приводу		3. Вид руху	4. Інструмент
1. Кількість	2. Вид		
1.1 Один	2.1 Електро-двигун	3.1 Циклічний	4.1 Немає
1.2 Два	2.2 Пневмо привод	3.2 Безперервний	4.2 Мітчик
1.3 Три	2.3 Гідро-привод	3.3 З тимчасовими зупинками	4.3 Різець
1.4 Декілька		3.4 З прискореннями і сповільненнями	4.4 Накатний ролик
1.5 Немає			4.5 Гребінка
			4.6 Різенарізна головка
5. Механізм затиску		7. Розташування агрегата	8. Механізм керування
5.1 Патрон	6.1 За годинниковою стрілкою 6.2 Проти годинникової стрілки 6.3 Нерухомий	7.1 Вертикальне	8.1 Електро-перемикач
5.2 Затискна цанга		7.2 Горизонтальне	8.2 Механічне
		7.3 Під кутом	8.3 Гідро-пневмо золотники
		7.4 Змінне	8.4 ЧПК
			8.5 Комбіноване

Склад морфологічної таблиці може розширюватися за рахунок нових альтернатив кожної ознаки, а при появі нової інформації – за рахунок додаткових ознак. Представлений варіант морфологічної моделі отримано внаслідок виділення функціонально важливих елементів з метою не створювати у моделі несуттєву інформацію, яка ускладнює вибір корисної.

Морфологічна модель пристроїв для нарізання різи (табл. 1) також представлена у вигляді морфологічних матриць (1), що утворюються шляхом числового позначення відповідних альтернатив розміщених у стовпцях морфологічної таблиці. Тобто, в загальному випадку, схему пристрою для нарізання різи можна представити як

$$M_{ПНЗ} = |M_K| \wedge |M_B| \wedge |M_B| \wedge |M_I| \wedge |M_M| \wedge |M_H| \wedge |M_P| \wedge |M_{MK}|.$$

Загальна кількість варіантів конструктивних виконань агрегату для подрібнення і змішування кормових сумішей, що входять в морфологічну матрицю є дуже великою $N=34560$, що важко піддається повному перебору та вимагає багато часу для вибору найкращих рішень.

Для спрощення матриці обмежуємо кількість видів виконання конструктивних елементів та виділяємо найбільш суттєві. При цьому одержуємо скорочену матрицю (2) із загальною кількістю можливих варіантів $N_{II}^V=349920$, що значно менше ніж для першого варіанту.

Морфологічні матриці агрегату для подрібнення і змішування кормових сумішей:

повна:

$$M_{ГКІ} = \begin{matrix} & \begin{matrix} |3.1 & 4.1 & 5.1| \\ |3.2 & 4.2 & 5.2| \\ |3.3 & 4.3 & 5.3| \\ |3.4 & 4.4 & 5.4| \\ |4.5 & 5.5 & | \\ |4.6 & 5.6 & | \\ |4.7 & 5.7 & | \\ |4.8 & 5.8 & | \\ | & 5.9 & | \end{matrix} \\ \begin{matrix} |1.1 & 2.1| \\ |1.2 & 2.2| \\ |1.3 & 2.3| \\ |1.4 & | \\ |1.5 & | \end{matrix} \wedge & \begin{matrix} |6.1 & 7.1| \\ |6.2 & 7.2| \\ |6.3 & 7.3| \\ |6.4 & | \end{matrix} \wedge \begin{matrix} |8.1| \\ |8.2| \\ |8.3| \\ |8.4| \end{matrix} \wedge \begin{matrix} |9.1| \\ |9.2| \\ |9.3| \\ |9.4| \end{matrix} \wedge \begin{matrix} |10.1| \\ |10.2| \\ |10.3| \\ |10.4| \end{matrix} \wedge \begin{matrix} |11.1| \\ |11.2| \\ |11.3| \end{matrix} \wedge \begin{matrix} |12.1| \\ |12.2| \\ |12.3| \\ |12.4| \\ |12.5| \end{matrix} \end{matrix}; \quad (1)$$

скорочена:

$$M_{ГКІ} = \begin{matrix} | & 1.1 & 2.1 \\ | & 1.2 & \\ | & 1.3 & \end{matrix} \wedge \begin{matrix} | & 3.1 & 4.1 & 5.1 \\ | & 3.2 & 4.2 & 5.2 \\ | & & 4.3 & 5.3 \\ | & & 4.4 & 5.4 \\ | & & 4.5 & 5.5 \\ | & & & 5.6 \\ | & & & 5.7 \\ | & & & 5.8 \\ | & & & 5.9 \end{matrix} \wedge \begin{matrix} | & 6.1 & 7.1 & | & 8.1 & | & 9.1 \\ | & 6.2 & 7.2 & \wedge & 8.2 & \wedge & 9.2 \\ | & & 7.3 & | & 8.3 & \wedge & 9.3 \\ | & & & & & \wedge & 9.4 \end{matrix} \wedge \begin{matrix} | & 10.1 & | & 11.1 & | & 12.1 \\ | & & & 10.2 & \wedge & 11.2 \\ | & & & & & 10.3 \\ | & & & & & & 11.3 \\ | & & & & & & & 12.2 \\ | & & & & & & & & 12.3 \end{matrix} \cdot \quad (2)$$

Серед різних варіантів синтезованих пристроїв для нарізання різі експертної оцінки обрано п'ять, що мають покращенні експлуатаційні характеристики морфологічні формули яких представлені в табл. 2, а декілька конструктивних схем - в табл. 3. Обрані схеми реалізовані у відповідних конструкціях, які захищені патентами України.

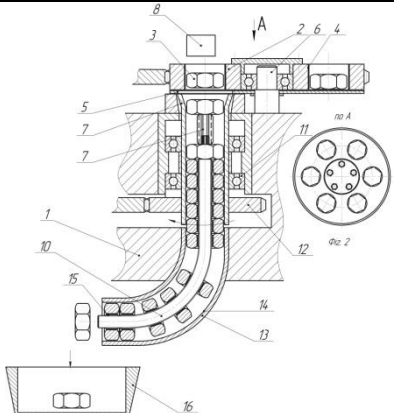
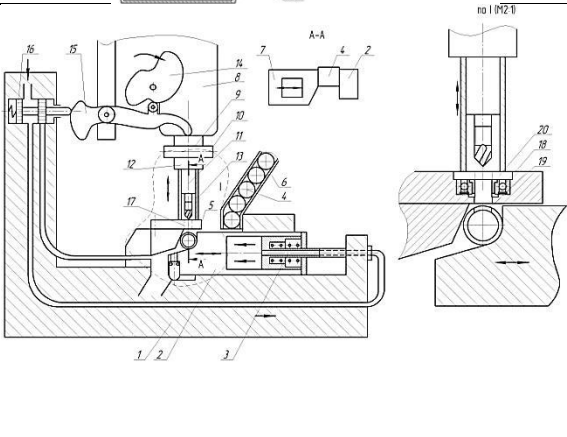
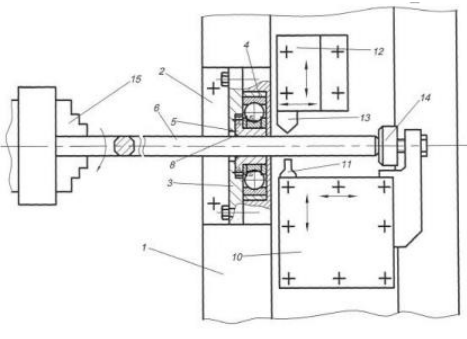
Таблиця 2 - Морфологічні формули синтезованих агрегатів для подрібнення і змішування кормових сумішей

Морфологічні формули агрегатів для подрібнення і змішування кормових сумішей	№ патенту
$X_1 = 1.3 - 2.1 \wedge 3.2 - 4.2 - 5.6 \wedge 6.2 - 7.1 \wedge 8.1 \wedge 9.1 \wedge 10.1 \wedge 11.1 \wedge 12.2 $	Подана заявка
$X_2 = 1.1 - 2.1 \wedge 3.2 - 4.2 - 5.5 \wedge 6.2 - 7.2 \wedge 8.1 \wedge 9.1 \wedge 10.1 \wedge 11.3 \wedge 12.1 $	Подана заявка
$X_3 = 1.1 - 2.1 \wedge 3.2 - 4.2 - 5.1 \wedge 6.2 - 7.3 \wedge 8.1 \wedge 9.2 \wedge 10.1 \wedge 11.1 \wedge 12.2 $	Подана заявка
$X_4 = 1.2 - 2.1 \wedge 3.2 - 4.2 - 5.2 \wedge 6.2 - 7.2 \wedge 8.1 \wedge 9.1 \wedge 10.1 \wedge 11.1 \wedge 12.1 $	55150

Таблиця 3 - Синтезовані конструкції агрегатів для подрібнення і змішування кормових сумішей

№ п/п	Загальний вигляд гвинтового конвеєра	Патент
1		3 №106937
2		№107215
3		№107031

Продовження таблиці 3

14		подана заявка
5		подана заявка
6		№107251

Швидкість різання мітчиками, різбовими головками визначають з рівняння:

$$v = \frac{C K D^{1.2}}{T^m P^x}, \quad (3)$$

де C_v – коефіцієнт, який враховує умову обробки;

D – зовнішній діаметр різьби;

K_v – поправочний коефіцієнт, який враховує марку оброблюваного матеріалу і вид інструменту;

T – призначена стійкість, хв;

P – крок різьби, мм.

Для мітчиків, круглих плашок і самовідкриваючих нарізних головок:

$$T = \left(\frac{C D^{1.2}}{v P^x} \right)^{1/m}. \quad (4)$$

За результатами вимірювань виведено рівняння крутного моменту в для різних типів різьбонарізних інструментів:

$$M_{кр} = C_M K_M D^x t^y, \quad (5)$$

Ефективна потужність в кіловатах, витрачається на нарізування різьби, визначається за рівнянням [1].

$$N_e = 60 M_{кр} n, \quad (6)$$

де $M_{кр}$ - крутний момент, кНм; n - частота обертання інструмента, об/хв.

Основний час роботи різьбонарізного обладнання витрачений на обробку однієї заготовки для різних методів різьбонарізання, розраховується за такими рівняннями: для різьбових різців

$$t_o = (l_d + l_p + f) / (nP), \quad (7)$$

для гайкових і машинних мітчиків, нарізати різьбу в наскрізних отворах

$$t_o = (l_d + l_p) / (nt). \quad (8)$$

де l_d – довжина нарізання різі на заготовках; l_p – довжина робочої частини інструмента;

Висновки.

Синтезовано і представлено нові конструкції пристроїв для нарізання різі, які захищено деклараційними патентами України. Проведено аналіз синтезованих конструкцій та методика розрахунку технологічних параметрів нарізання різі в отворах деталей машин.

Література

1. Г.И.Грановський, В.Г.Грановський. Резание металлов.-М.:”Высшая школа”, 1985, 304 с.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В. 3Т.-М.: Машиностроение, 1982.-Т1.-728 с., Т2.-559 с., Т3-557с.
3. Решетов Д.Н. Детали машин.-М.:Машиностроение,1989.-496 с.
4. Филоненко С.Н.Резание металлов.Киев,1975.
5. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин.К.:”Вища школа”1993, 555стор.
6. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества: Учеб. пособие для студентов вузов. [Текст] / А.И. Половинкин – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
7. Кузнецов Ю.М. Теорія технічних систем [Текст] / Ю.М. Кузнецов, І.В. Луців, С.А. Дубиняк// – Київ-Тернопіль, 1997 – 310 с.
8. Одрин В.М., Морфологический анализ систем: Построение морфологических матриц [Текст] / В.М. Одрин, С.С. Картавов – К.: Наукова думка, 1977. – 183 с.

УДК 621.86

І. Б. Гевко, к.т.н., М.І. Клендій, Н.М. Марчук
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РЕГУЛЮВАННЯ ПОДАЧІ СВЕРДЛІННЯ ПРИ ОБРОБЛЕННІ НАСКРІЗНИХ ОТВОРІВ

Різьбові з'єднання широко використовують у машинобудуванні, приладобудуванні та інших галузях народного господарства. З'єднання деталей у більшості випадків виконують роземними за допомогою різей. У роботі наведені теоретичні залежності для призначення подач залежно від діаметрів використовуваних сверدل, визначення зони, починаючи з якої необхідно зменшувати подачу, визначення значень осьового зусилля при свердлінні отвору.

ПОДАЧА, ОТВІР, ОСЬОВЕ ЗУСИЛЛЯ, СВЕРДЛІННЯ.

Постановка проблеми. Однією із передумов подолання кризової ситуації у національній економіці є подальший розвиток

машинобудування, які сприяють зростанню продуктивності праці, підвищенню ефективності виробництва, покращенню якості продукції та вимагає принципово нових підходів до створення й використання високоефективних ресурсощадних технологій.

Існуючі конструкції деталей з яких збирають вузли й машини, що виконують різні свої службові призначення, в абсолютній більшості випадків мають отвори, одержувані свердлінням. Оброблення отворів, як правило, проводиться на свердлильних верстатах і в значній мірі на вертикально-свердлильних, основними базовими моделями яких є: 2НТГ8, 2АТ30, 2А135, 2А150.

Для свердління наскрізних отворів з мінімальними витратами часу потрібна інформація щодо навантажень на систему верстат-пристрій-інструмент-деталь, тобто визначення силових параметрів процесу різання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питаннями дослідження свердління наскрізних отворів присвячені наукові праці С.Г. Нагорняка [1], П.І. Ящеріцина, Л.М. Єременка. [2], А.Г. Косілова [3] та інших. У працях, вказаних авторів проведені дослідження процесу свердління наскрізних отворів, проте, як встановили експериментальні дослідження і розрахункові теоретичні схеми, процес свердління наскрізних отворів має свої особливості і їх доцільно досліджувати.

Мета дослідження - теоретично обґрунтувати необхідність зміни подачі свердла при його виході з деталі з урахуванням жорсткості вертикально-свердлильних верстатів, фізико-механічних властивостей матеріалу заготовки, заточення свердла та інше.

Результати дослідження.

Умовні позначення:

S_1 і S_2 – значення подачі;

C_S і C_p – коефіцієнти, що враховують вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу відповідно на величину подачі й осевого зусилля;

E - модуль пружності матеріалу звірила (для сталі $2 \cdot 10^4$ кгс/мм²);

I - мінімальний осевий момент інерції (для свердлів $I = 0,004d^4$);

d - діаметр свердла;

μ - коефіцієнт приведеної довжини (для свердла, розглянутого у вигляді балки із затисненим одним кінцем і шарнірно-встановленим іншим - $\mu = 0,7$);

l – довжина виступаючої з патрона частини свердла $l = (1,15...1,2)kd$

тут $k = l_0/d$;

l_0 - довжина на робочій частині;

X_s, X_p і $Y_p = 1/Y$ показники ступенів, що відображають впливи відповідного параметра або їх сукупності на величину подачі ($X_s = 0,6$; $X_p = 1,0$; $Y = 1,43$ - для сталі і $Y = 1,25$ - для чавунів).

Величина подачі повинна призначатися з врахуванням як міцності механізму подач верстата і самого свердла так і його стійкості, фізико-механічних властивостей матеріалу заготовки, експлуатаційної надійності і довговічності. Значення подач S_1 і S_2 , що допускаються відповідно міцністю свердла і його стійкістю можуть бути визначені з відомих залежностей:

$$S_1 = C_s d^{X_s}; \quad (1)$$

$$S_2 = \left(\frac{P_{кр}}{\alpha^{X_p} C_p} \right)^Y = \left(\frac{\pi^2 EI}{C_p \mu^2 l^2 \alpha^{X_p}} \right)^Y \quad (2)$$

Підставивши відповідне значення рівняння (1) у рівняння (2) і виконавши перетворення, одержимо:

$$S_2 = C_0 d^Y, \quad (3)$$

де $C_0 = \left(\frac{8,22}{C_p} \right)^Y$ - величина постійна для конкретного матеріалу заготовки і свердла.

Із залежностей (2) і (3) видно, що подачі, обумовлені міцністю й стійкістю свердла є функціями їх діаметрів. Аналіз довідкових даних показує, що $C_s > C_0$ а $Y > 1$, тому можна припустити, що при одних значеннях діаметрів свердел подача буде лімітуватися стійкістю, а при інших обмежуватися їхньою міцністю, а в третій фізико-механічними властивостями матеріалу заготовки. Для визначення областей значень подач, що визначаються тим або іншим обмеженням введемо позначення:

$C_s = K_1 C_0$; $Y = k_2 X_s$ причому K_1 і $K_2 > 1$. Розділивши рівняння (1) на (3) одержимо:

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{K_1}{\alpha^{X_s(K_2-1)}} \quad (4)$$

У випадку, коли подача лімітується стійкістю свердел, то $S_2 < S_1$, а отже $\frac{S_1}{S_2} < 1$, і це має місце при значеннях діаметрів свердел, обумовлених із залежності:

$$d < K_1^{\frac{1}{X_s(Ks-1)}} \quad (5)$$

Якщо лімітуючим фактором є міцність свердла, тоді $S_1 < S_2$, а $\frac{S_1}{S_2} < 1$, а значення діаметрів при цій умові визначаються з виразу:

$$d > K_1^{\frac{1}{X_s(Ks-1)}} \quad (6)$$

При $S_1 = S_2$, $d = K_1^{\frac{1}{X_s(Ks-1)}}$ і подача свердла обмежується рівною мірою одночасно як його міцністю так і стійкістю.

Для свердел більших діаметрів обмежуючим параметром значень подач є зусилля $P_{мт}$, що допускається міцністю механізму подач. У цьому випадку значення подач можна визначити, використавши відому залежність

$$S_3 \leq C_1 \frac{1}{d^Y} \quad (7)$$

де $C_1 = \left(\frac{P_{МП}}{C_P} \right)^Y$ для конкретних умов обробки $C_1 = const$.

Розділивши почленно рівняння (1) на (7) і врахувавши, що необхідно виконання умови $\frac{S_1}{S_3} = 1$, після обчислень одержимо значення діаметрів, що відповідають заданій умові

$$d \geq \left(\frac{C_1}{C_s} \right)^{\frac{1}{X_s+Y}} \quad (8)$$

Таким чином на всьому діапазоні діаметрів значення подач визначаються з залежності:

$$S = \psi(d) = \begin{cases} \left(\frac{8,22}{C_p}\right)^y d^y & \text{при } 0 < d \leq \left(\frac{C_s C_p^y}{8,22^y}\right)^{\frac{1}{y-x_s}} \\ C_s d^{x_s} & \text{при } \left(\frac{C_s C_p^y}{8,22^y}\right)^{\frac{1}{y-x_s}} \leq d \leq \left(\frac{P_{M.П.}^y}{C_s C_p^y}\right)^{\frac{1}{x_s+y}} \\ \left(\frac{P_{M.П.}}{C_p}\right)^y \frac{1}{d^y} & \text{при } d > \left(\frac{P_{M.П.}}{C_s C_p^y}\right)^{\frac{1}{x_s+y}} \end{cases} \quad (9)$$

Аналіз виразу (9) показує, що при малих діаметрах свердел обмежуючою умовою величин подач є їхня стійкість, і тільки починаючи з певних діаметрів параметрами, що лімітують, процес свердління стають міцність свердел і механізму подачі.

Як приклад на рис.1 показані графіки залежності величини подач від діаметрів свердел, визначених з умов їх стійкості й міцності при свердлінні сталей з $\sigma_B = 75 \text{ кгс} / \text{мм}^2$, $\sigma_B = 100 \text{ кгс} / \text{мм}^2$ і чавунів із НВ 170.

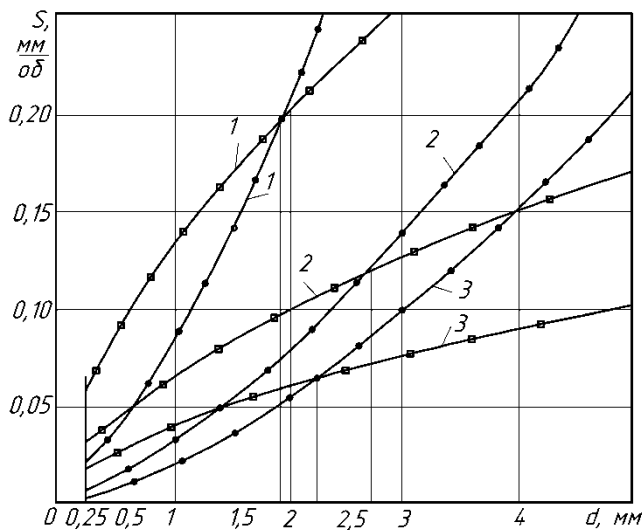


Рис. 1 – Графіки залежності подач від діаметрів свердел, побудовані з умов:

- — міцність свердел на кручення;
- — стійкість свердла;

1 – для чавунів з НВ 170; 2 – для сталі з $\sigma_B = 75 \text{ кгс} / \text{мм}^2$;

3 – для сталі з $\sigma_B = 100 \text{ кгс} / \text{мм}^2$.

У загальному випадку на підставі рівняння (9) характер залежності $S = \psi(d)$ виразиться графіком наведеному на рис.2.

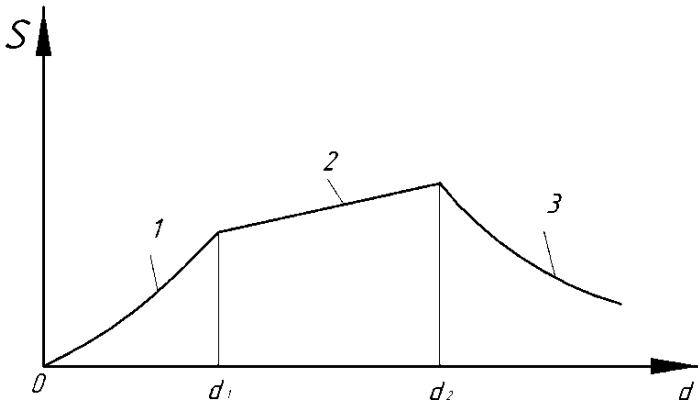


Рис. 2 – Характер залежності $S = \psi(d)$: 1 – обмеження подачі по стійкості; 2 – обмеження подачі по міцності свердла на крутіння; 3 – обмеження подач по міцності механізму подач.

Значення осевого зусилля P_0 при свердлінні свердлами різних діаметрів визначається з урахуванням рівняння (9) по формулі:

$$P_0 = C_p d [\psi(d)]^{y_p} \quad (10)$$

Так, як величини діаметрів в інтервалі $0 < d \leq d$ (рис. 2) невеликі $d_{1\max} = 2,5 \dots 3$ мм, то значення P_0 для таких свердел будуть незначні. Враховуючи те що в цьому інтервалі подачі вибираються з умови стійкості свердел, будемо вважати свердло абсолютно жорстким у поздовжньому напрямку. Знаючи приведену жорсткість верстата C_{np} , можемо знайти переміщення шпинделя Δ , як результат пружних деформацій деталей верстата від впливу осевої сили - P_0 .

$$\Delta = \frac{P_0}{C_{np}} = \frac{C_p d [\psi(d)]^{y_p}}{C_{np}} \quad (11)$$

Слід зазначити, що наведена твердість верстата залежить від діаметра свердла, тому що цей параметр визначає необхідні частоти обертання шпинделя й значення подач. У верстаті це відтворюється певними кінематичними ланцюгами тобто відповідною комбінацією зачеплень шестірень, валів, запобіжних пристроїв і т.д.

На підставі вищевикладеного впливає, що процес виходу свердел може мати різний характер.

Для свердел, діаметри яких перебувають в інтервалі:

$$0,25 \leq d \leq \left(\frac{C_s C_p}{8,22^y} \right)^{\frac{1}{y-x_s}} \quad (12)$$

внаслідок малої подачі і осьової сили різання величина приведеної до шпинделя пружної деформації деталей верстата незначна. Тому, при виході свердла з заготовки, збільшенням подачі через наявність незначних пружних деформацій верстата можна знехтувати і вважати її постійною. Коли в момент виходу свердла шар металу під його ріжучими лезами починає випучуватися і розривається з утворенням тріщин і своєрідних консольно закріплених пелюсток, то під впливом конічної частини свердла, що рухається, вони звиваючись, утворюють заусенці. Якщо врахувати, що для свердел зазначених діаметрів величина подачі встановлювалася з умови забезпечення їх стійкості і з певним запасом міцності на кручення (див. рис. 1), а також і те, що в міру заглиблення свердла в процесі свердління збільшується коефіцієнт наведеної довжини μ то на виході свердла параметром, що лімітує подачу, стає допустиме значення крутного моменту. У такий спосіб представляється можливим, регулювати величину подачі в сторону зменшення чи збільшення в залежності від фізико-механічних властивостей матеріалу заготовки, на величину $\Delta S = C_s d^{x_s} - C_0 d^y$ й зрізати при цьому допоміжними лезами, що утворюються заусениці.

Для свердел, діаметри яких більше величини $\left(\frac{C_s C_p}{8,22^y} \right)^{\frac{1}{y-x_s}}$ і

подача лімітується їхньою міцністю характер зміни подачі на виході в основному визначається наведеною жорсткістю верстата.

Якщо діаметри свердел незначно більше величини $\left(\frac{C_s C_p}{8,22^y} \right)^{\frac{1}{y-x_s}}$,

а виникаюче при цьому осьове зусилля P_0 викликає деформації верстата $\Delta = \kappa_0 S_1$, де $\kappa_0 = 0,2 \dots 0,3$, то практично при виході свердла подачу слід залишати незмінною. Для цього випадку граничні значення діаметрів свердел можна визначити з наступних міркувань. Знаючи приведену до шпинделя жорсткість верстата й використавши залежності (9) і (10) можна записати

$$\Delta = \frac{P_0}{C_{np}} = \frac{C_p d [\psi(d)]^{np}}{C_{np}} \quad (13)$$

але оскільки $S_1 = S_s d^{x_s}$, то тоді

$$K_0 C_s d^{Xs} C_{np} = C_p d (C_s d^{Xs})^Y \quad (14)$$

Розв'язавши рівняння (10) відносно d , при максимальному значенні K_0 одержимо:

$$d \leq \left(\frac{k_{0\max} C_{np} C_s^{1-Y}}{C_p} \right)^{\frac{1}{1+Xs(Y-1)}} \quad (15)$$

Для свердел, діаметри яких більше значень наведених у формулі (15) виникає необхідність зменшувати подачу. Момент початку зменшення подачі свердла повинен починатися на відстані від нижнього торця оброблюваної деталі рівному величині приведеної деформації привода до шпинделя, що виражається з врахуванням (15) функції діаметра свердла залежністю:

$$\sigma = \frac{C_p d C_s^Y d^{0,6Y}}{C_{np}} = C_2 d^{0,6Y} \quad (16)$$

Таким чином, величина небезпечної зони, по досягненню якої слід зменшувати подачу на підставі (16) залежить від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, приведеної до шпинделя жорсткості привода верстата й діаметра свердла.

Висновок. Отримані залежності дають можливість для кожного конкретного випадку визначити закони зміни подачі свердла в процесі його виходу з наскрізного отвору заготовки. Отримані дані є вихідними при розробленні й проектуванні спеціальних приводів і пристроїв, що забезпечують автоматичну зміну подачі при виході інструмента, а тим самим підвищення ефективності і якості обробки, а також підвищення експлуатаційної надійності сверدل і їх захисту від поломок.

Література

1. Нагорняк С.Г. Обработка отверстий большого диаметра инструментами с адаптивной кинематической связью [Текст] / С.Г. Нагорняк, И.В. Луцив. Технология и организация производства. 1987. № 4. С.27–29.
2. Косилова, А.Г. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. [Текст] / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков – М. : Машиностроение, 1995. – Т. 2. – 1985. – 495 с.
3. Ящерицын, П.И. Основы резания материалов и режущий инструмент [Текст] / П.И. Ящерицын, Л.М. Еременко, Н.И. Жигалко. – Мн.: Выщ. школа, 1981. – 560 с.

4. Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений [Текст] / А.П. Белоусов. – М.: Высшая школа, 1980. – 342 с.

5. Дальский А.Н. Технологическое обеспечение надежности высокоточных деталей машин [Текст] / А.Н. Дальский М.: Машиностроение, 1975.

Рецензент д.т.н., проф. Б.М. Гевко

УДК 674.05.002.54

В.М. Головач, к.т.н., З.С. Сірко к.т.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Д.П. Торчиловський

Український державний науково-дослідний інститут нанобіотехнологій та ресурсозбереження

АНАЛІЗ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЗАХИСТУ МЕТАЛЕВИХ ПРЕДМЕТІВ ВІД КОРОЗІЇ

Наведено опис вживаних в даний час методів і засобів захисту металевих виробів від корозії. Дано опис нової технології захисту від корозії і пристрої на її базі, що дозволяє створювати негативний потенціал напруги електричного струму на металевих виробках для захисту їх від корозії.

КОРОЗИЯ, ОКИСЛЕННЯ, АТМОСФЕРА, ВОДА, ЗАХИСТ, ТЕХНОЛОГІЯ, ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ, ПОТЕНЦІАЛ, АНОД, КАТОД, НАПРУГА, МЕТАЛЕВИЙ, ПРИСТРІЙ.

Постановка проблеми. У металевих виробках корозія може протікати при наявності, наприклад, електроліту, що межує з залізом і провідника, що межує з електролітом. У звичайних умовах вода, сніг і атмосферна волога є електролітом, а поверхню землі, атмосфера або інший зовнішній провідник, розташований поблизу металевого виробу, є провідниками. Занурені в електроліт два провідники (наприклад, залізо і поверхню землі) створюють гальванічний елемент.

Більш активний матеріал (залізо) стає анодом, а менш активний (наприклад, поверхня землі) - катодом.

У гальванічній парі електродів корозії завжди схильний анод.

Окислювальна реакція на аноді виглядає як процес, при якому до атомів заліза (вони більш активні, ніж атоми домішки) притягуються вільні електрони.

У результаті реакції окислення залізо переходить в гідроокис заліза, яка і називається іржею. За наявності у воді солей провідність електроліту підвищується і збільшується швидкість окислення анода (металевого виробу).

В даний час найбільш поширеним засобом захисту металевих виробів від корозії є покриття їх поверхонь захисними лаками, фарбами та плівками, що запобігають безпосередній контакт металу з кородуючої зовнішнім середовищем.

Недоліком такої пасивної захисту є практична трудність контролю цілісності захисного покриття, особливо у важкодоступних місцях, руйнування покриття при механічних впливах.

Застосування активних засобів захисту металів від корозії є більш надійним.

При атмосферної корозії, яка є електрохімічним процесом, на поверхні кородіруемого металу проходять окислювально-відновні реакції. При контакті металевої поверхні з водними розчинами такими реакціями можуть бути відновлення іонів водню і іонізація (розчинення) металу.

В результаті протікання сполучених реакцій Кородують метал набуває певного корозійний потенціал. Швидкість розчинення металу характеризується величиною щільності корозійного струму. Зсув від корозійного потенціалу в негативну сторону (створення захисного потенціалу) викликає прискорення реакції виділення водню і уповільнення реакції іонізації металу.

Створення захисного потенціалу може здійснюватися за допомогою різних методів і засобів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найбільш широке поширення одержав спосіб катодного захисту металевих пристроїв при якому негативний полюс зовнішнього джерела струму підключають до захищається пристрою, який виконує роль катода [1-3]. Позитивний полюс джерела з'єднують з допоміжним електродом – анодом, який знаходиться в тому ж середовищі, що і захисний пристрій (наприклад, кріпиться через ізоляційну прокладку на захищасмий пристрій). Таким чином, об'єкт, що захищається негативно поляризується і його потенціал зсувається до величини, при якій значно або повністю пригнічується процес корозії металу.

Мета дослідження – розробити пристрій для захисту металевих предметів від корозії.

Результати дослідження – теоретично для повного припинення корозії необхідно забезпечити захисний потенціал, рівний стандартному електродному потенціалу захищеного металу, який для заліза дорівнює $-0,44\text{В}$.

Відома технологія, що відрізняється від технології катодного захисту тим, що в пристроях [1], виконаних за цією технологією, на металевий виріб подається змінний, а не постійний, як при катодному захисту, струм. При цьому виріб отримує негативний потенціал по відношенню до зовнішнього середовища, наприклад, поверхні землі, атмосфері.

Ефект дії різниці потенціалів на металевий виріб можна обчислити за формулами електрохімічної кінетичної теорії [2]:

$$CR = (CR)_o \exp (\alpha F E_{corr} / RT), \quad (1)$$

де CR -рівень корозії; $(CR)_o$ – константа;

α - постійна передачі, $0 \leq \alpha \leq 1$;

$F = N_A \cdot e = 96485,309$ Кл· моль⁻¹ – константа Фарадея;

$R = 8,3144621 \pm 0,0000075$ Дж/(моль·К) – універсальна газова константа;

T – температура Кельвіна;

E_{corr} – корозійний потенціал, мВ.

Різниця потенціалів виробу, що тестується, і контрольного виробу має вигляд:

$$(CR)_{test} / (CR)_{control} = \exp \{ \alpha F [E_{corr/test} - E_{corr/control}] / RT \} \quad (2)$$

Підставивши значення величин у формулу (2) отримаємо: $(CR)_{test} / (CR)_{control} = 0,00291$ (при середній різниці потенціалів в 150мВ). Це означає, що рівень корозії металевого виробу, захищеного пристроєм, зменшиться на $(1 - 0,00291) \cdot 100\% = 99,7\%$.

Пристрій [3], запропонований авторами, відрізняється від відомих тим, що подача змінного потенціалу на металевий виріб здійснюється без механічного руйнування останнього в одну точку на його поверхні.

На рис. 1 показана блок-схема пристрою.

Пристрій працює наступним чином. Напрягу з блоку живлення 1 подається на блок захисту від перенапруги харчування 2. З виходів блоку 2 напруга подається на стабілізатор 3 і схему контролю напруги живлення 4. Стабілізована напруга з блоку живлення 3 подається на вхід компаратора, вбудованого в процесор 5. На другий вхід

компаратора подається нестабілізована напруга з блоку 4. При зміні напруги живлення нижче заданого значення мікропроцесор відключає пристрій. Якщо напруга блоку живлення в нормі, то мікропроцесор видає сигнал на блок індикації напруги живлення 7. При цьому з виходу мікропроцесора 5, імпульсні сигнали подаються на підсилювач 6, з виходу якого через конденсатор С1 вони подаються на негативний полюс блоку живлення, який електрично з'єднаний з корпусом металевого виробу. За рахунок того, що негативний полюс блоку живлення підключений через фільтр високої частоти 8, вихідний імпульсний сигнал використовується ефективно, так як навантажений на великий опір (по змінній складовій) фільтра 8. Поверхня металевого виробу отримує негативний потенціал по відношенню до поверхні землі, що значно виключає або повністю порушує процес корозії металу.

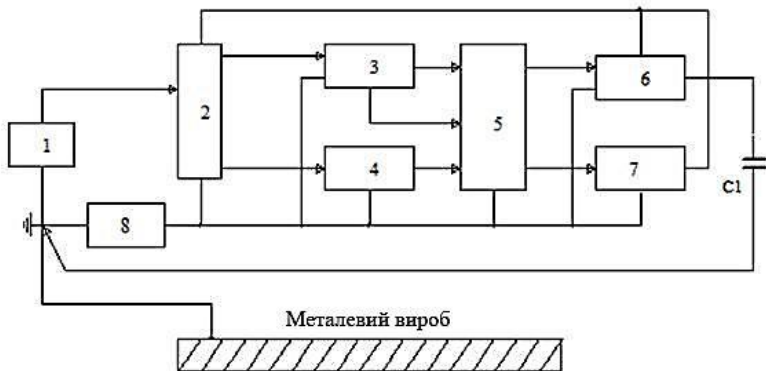


Рис. 1 – Блок схема пристрою захисту металевих виробів від корозії:
1- блок живлення; 2 - блок захисту від перенапруги харчування; 3 - стабілізатор напруги; 4 - сема контролю напруги; 5 - процесор;
6 - імпульсний підсилювач; 7 - блок індикації; 8 - фільтр високої частоти

За рахунок високої частоти проходження імпульсів вихідного сигналу металева поверхня виробу покривається негативними електричними зарядами. При цьому метал набуває корозійний потенціал, що перешкоджає появі корозії.

На рис.2 показана осциллограма вихідного сигналу пристрою.



Рис. 2 – Осциллограмма вихідного сигналу пристрою

На рис. 3 наведено залежності зменшення рівня корозії металевого виробу від різниці корозійних потенціалів.

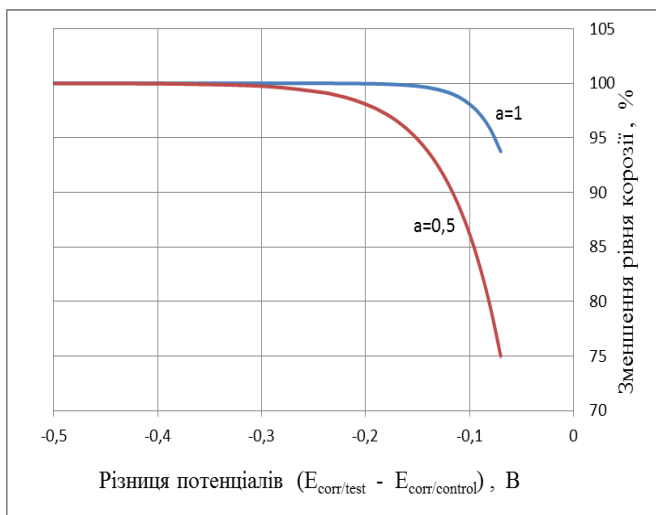


Рис.3 – Залежності зменшення рівня корозії від різниці корозійних потенціалів

Аналізуючи залежності показані на рис. 3 можна зробити висновок, що, починаючи з різниці потенціалу рівного $-0,4\text{В}$ можна спостерігати практично 100%-е зменшення рівня корозії, захищеного

пристроєм металевого виробу і відсутність впливу від постійної передачі *a*.

На рис.4 показана установка на якій досліджувалася робота пристрою попередження корозії. Пластина протягом тривалого часу (до 6-місяців), перебувала у соляному середовищі.

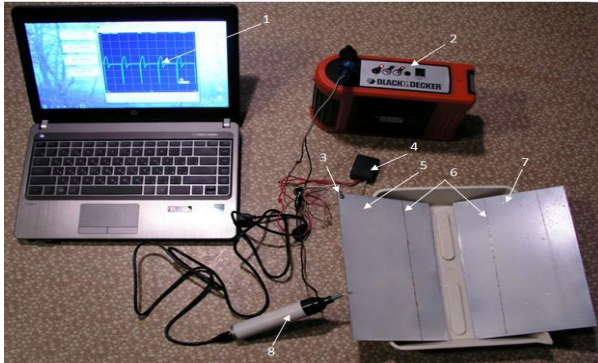


Рис. 4 – Установка для дослідження роботи пристрою попередження корозії: 1 - осцилограма; 2 - джерело живлення (12В); 3 - контакт; 4 - пристрій попередження корозії; 5 - пластина, підключена до пристрою 4; 6 – подряпини на пластині; 7 - контрольна пластина; 8 - щуп осцилографа (підключений до ноутбука)

На рис. 5 показані зразки металевих пластин після 6-и місяців перебування їх в соляному середовищі.



Рис. 5 – Зразки металевих пластин після 6-и місяців знаходження в соляному середовищі; *a* – контрольна пластина; *б* – пластина, підключена до пристрою захисту від корозії

Висновки. Запропонований пристрій показав себе ефективним засобом захисту металевих виробів від корозії. В основу його роботи покладена технологія, що дозволяє створювати негативний потенціал напруги електричного струму на металевих виробках, які знаходяться в русі і не можуть бути заземлені та до яких застосування катодного або інших видів захисту важко або зовсім неможливо.

Література

1. Патент 7198706 США, МКИ В6559/08, Спосіб і пристрій для запобігання окислення металу; опубл.1979; Изобретения за рубежом, №15, вып. 42.
2. Дамаский Б.Б. Введение в электрохимическую кинетику / Б.Б. Дамаский, О.А. Петрий . - М.: Машиностроение, 1983.- 385с.
3. Патент 72276 Україна, МПК С23F 13/02. Пристрій для захисту металевих предметів від корозії / Головач В.М., Сірко З.С.; заявник Національний університет біоресурсів та природокористування України. - №u2012 01691; заяв. 15.02.2013; опубл.10.08.2012, Бюл. № 14.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух

УДК 631.35

І.П. Головачук, к.т.н., І.Н. Бурчак, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА СТЕБЛО

Досить важливим питанням в процесі брання льону є мінімізація кількості пошкоджених стебел і розтягнутості стрічки льону. Для дослідження впливу робочих органів на стебло в статті пропонується розглядати його як багатоланкову систему з підпружненими шарнірами. Дослідження пружних властивостей стебел льону під дією зовнішніх сил є досить важливою задачею. Підбір геометричних параметрів робочих органів та зусилля, що прикладаються з їх боку до стебел є актуальним завданням.

Постановка проблеми. На стебло в процесі брання, внаслідок взаємодії з робочими органами льонозбиральної машини діють сили,

що можуть зумовити деформацію стебла, або ж призвести до розтягнутості стрічки льону [1]. Нами запропоновано представити стебло у вигляді п-ної кількості ланок. Їх кількість вибирається в залежності від кривини робочого органу та точок прикладання зовнішніх сил. Тому дослідження цих процесів є важливим питанням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням стійкості пружних систем займався Алфутов Н.А., а механічних властивостей стебел льону – Хайліс Г.А. та інші. Зокрема Алфутов Н.А. досліджував пружні властивості багатоланкових систем та їх рівновагу. Хайліс Г.А. займався вивченням питання кривини стебел та розтягнутості стрічки льону.

Мета дослідження. В даній статті ставиться мета – дослідження пружних властивостей стебел, як багатоланкових систем. Адже під впливом робочих органів машин рослинний матеріал деформується. Тому нами було розглянуто схеми з різною кількістю ланок та прикладеними зовнішніми силами.

Результати дослідження. Розглянемо стебло як механічно просту систему, що складається з окремих ланок з'єднаних пружними шарнірами.

Нами запропоновано конструкцію брального барабана, в якій враховуються геометричні параметри стебла. Ми зупинили свій вибір на циліндричній формі [2]. Форму гвинтових витків ми вибрали, виходячи з умови не пошкодження стебел, після їхнього проходження через бральний рівчак.

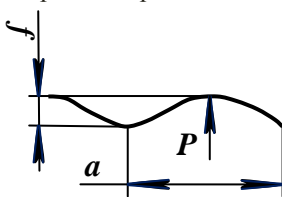


Рис. 1 – Схема до визачення середнього радіуса кривизни

Нам вдалося встановити, що допустима величина прогину стебла без його зламу (рис. 1), яку наближено характеризують середнім радіусом кривизни R_{cp} [1], буде становити 14,65 мм. Тож форму витка, виходячи з розрахунків, ми спроектували як дугу з кривиною 14,65 мм. В таблиці ми представили результати розрахунку прогину стебла.

Розрахунок середнього радіуса кривизни R_{cp} проведемо за формулою:

$$R_{cp} = \frac{a^2 + 4f^2}{9f}, \quad (1)$$

де a – відстань між початком і кінцем криволінійної зони стебла;
 f – прогин;

$d_{ст.}$ – діаметр стебла;

$P_{пр.}$ – сила прогину;

$f_{пр.}$ – прогин, який утворюється в результаті дії сили;

P_{max} – максимальна сила прогину;

f_{max} – максимальний прогин, що виникає під дією сили P_{max} .

Представимо модель бральних барабанів (рис. 2). Для дослідження стійкості проаналізуємо декілька основних схем розподілу сил, що діють на стебло.

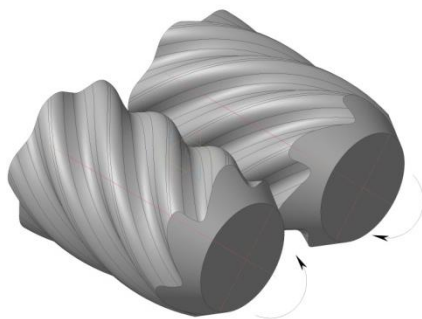


Рис. 2 – Схематичне розташування бральних барабанів в робочому режимі

Таблиця – Розрахунок прогину стебла

$a, мм$	$d_{ст.}, мм$	$P_{пр.}, Н$	$f_{пр.}, мм$	$P_{max}, Н$	$f_{max}, мм$
10	1,3...1,8	2,9...6,5	0,3...0,4	3,8...7,6	1,1...1,2

Знайдемо критичні навантаження які зумовлюють пошкодження стебла. Розділимо його умовно на три ділянки шарнірно з'єднані між собою (рис. 3). Причому у місцях з'єднання шарніри підпружинені. Це зроблено для того, щоб врахувати пружні зв'язки, що є у середині стебла. Вісь τ розмістимо вздовж i -ої ділянки, а n перпендикулярно їй. Спроеціюємо сили на вісі τ та n , а також запишемо рівняння моментів.

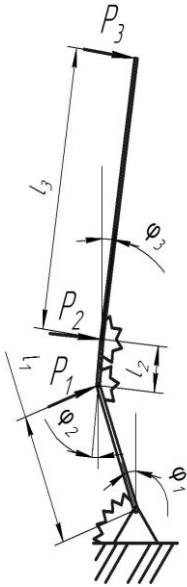


Рис.3 – Схема згину стебла бральними барабанами

Для першої ділянки (рис. 4) рівняння матимуть наступний вигляд:

$$\left. \begin{aligned} R_{3\tau} &= 0; \\ R_{3n} &= P_3; \\ M_3 &= P_3 \times l_3. \end{aligned} \right\} (2)$$

Також складемо три рівняння для другої ланки (рис. 5):

$$\left. \begin{aligned} R_{2\tau} - R_{3n} \cdot \sin \varphi_3 &= 0; \\ R_{2n} - P_2 - R_{3n} \cos \varphi_3 &= 0; \\ M_2 - P_2 \cdot l_2 - R_{3n} \cdot l_{3n} \cos \varphi_3 &= 0. \end{aligned} \right\} (3)$$

Для третьої ділянки (рис. 6) рівняння рівноваги мають наступний вигляд:

$$\left. \begin{aligned} R_{1\tau} - R_{2n} \cdot \sin \varphi_2 - R_{2\tau} \cdot \cos \varphi_2 &= 0; \\ R_{1n} - P_1 - R_{2n} \cdot \cos \varphi_2 + R_{2\tau} \cdot \sin \varphi_2 &= 0; \\ M_1 - P_1 \cdot l_1 - R_{2n} \cdot l_1 \cdot \cos \varphi_2 + R_{2\tau} \cdot l_1 \cdot \sin \varphi_2 &= 0. \end{aligned} \right\} (4)$$

Визначимо критичні зусилля у кожній з ланок. Момент M в i -тій ділянці визначимо за формулою:

$$M = k \cdot \varphi,$$

де k -жорсткість i -ої пружини,

φ -кут повороту $i+1$ ділянки по відношенню до i -ої.

Жорсткість пружини є рівною жорсткості стебла та визначається експериментально.

Для третьої ділянки (рис. 4)

$$M = k_1 \cdot \varphi_1.$$

Отже, з системи рівнянь (2) запишемо:

$$P_3 = \frac{k_3 \times \varphi_3}{l_3}. \quad (5)$$

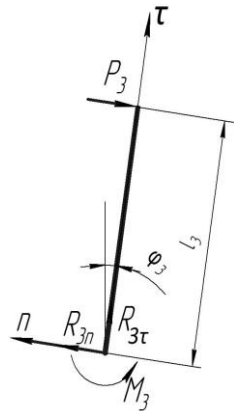


Рис. 4 – Розподіл сил для першої ділянки

Визначимо критичне навантаження для другої ділянки. З системи рівнянь (3) запишемо:

$$\begin{aligned} k_2 \cdot \varphi_2 - P_2 \cdot l_2 - R_{3n} \cdot l_3 \cdot \cos \varphi_3 &= \\ = k_2 \cdot \varphi_2 - P_2 \cdot l_2 - P_3 \cdot l_3 \cdot \cos \varphi_3 &= 0. \end{aligned}$$

Отже,

$$P_2 = \frac{P_3 \cdot l_3 \cdot \cos \varphi_3 - k_2 \cdot \varphi_2}{l_2}. \quad (6)$$

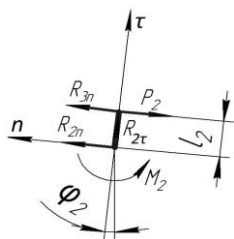


Рис. 5 – Розподіл сил для другої ділянки

Встановлення суміжних з вихідним станів рівноваги можна провести шляхом визначення повної потенціальної енергії стебла.

Знайдемо повну потенціальну енергію стебла, що складається з внутрішньої енергії деформації та потенціалу зовнішніх сил.

Енергія деформації пружних шарнірів при відхиленнях системи на кути φ_1 та φ_2 дорівнює:

$$E_{ш.} = -\frac{1}{2}k_1\varphi_1^2 - \frac{1}{2}k_2\varphi_2^2 - \frac{1}{2}k_3\varphi_3^2. \quad (7)$$

Потенціал зовнішніх сил визначимо виходячи із виразу:

$$E_{з.с.} = -P_2 l_2 \cos \varphi_2 - P_1 l_1 \cos \varphi_1 - P_3 l_3 \cos \varphi_3. \quad (8)$$

У кінцевому випадку знайдемо:

$$\begin{aligned} E_{пов.} = E_{ш.} + E_{з.с.} = &-\frac{1}{2}k_1\varphi_1^2 - \frac{1}{2}k_2\varphi_2^2 - \frac{1}{2}k_3\varphi_3^2 - P_2 l_2 \cos \varphi_2 - \\ &-P_1 l_1 \cos \varphi_1 - P_3 l_3 \cos \varphi_3 + E_0. \end{aligned} \quad (9)$$

де E_0 – повна потенціальна енергія вихідного стану, що не знаходить від φ_1 та φ_2 .

У системі з трьома степенями свободи виходячи з умови незмінності повної енергії, запишемо рівняння:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial \varphi} &= -k_1 \varphi_1 + P_1 l_1 \sin \varphi_1; \\ \frac{\partial E}{\partial \varphi_2} &= -k_2 \varphi_2 + P_2 l_2 \sin \varphi_2. \\ \frac{\partial E}{\partial \varphi_3} &= -k_3 \varphi_3 + P_3 l_3 \sin \varphi_3. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Згідно з теоремою Лагранжа, консервативна механічна система знаходиться у стані рівноваги тільки тоді, коли її повна потенціальна енергія мінімальна. Відхилення від стану рівноваги приводить до збільшення потенціальної енергії. Дослідимо зміну повної потенціальної енергії при переході системи до нового положення відмінного від стійкого. Із виразу (1) отримаємо:

$$\Delta E = E_{\text{пов.}} - E_0 = -\frac{1}{2} k_1 \varphi_1^2 - \frac{1}{2} k_2 \varphi_2^2 - \frac{1}{2} k_3 \varphi_3^2 - P_2 l_2 \cos \varphi_2 - P_1 l_1 \cos \varphi_1 - P_3 l_3 \cos \varphi_3. \quad (11)$$

Так як у вихідному стані стебло знаходиться у стійкому положенні, тоді при будь-яких значеннях φ_1 та φ_2 повинна використовуватись умова $\Delta E > 0$. Система, що не навантажена силами $P_1 = 0$ та $P_2 = 0$ буде знаходитись у стійкому стані, так як $\Delta E = E_{\text{ш.}}$. При будь-яких не рівних нулю відхиленнях φ_1 та φ_2 умова $\Delta E > 0$ виконується.

Критичним називають навантаження $P_{\text{кр.}}$, при перевищенні якої вихідний стан рівноваги перестає бути стійким. Тому при $P > P_{\text{кр.}}$ ($P = P_1 - P_2$) існують такі відхилення, що приводять до $\Delta E < 0$. Але при $P > P_{\text{кр.}}$ можливі відхилення, що приводить до $\Delta E > 0$ або до $\Delta E = 0$.

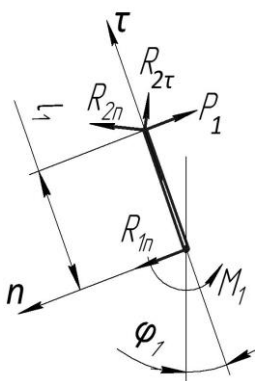


Рис. 6 – Розподіл сил для третьої ділянки

Висновки. Отже стебло можна представити як пружну систему. Для точного відображення реальної системи, стебло розбивають на довільну кількість ланок та прикладають зусилля в конкретних точках. Використовуючи багатоланкові системи, можна більш точно описати поведінку стебел під дією зовнішніх сил.

Література

1. Головачук І.П. Дослідження пружного стану стебел льону. Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. – Вип. 29-30. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2014. – 20 с.

2. Бральний апарат: пат. Україна: МКВ 7 А01D45/07 / Головачук І.П.; Луцький НТУ. – № ;заявл.
3. Хайліс Г.А. Механіка рослинних матеріалів. К.: Українська академія аграрних наук., 2002. - 376 с.
4. Алфутів Н.А. Основи розрахунку на стійкість пружних систем. М., «Машинобудування», 1978. 312 с. іл.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух

УДК 631.331

В.Ф. Дідух, д.т.н., М.М. Поліщук, к.т.н., В.В. Тарасюк, к.т.н.
Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЛОКАЛЬНОГО ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ ПІД ЧАС САДІННЯ КАРТОПЛІ

У статті запропоновано конструкцію машини для локального внесення органо-мінеральних добрив під картоплю. При чому було враховано особливості посадки картоплі та профілі утворених борозенок. Реалізовано запропоновані способи утворення борозенок на практиці. Проведено аналіз впливу добрив на швидкість появи сходів картоплі та зроблено оцінку врожайності.

Постановка проблеми. Успіхи сучасного землеробства значною мірою пов'язані з широкомасштабним застосуванням мінеральних добрив та інших засобів хімізації. Даний підхід до вирішення проблеми забезпечення населення продуктами харчування, що базується на все більшому залученні в круговорот речовини і енергії штучних добрив, містить у собі і чимало негативних моментів екологічного та економічного характеру. Загальновідомо й те, що збільшення обсягів застосування мінеральних добрив не супроводжується адекватним підвищенням продуктивності агроценозів. Дана стратегія не завжди дозволяє вирішити протиріччя між величиною врожаю та його якістю. Найважливішим залишається і завдання підвищення ефективності мінеральних добрив, їх окупності додатковим урожаєм, коефіцієнта використання елементів живлення і зменшення їх втрат.

Спроба надати перевагу органічному землеробству в Україні вимагає створення або модернізації наявних машин, призначених для локального внесення твердих органічних добрив, що дозволить зменшити норму їх внесення до 50 % порівняно з розкидним способом.

Коренева система рослин еволюційно пристосована функціонувати в різномірній за багатьма параметрами ґрунтового середовища. Способи локального розподілу добрив у ґрунті призводять до значного підвищення його фізико-механічних властивостей. У першу чергу це відноситься до місця розташування добрива елементів живлення. Їх концентрація, особливо в початковий період після внесення навіть порівняно невисоких доз добрива, досягне стресових значення

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Приготування та внесення твердих органічних добрив досліджували багато вчених як за кордоном, так і в Україні [1–13]. Серед напрямків досліджень: створення та удосконалення конструкцій розкидачів твердих органічних добрив і розробка теоретичних основ обґрунтування технологічних процесів. Інформація про дослідження локального внесення твердих органічних добрив практично відсутня. Аналіз технологічних операцій локального внесення органічних добрив показує, що розробка надійних компактних механізмів ускладнюється негативним впливом фізико-механічних властивостей органічних мас на технологічні процеси робочих органів. Серед великої кількості відомих органічних добрив на сьогоднішній день варто звернути увагу на озерні сапропелі, які вносяться після проморожування або компостування. Але такі добрива придатні також для локального їх внесення у передпосівному циклі садіння (сівби) сільськогосподарських культур. Для цього вказані органічні добрива розміщують смугами у підготовлений ґрунт. Норма внесення, глибина вкладання, необхідність додаткового включення мінеральної частини залежатимуть від сільськогосподарської культури та умов її живлення. Серед передбачуваних технологічних операцій варто звернути увагу на операцію подрібнення добрив, яку необхідно виконувати в процесі внесення.

Мета дослідження – дослідити застосування нового способу локального внесення твердих органічних добрив під час садіння бульб картоплі.

Результати дослідження. За відсутності галузі тваринництва, на цьому етапі перевагу в дослідженнях із внесення твердих органічних добрив слід надати природній сировині та виробництву компостів.

Наявність трьох різновидів матеріалів (добрив, насіння) вимагає особливого конструктивного виконання засобу. Адже для внесення твердих органічних добрив необхідно забезпечити їх норму з урахуванням поступальної швидкості агрегату. Аналогічні вимоги стосуються мінеральних добрив, які мають бути розділені шаром ґрунту з насінням; норму садіння (сівби) сільськогосподарської культури найкраще регулювати від опорно-ходових коліс. Таким чином найбільш складним завданням піл час розробки таких засобів буде компонування та розробка кінематичних схем, обґрунтування технологічно-кінематичних параметрів робочих органів.

Дещо спрощеним може бути технологічний процес на стадії дослідження та створення засобу для його реалізації внесення твердих ОМД під час посадки картоплі.

Тоді на початковому етапі досліджень технологічний процес можна механізовано забезпечити за допомогою двох агрегатів: машини для локального внесення твердих органічних добрив і картоплексаджалки, що забезпечує необхідну кількість рядків.

Схему реалізації цього технологічного процесу показано на рис.1. Завантажені у кузов твердих органічних добрив подрібнюються до сипкого стану і спрямовуються на попередньо оброблене поле у підготовлені борозни необхідного профілю на однакових відстанях одна від одної. Зміна профілю борозни дозволяє створювати раціональні зони живлення рослин.

Далі, рухаючись технічною колією, агрегат у складі трактора та картоплексаджалки вкладають комплексні мінеральні добрива 2 та насіннєвий матеріал 3 у сформовані смуги 1, які повинні бути розділений між собою шаром добрив (сапропелів). Після розміщення всіх складових сформовані смуги закриваються ґрунтом 4 у вигляді гребенів 5.

Для якісного вкладання твердих органічних добрив у смуги необхідна машина, що містить конструктивні вузли, які забезпечать Такі технологічні операції: подачу добрив з формуванням вхідного потоку, виділення та подрібнення твердих агрегатів, формування зони вкладання добрив.

Реалізація технології полягає в тому, що тверді органічні добрива різної форми подаються на підготовлене поле у підготовлені борозни відповідного профілю на однакових відстанях одна від одної. На сформовані смуги з певним інтервалом вкладається насіннєвий матеріал. Якщо необхідно внести мінеральну частину, її відділяють від насіння шаром органічних добрив. Після розміщення всіх складових рядки закриваються ґрунтом, створюючи при цьому раціональні зони живлення рослин.

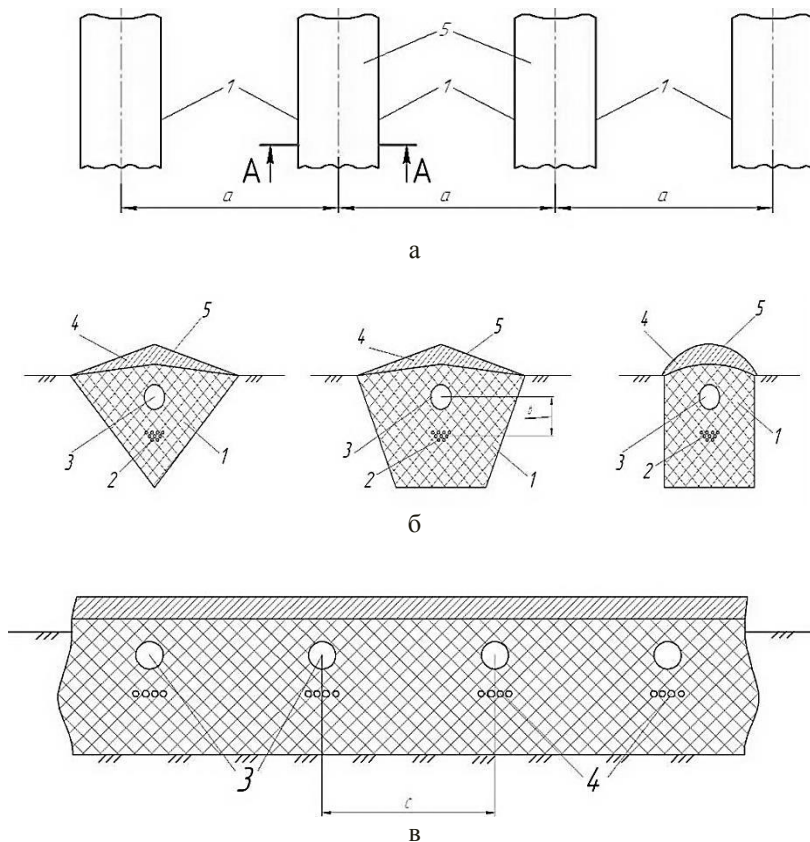


Рис. 1 – Схема реалізації локального внесення твердих органічних добрив під час садіння (посіву) сільськогосподарських культур: а – схема розміщення чотирьох рядків (вид зверху), б – зони живлення залежно від профілю сошника, в – поздовжнє розміщення комплексних добрив та насіння

Запропонована технологія локального внесення твердих органічних добрив забезпечує незначне перемішування їх з ґрунтом, елементи живлення довше зберігаються в доступному для рослин стані. Попередні дослідження [14] поверхневого внесення заморожених сапропелів, виготовлення компостів на їх основі дозволили сформувати різні за складом варіанти твердих органічних

добрив для перевірки їх у лабораторно-польових умовах під час вирощування картоплі [15]. До таких віднесли, відповідно до рисунка 5.8: проморожений сапропель вологістю 49 %, компости на основі озерного сапропелю та солом'яної різки після взаємодії 1 рік, торфосапропелі суміш торфу та сапропелю у співвідношенні 1:1, підстилковий гній (рис. 2).



Рис. 2. Польові дослідження локального внесення органічних добрив з одночасним садінням картоплі: а – формування борозни запропонованим сошником; б – моделювання процесу вкладання компостів засобом для локального внесення твердих органічних добрив; в – розміщення картоплі на виготовлених компостах; г – контроль формування профілю борозни; е – загальний вигляд варіантів закладеного дослідю; д – загальний вигляд дослідної ділянки

До важливих чинників, які становили інтерес під час застосування нової технології, необхідно віднести: схожість посадкового матеріалу; швидкість росту стеблової частини картоплі через 20 днів після посадки; забрудненість у межах закладання добрив, врожайність (табл.).

Таблиця – Результати застосування нової технології

Вид добрив	Сходи, %	Контрольовані розміри сходів, %			Врожай ність, ц/га
		>5 см.	2...5 см.	< 2 см	
Проморожений сапропель вологістю 49 %	100	33,3	28,6	38,1	280
Компости на основі озерного сапропелю та солом'яної різки після взаємодії 1 рік	97,6	19,6	39	39	240
Торфосапропелі суміш торфу та сапропелю у співвідношенні 1:1	92,8	30,9	28,6	33,3	230
Підстилковий гній	90,2	31,7	17,1	41,4	275
Без добрив	82,9	17,2	31,4	34,3	210

Однчасне внесення добрив під час посадки картоплі дозволить не тільки якісно виконувати агротехнічні прийоми, але й зменшити експлуатаційні затрати, що впливає на рентабельність цієї культури.

Для цього можна провести модернізацію наявних розкидачів твердих органічних добрив як вітчизняного, так і закордонного виробництва.

Схема машини для локального внесення твердих органічних добрив з одночасною посадкою картоплі [16], представлена на рисунку 3, працює таким чином. Не підготовлені тверді органічні добрива або проморожені озерні сапропелі з бургтів завантажуються у кузов. Після транспортування твердих органічних добрив до місця внесення на попередньо підготовлене оранкою поле у загінці сошники встановлюють у робоче положення на певну глибину та ширину ходу.

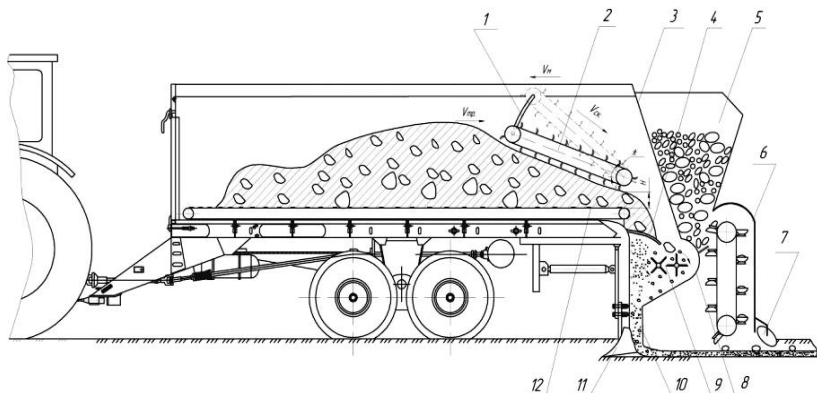


Рис. 3 – Машина для локального внесення замороженого сапропелю з одночасною посадкою картоплі: 1 – направляюча; 2 – скребковий транспортер; 3 – огорожувальний щиток; 4 – прутковий сепаратор; 5 – бункер з картоплею; 6 – садильний апарат; 7 – дисковий загортач; 8 – скатна поверхня; 9 – подрібнювальний пристрій; 10 – сапропелепровід; 11 – сошник; 12 – подавальний транспортер

Приводним валом трактора приводиться в рух ланцюгово-планчатий транспортер, який підводить тверді органічні добрива на прутковий сепаратор, що розділяє добрива на дрібну фракцію та тверді агрегати і направляє останні на подрібнювальний пристрій. Два потоки дрібної фракції отримано після сепарації на прутковому сепараторі та на подрібнювальному пристрої через скатну поверхню з'єднуються у сапропелепроводі та подаються на ґрунт у зони, підготовлені ложеформувальними сошниками. Привод садильних апаратів картоплі здійснюється від опорно-приводних коліс. Загортаються борозни дисковими загортачами. Норма садіння залежить від відстані між ложечками садильного агрегата.

Після проходження заїмки приводи ланцюгово-планчатого транспортера виключаються. Сапропелепроводи та ложеформувальні сошники, разом із садильними апаратами переводять у транспортне положення та переміщують машину у наступну заїмку. Довжину заїмок розраховують за продуктивністю ланцюгово-планчатого транспортера та швидкістю машини відповідно вимог до садіння картоплі.

Рекомендовані технологічні параметри машини:

- кількість рядків – 4 шт;
- норма внесення – до 10 т/га;

- висота вхідного потоку добрив – 0,01...0,015 м;
- швидкість переміщення подавального транспортера – 0,022...0,033 м/с;
- швидкість руху машини – 1,47...2,64 м/с;
- лінійна швидкість скребкового транспортера – 1,0 м/с;
- частота обертання роторів 800...1000 хв⁻¹;
- висота вкладеного сапропелю – 0,05...0,08 м;
- ширина смуги вкладання сапропелю – 0,1...0,2 м.

Висновок.

1. Врожайність картоплі із застосуванням промороженого сапропелю майже однакова з підстилковим гноєм. Тобто тверді органічні добрива на основі сапропелю можуть стати хорошою альтернативою підстилковому гною. Найвища врожайність спостерігалась у випадку локального внесення промороженого сапропелю – 280 ц/га, підстилкового гною – 275 ц/га, компости на основі озерного сапропелю та різки соломи – 240 ц/га.

2. Запропонована машина забезпечує високу ефективність локального внесення твердих органічних добрив або промороженого озерного сапропелю у сформовані ложе та точність посадки картоплі відповідно до агротехнічних вимог. Також збільшується продуктивність МТА за рахунок поєднання технологічних операцій.

Література

1. Марченко В.В. Обґрунтування раціонального складу та ефективного використання комплексів машин для внесення твердих органічних добрив у зоні Лісостепу України: автореф. дис. кан. техн. наук.: спец. 05.05.11 “Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва” / В.В. Марченко. – Київ, 1999. – 19 с.
2. Марченко Н.М. Механизация внесения органических удобрений / Н.М. Марченко, Г.И. Личман, А.Е. Шабалкин. – М.: ВО «Агропромиздат», 1990. – 207 с.
3. Білоконь Я.Ю. Нова мобільна сільськогосподарська техніка / Я.Ю. Білоконь, А.І. Окоча. – Ніжин.: ВКП "Аспект", 1999. – 264 с.
4. Клименко П.Д. Основи землеробства і тваринництва / П.Д. Клименко, О.І. Кононенко, В.П. Федоров – К.: Вища школа, 1991. – 375 с.
5. Гудзь В.П. Землеробство з основами ґрунтознавства і агрохімії: [Підручник. За редакцією В.П. Гудзя. Друге видання, перероблене та доповнене] / В.П. Гудзь, А.П. Лісовал, В.О. Андрієнко, М.Ф. Рибак – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 408 с.

6. Анікєєв А.І. Обґрунтування параметрів процесу внесення органічних добрив із куп: автореф. дис. для здобуття наук. ступеня кан. техн. наук / А.І. Анікєєв. – Харків, 2005. – 22 с.

7. Внуков И.Т. Исследование лопастного метателя органических удобрений: автореф. дис. кан. техн. наук / И.Т. Внуков. – Харьков, 1973. – 23 с.

8. Зайцев А.С. Обоснование параметров и разработка устройства для формирования валка из куч органических удобрений: автореф. дис. кан. техн. наук / А.С. Зайцев. – Харьков, 1990. – 23 с.

9. Линник Н.К. Исследование процесса внесения органических удобрений роторными разбрасывателями: автореф. дис. кан. техн. наук / Н.К. Линник. – Киев, 1970. – 27 с.

10. Мбетеамгар В. Обоснование параметров разбрасывающего устройства прицепов-разбрасывателей органических удобрений: автореф. дис. кан. техн. наук / В. Мбетеамгар. – Харьков, 1988. – 23 с.

11. Голуб Г.А. Механіко-технологічне обґрунтування технічних засобів для агропромислового виробництва істівних грибів: автореф. дис. докт. техн. наук / Г.А. Голуб. – Глеваха, 2005. – 33 с.

12. Булаев В.Е. Агротехника локального внесения удобрений [Текст] : обзор. информ. / В.Е. Булаев ; ВАСХНИЛ, ВНИИ информ. и техн.-экон. исслед. по сел. хоз-ву). – М. : ВНИИТЭИСХ , 1981. – 59 с.

13. Лінник М.К. Технології і технічні засоби виробництва та використання органічних добрив: [монографія] / М.К. Лінник, М.М. Сенчук // За ред. доктора технічних наук, академіка НААН В.В. Адамчука; – Ніжин: ПП Лисенко М.М., 2012. – 248 с.

14. Бабарика С.Ф. Обґрунтування параметрів робочих органів машин для поверхневого внесення сапропелів: дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук / 05.05.11. Бабарика Степан Федорович. – Тернопіль, 2010. – 203 с.

15. Пат. №75617 Україна, МПК А01С 21/00. Спосіб локального внесення твердих добрив / Поліщук М.М., Дідух В.Ф., Бабарика С.Ф., Суховецький А.С. заявник і власник патенту Луцький національний технічний університет; заявл. 08.05.2012; опубл. 10.12.2012, бюл. №23.

16. Пат. №84229 Україна, МПК А01С 9/00, АС01С 15/00. Машина для локального внесення твердих органічних добрив з одночасною посадкою картоплі / Поліщук М.М., Дідух В.Ф., Сацюк В.В., Бабарика С.Ф. заявник і власник патенту Луцький національний технічний університет; заявл. 30.04.2013; опубл. 10.10.2013 бюл. №19.

УДК 631.358:633.521

© І.М.Дударев, к.т.н., С.М.Крук, Р.В.Кірчук, к.т.н., В.В.Тарасюк, к.т.н.
Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОВИСАННЯ ШАРУ ЛЛЯНОГО ВОРОХУ НА ДНИЩІ СЕПАРАТОРА

У статті представлено результати моделювання провисання шару лляного вороху на днищі сепаратора. Теоретичним шляхом одержані залежності для обґрунтування конструктивних параметрів сепаратора.

ЛЛЯНИЙ ВОРОХ, ШАР, ВЕЛИЧИНА ПРОВИСАННЯ, МОДЕЛЮВАННЯ, СЕПАРАТОР.

Постановка проблеми. Сепарування лляного вороху є одним з найбільш складних процесів у технології його переробки. Відомі конструкції сепараторів зумовлюють значні втрати стеблових складових лляного вороху, які можуть бути використані як додаткова сировинна база у виробництві однотипного волокна та паливних брикетів. Тому дослідження спрямоване на розробку конструкцій сепараторів лляного вороху, що зменшують втрати стеблових складових, а також обґрунтування їх параметрів є надзвичайно актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням сепарування лляного вороху займалися такі науковці як С.А. Бортник, Ю.И. Боярчук, В.Ф. Дідух, А.Ф. Єругін, В.І. Зеленко, С.А. Катченков, Р.В. Кірчук, М.М. Ковальов, В.Е. Кругленя, А.Н. Кудрявцев, Д.Ю. Лачуга, В.Б. Мелегов, А.В. Сотченков, І.В. Тараймович, В.А. Шаршунов та інші. Значна увага у дослідженнях приділялася питанням обґрунтування раціонального способу сепарування лляного вороху, який дозволяв би мінімізувати втрати та пошкодження усіх складових вороху. Одним з таких способів є сепарування шляхом розтягування шару вороху. Для реалізації цього способу запропоновано конструкцію коливально-розтягувального сепаратора [1 – 3], що потребує обґрунтування конструктивних параметрів.

Мета дослідження – дослідити провисання шару лляного вороху на днищі сепаратора та обґрунтувати конструктивні параметри днища.

Результати дослідження. Визначимо величину провисання шару лляного вороху в статичному положенні між напрямними днища сепаратора. Лляний ворох містить обривки стебел та суплідь, які утворюють важкороздільну зв'язану волокнисту гнучку плутанину.

Якщо виділити у поперечному напрямку до напрямку переміщення лляного вороху днищем між двома напрямними елементарний шар вороху шириною dl_u (рис. 1, а), висотою h_u та довжиною L_u (де L_u – початкова довжина шару вороху до його розміщення на напрямних, м), в якому складові вороху рівномірно розподілені за об’ємом, тобто щільність ρ_u [кг/м³] шару вороху однакова у всьому об’ємі, тоді розглядуваний елементарний шар лляного вороху можна замінити моделлю, що має властивості гнучкої нитки, вага якої рівномірно розподілена за її довжиною $q_u = \rho_u F_u g$ (де q_u – вага одиниці довжини елементарного шару вороху, Н/м; F_u – площа поперечного перерізу елементарного шару вороху ($F_u = h_u \cdot dl_u$), м²). Така модель шару вороху дозволяє застосувати для визначення величини його провисання між напрямними теорію гнучких ниток, відповідно до якої приймемо наступні припущення: провисання елементарного шару вороху мале порівняно з відстанню l_{on} між вершинами *A* та *B* (проліт) напрямних днища (опорами для шару вороху) в площині рис.1, б; вершини напрямних днища розміщені на одному рівні; шар лляного вороху за довжиною L_u має однакову площу поперечного перерізу F_u ; оскільки провисання шару мале, тоді з достатньою для практики точністю можна вважати, що вага шару рівномірно розподілена не за його довжиною, а вздовж прольоту l_{on} .

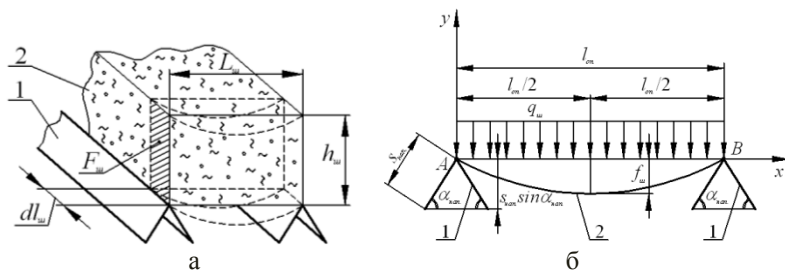


Рис. 1 – Розрахункові схеми: а – схема до визначення площі елементарного шару лляного вороху (1 – напрямна днища; 2 – лляний ворох); б – схема моделі шару лляного вороху, що має властивості гнучкої нитки (1 – напрямна днища; 2 – модель шару лляного вороху (гнучка нитка))

Обравши систему координат xAy , як показано на рис. 1, б, тоді рівняння кривої, яку займає шар вороху в положенні рівноваги, матиме вигляд [4]:

$$y = \frac{q_u x}{2H} (l_{on} - x), \quad (1)$$

де H – горизонтальна сила натягу шару лляного вороху, H .

Знайдемо похідну від виразу (1) по x :

$$y' = \frac{q_u}{2H} (l_{on} - 2x). \quad (2)$$

Привіряємо вираз (2) до нуля та розв'яжемо його відносно x , отримаємо значення відстані вздовж осі x , де провисання шару буде найбільшим. У даному випадку найбільше провисання шару вороху буде по середині прольоту, тобто при $x = l_{on}/2$. Підставляючи значення $x = l_{on}/2$ в рівняння (1), отримаємо залежність для визначення величини найбільшого провисання шару вороху:

$$y_{\max} = f_u = \frac{q_u l_{on}^2}{8H}. \quad (3)$$

З виразу (3) визначимо горизонтальну силу натягу шару вороху:

$$H = \frac{q_u l_{on}^2}{8f_u}. \quad (4)$$

Як відомо, довжина кривої, а, відповідно, елементарного шару вороху може бути визначена за формулою [4, 5]:

$$S_u = \int_0^{l_{on}} \sqrt{1 + y'^2} dx. \quad (5)$$

Підставляючи в похідну (2) вираз (4), після перетворень отримаємо:

$$y' = \frac{4f_u}{l_{on}} \left(1 - 2 \frac{x}{l_{on}} \right). \quad (6)$$

Підставивши вираз (6) у формулу (5) та розклавши підінтегральну функцію в ряд і інтегруючи, отримаємо [4]:

$$S_u = l_{on} \left[1 + \frac{8}{3} \left(\frac{f_u}{l_{on}} \right)^2 - \frac{32}{5} \left(\frac{f_u}{l_{on}} \right)^4 + \frac{256}{7} \left(\frac{f_u}{l_{on}} \right)^6 - \dots \right]. \quad (7)$$

Оскільки провисання шару вороху незначне (крива полого), тоді можна обмежитися першими двома членами розкладання:

$$S_u = l_{on} \left[1 + \frac{8}{3} \left(\frac{f_u}{l_{on}} \right)^2 \right]. \quad (8)$$

Подовження ΔS_u елементарного шару вороху початковою довжиною L_u після його розміщення між напрямними днища, можна визначити за наступною формулою [6]:

$$\Delta S_u = S_u - L_u. \quad (9)$$

Визначимо зміну довжини елементарного шару вороху від зусилля розтягу. Оскільки провисання шару мале, тоді можна прийняти, що зусилля розтягу дорівнює натягу H . У цьому випадку пружне подовження шару від розтягання складе [6]:

$$\Delta S_u = \frac{H l_{on}}{E_u F_u}, \quad (10)$$

де E_u – модуль пружності лляного вороху, Па.

Підставляючи вирази (8) та (10) у формулу (9) з врахуванням (4), після перетворень отримаємо:

$$f_u^3 + \frac{3l_{on}(l_{on} - L_u)}{8} f_u - \frac{3q_u l_{on}^4}{64E_u F_u} = 0. \quad (11)$$

Рівняння (11) є “неповним” кубічним рівнянням, дійсний корінь якого можна знайти за формулами Кардано [7]:

$$f_u = A + B, \quad (12)$$

$$\text{де } A = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{Q}}; \quad B = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{Q}}; \quad Q = \left(\frac{p}{3}\right)^3 + \left(\frac{q}{2}\right)^2;$$

$$p = \frac{3l_{on}(l_{on} - L_u)}{8}; \quad q = -\frac{3q_u l_{on}^4}{64E_u F_u} \text{ – відповідно коефіцієнт при } f_u \text{ та}$$

вільний член у “неповному” кубічному рівнянні (11).

Підставляючи у вираз (12) відповідні значення, після перетворень отримаємо залежність для визначення величини провисання шару лляного вороху між напрямними днища сепаратора:

$$f_u = \sqrt[3]{\frac{3q_u l_{on}^4}{128E_u F_u} + \sqrt{\left(\frac{3l_{on}(l_{on} - L_u)}{24}\right)^3 + \left(\frac{-3q_u l_{on}^4}{128E_u F_u}\right)^2}} + \sqrt[3]{\frac{3q_u l_{on}^4}{128E_u F_u} - \sqrt{\left(\frac{3l_{on}(l_{on} - L_u)}{24}\right)^3 + \left(\frac{-3q_u l_{on}^4}{128E_u F_u}\right)^2}}. \quad (13)$$

На рис. 2 представлено поверхню відгику величини провисання шару лляного вороху $f_{ш}$ та її двомірні січення в залежності від щільності лляного вороху $\rho_{ш}$ та відстані $l_{оп.}$ між напрямними днища.

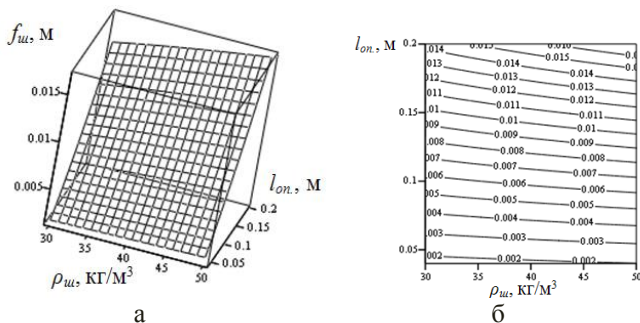


Рис. 2 – Поверхня відгику величини провисання шару лляного вороху $f_{ш}(\rho_{ш}, l_{оп.})$ (а) та її двомірні січення (б) при $F_{ш} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$; $E_{ш} = 7,5 \text{ кПа}$; $l_{оп.} = L_{ш}$, тобто в початковий момент провисання шару лляного вороху відсутнє

Для запобігання можливості провисання шару лляного вороху нижче напрямних днища, що ускладнить сепарацію (проходження відокремлених складових вороху через днище) та уможливить обрив і проходження плутанини на похиле решето сепаратора, необхідно, щоб конструктивно виконувалася умова (рис. 2, б):

$$s_{нп.} > \frac{f_{ш}}{\sin \alpha_{нп.}}. \quad (14)$$

Висновок. За результатами моделювання провисання шару лляного вороху на днищі сепаратора одержано залежності, що дозволяють встановити величину провисання шару вороху та відстань між напрямними днища сепаратора, за якої не буде втрат стеблових складових вороху з відокремленим насіннєвим ворохом льону.

Література

1. Пат. №35570 Україна, МПК F26B9/06, A01D45/26. Сепаратор вороху / І.М. Дударєв, І.В. Тараймович. Заяв. 24.04.2008; опубл. 25.09.2008; Бюл. № 18.

2. Пат. №92924 Україна, МПК F26 B9/06, A01 D45/26, A01 F11/00. Сепаратор вороху / І.М. Дударев; Заяв. 12.06.2008; опубл. 27.12.2010; Бюл. №24.

3. Пат. №100750 Україна, МПК F26B9/06, A01D45/06, A01F11/02. Сепаратор льяного вороху / І.М. Дударев; Заяв. 16.02.2015; опубл. 10.08.2015; Бюл. № 15.

4. Бать М.И. Теоретическая механика в примерах и задачах: учебное пособие: Т. III (специальные главы механики) / М.И. Бать, Г.Ю. Джанелидзе, А.С. Кельзон; под редакцией Г.Ю. Джанелидзе и Д.Р. Меркина. – М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва “Наука”, 1973. – 488 с.

5. Бондаренко А.А. Теоретична механіка: підручник: У 2 ч. / А.А. Бондаренко, О.О. Дубінін, О.М. Переяславцев. – Ч. 1: Статика. Кінематика. – К.: Знання, 2004. – 599 с.

6. Писаренко Г.С. Опір матеріалів: підручник / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський; за ред. Г.С. Писаренка. – 2-ге вид., допов. і перероб. – К: Вища шк., 2004. – 655 с.

7. Цыпкин А.Г. Справочник по математике для средних учебных заведений / А.Г. Цыпкин. – 4-е изд., испр. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 432 с.

Рецензент д.т.н., проф.В.Ф. Дідух

УДК 631.365:633.34

© Р.В.Кірчук, к.т.н., О.В.Голій, к.т.н., К.Є.Копець, А.Е.Іванкевич
Луцький національний технічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ НАСІННЯ СОЇ У ПРИСТРОЇ ПІДГОТОВКИ ДО СУШІННЯ

Запропоновано математичну модель руху зерен сої поверхню конуса, який обертається, та проведено числовий експеримент, що дає змогу встановити параметри пристрої підготовки зерен сої до сушіння для отримання олії.

ЗЕРНА СОЇ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, СУШІННЯ, НАДРІЗ ЗЕРНИНИ, ПРИСТРІЙ ПІДГОТОВКИ ДО СУШІННЯ.

Постановка проблеми. Для покращення енергоефективності процесу сушіння насіння сої, з подальшою переробкою її на олію,

пропонується перед процесом сушіння виконувати надріз насінин (рис.1). Це призводить до часткового збільшення площі контакту сушильного агента із матеріалом, утворення нових поверхонь випаровування вологи, інтенсифікації тепло-масообмінних процесів у зернині сої. Досягти такого результату дозволяє пристрій попередньої підготовки матеріалу до сушіння, що встановлюється у механізмі завантаження сушарки (рис.2).

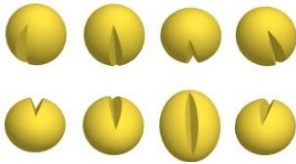


Рис.1 - Підготовлені (надрізані) зерна сої

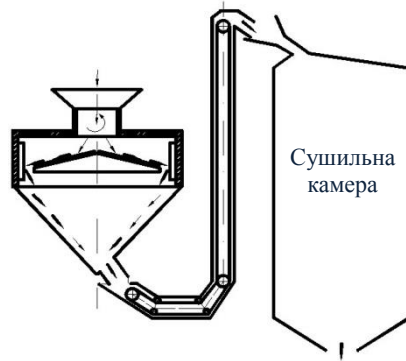


Рис.2 - Функціональна схема пристрою підготовки зерен сої до сушіння у комплексі з сушаркою

Згідно запропонованої технології пристрій підготовки насіння сої до сушіння являє собою конусоподібний диск із прямолінійними лопатками. Конус обертається навколо вертикальної осі. При обертанні конуса насінина ковзає вздовж лопаток, вилітає та вдаряється об загострену кромку деки.

Для визначення геометричних та кінематичних параметрів механізму необхідно розробити математичну модель переміщення насіння поверхнею конуса.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання аналізу руху зернового матеріалу поверхнями робочих органів сільськогосподарських машин і агрегатів присвячено багато уваги [1 – 4]. Розроблені моделі переміщення зерен сільськогосподарських матеріалів і на обертових конусоподібних поверхнях [5]. Однак мало уваги приділено моделюванню руху саме зерен сої та не враховано вплив повітряних потоків, що виникають у подібних механізмах. Наявність спрямовуючих лопаток на поверхні конуса пристрої підготовки зерен сої до сушіння зумовлює появу вертикально

спрямованого повітряного потоку, величина якого змінюється за радіусом конуса.

Мета дослідження – розробити математичну модель руху зерен сої поверхню конусоподібного диска з метою встановлення геометричних та кінематичних параметрів пристрою підготовки сої до сушіння, що є складовою частиною механізму завантаження сушарки.

Результати дослідження. Розглянемо конусоподібний диск із чотирма лопатками, що обертається навколо осі Z зі сталою кутовою швидкістю ω (рис.3).

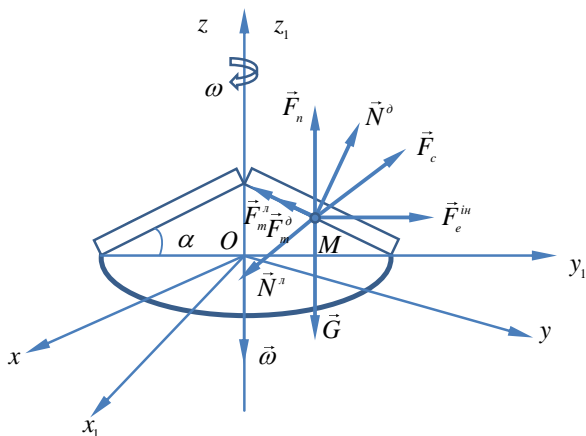


Рис. 3 - Розрахункова схема руху насінини сої поверхню диска

На поверхні диска розміщена насінинка сої масою m . При обертанні диска вона ковзає по диску і вздовж лопатки. Коефіцієнт тертя ковзання насіння сої і металу f .

Введемо нерухому $Oxyz$ та рухому систему координат $Ox_1y_1z_1$ з центром в т. O , що розміщена на основі уявного конуса.

Система координат $Ox_1y_1z_1$ обертається разом з диском навколо осі Oz і є інерційною системою, тому рух точки M відносно диска буде описуватись диференціальними рівняннями відносного руху.

При рівномірному обертанні диска переносне прискорення \vec{W}_e точки M складається лише з до осевої складової, величина якої $W_e = \omega^2 y_{1r}$. Тоді переносно сила інерції $F_e^{iu} = m\omega^2 y_{1r}$ і направлена вздовж осі Oy_1 .

Вектор коріолісового прискорення \vec{W}_c направлений паралельно осі Ox_1 у бік зростання координати x_1 . Отже, коріолісова сила інерції $F_c^{iu} = 2m\omega\dot{y}_{1r}$ і направлена вздовж осі Ox_1 у протилежний бік до додатного напрямку.

Під дією сили ваги \vec{G} насінина тисне на поверхню диска, і при русі насінини у бік зростання координати y_{1r} виникає сила тертя \vec{F}_m^δ . Ця сила має напрям протилежний до напрямку вектора відносної швидкості насінини, тобто вздовж осі Oy_1 . За модулем, сили тертя визначається як $F_m^\delta = fN^\delta$. Внаслідок дії коріолісової сили \vec{F}_c^{iu} насінина тисне на поверхню лопатки. Виникає сила тертя \vec{F}_m^a , що становить $F_m^a = fN^a$. Ця сила тертя має напрям також протилежний до напрямку вектора відносної швидкості насінини. Отже, обидві сили тертя мають один і той же напрям (рис. 1).

При обертанні лопаток диска спостерігається утворення повітряного потоку, що може впливати на характер руху насінини. Сила повітряного потоку визначається за формулою Ньютона:

$$F^n = k \cdot \gamma_n \cdot S (V_n - V_r)^2, \quad (1)$$

де k – коефіцієнт опору повітря;

γ_n – об'ємна маса повітря, кг/м^3 ;

S – міделевий переріз, тобто проекція насінини на площину, перпендикулярну до напрямку повітряного потоку, м^2 ;

V_n, V_r – швидкості відповідно повітряного потоку та насінини у відносному русі, м/с .

При відносній швидкості $V_r = 0$ матимемо $F^n = G$. Тобто насінина перебуватиме у завислому стані, що відповідає критичній швидкості повітряного потоку $V_n = V_{kp}$. З літературних даних відомо, що для насіння сої $V_{kp} = 9,5 \dots 12,5 \text{ м/с}$ [6]:

$$k \cdot \gamma_n \cdot S = \frac{G}{V_{kp}^2}. \quad (2)$$

І формула (1) набере виду:

$$F^n = \frac{G}{V_{kp}^2} (V_n - V_r)^2, \quad (3)$$

або

$$F^n = \frac{G}{V_{kp}^2} (V_n - \dot{z}_{1r})^2. \quad (4)$$

За експериментальними даними отримана емпірична залежність зміни величини швидкості повітряного потоку з радіусом диска. Лінеаризуючі отриманий масив експериментальних даних встановлено:

$$V_n(y_{1r}) = a - b \cdot y_{1r},$$

де a, b - константи емпіричної залежності. Розмірність $[a]$ м/с, $[b]$ с⁻¹.

Для прикладу, при частоті обертання диска 55 об/хв емпірична залежність матиме вигляд: $V_n = 6,3 - 0,1 \cdot y_{1r}$.

Рівняння (4) можна записати так:

$$F^n = \frac{G}{V_{kp}^2} \left((a - b \cdot y_{1r}) - \dot{z}_{1r} \right)^2. \quad (5)$$

Таким чином, на насініну сої при її відносному русі діють такі сили: сила ваги насініни \vec{G} , сили тертя $\vec{F}_m^\delta, \vec{F}_m^n$, реакції поверхонь N^δ, N^n , переносна F_e^{in} і коріолісова сили F_c^{in} інерції, сила дії повітряного потоку F^n , що спричинена збуреним лопатками диска потоком повітря. Рівняння динаміки відносного руху насініни сої матиме вигляд [7,8]:

$$m\vec{W}_r = \vec{G} + \vec{F}_m^\delta + \vec{F}_m^n + \vec{N}^\delta + \vec{N}^n + \vec{F}_e^{in} + \vec{F}_c^{in} + \vec{F}^n. \quad (6)$$

Проектуючи це рівняння на осі Ox_1, Oy_1 та Oz_1 матимемо:

$$m\ddot{x}_{1r} = N^n - F_c^{in}; \quad (7)$$

$$m\ddot{y}_{1r} = F_e^{in} - F_m^\delta \cos \alpha - F_m^n \cos \alpha + N^\delta \sin \alpha; \quad (8)$$

$$m\ddot{z}_{1r} = N^\delta \cos \alpha - G + F^n. \quad (9)$$

Формуючі початкові умови поставленої задачі, можна записати $x_{1r} = 0$ і $\dot{x}_{1r} = 0$. Тоді з рівняння (7) випливає, що $N^n = F_c^{in}$. Тобто $N^n = 2m\omega\dot{y}_{1r}$.

Виходячи з умови постійного контакту насініни із поверхнею диска ($N^\delta > 0$) та того, що рух насініни відбувається вздовж лопатки, можна записати:

$$z_{1r} = (R - y_{1r}) \sin \alpha. \quad (10)$$

Підставляючи (10) у рівняння (9) можна визначити невідому реакцію N^0 .

$$N^0 = \frac{m \cdot d^2 \left[(R - y_{1r}) \sin \alpha \right] + mg - \frac{mg}{V_{kp}^2} \left[(a - by_{1r}) - \frac{d \left[(R - y_{1r}) \sin \alpha \right]}{dt} \right]^2}{\cos \alpha}, \quad (11)$$

або

$$N^0 = \frac{m \cdot \ddot{y}_{1r} \sin \alpha + mg - \frac{mg}{V_{kp}^2} \left[(a - by_{1r}) + \dot{y}_{1r} \sin \alpha \right]^2}{\cos \alpha}. \quad (12)$$

Для отримання рівняння руху насінини сої вздовж радіуса диска слід підставити значення реакції N^0 з рівняння (12) в (8). Після перетворень та спрощень отримуємо:

$$\ddot{y}_{1r} = \frac{\omega^2 y_{1r} - 2\omega f \cdot \dot{y}_{1r} \sin \alpha + (tg \alpha - f) \left[g - \frac{g}{V_{kp}^2} \left((a - b \cdot y_{1r}) + \dot{y}_{1r} \sin \alpha \right)^2 \right]}{1 - \sin \alpha (tg \alpha - f)}. \quad (13)$$

На основі розробленої математичної моделі (13) можна виконати числовий експеримент в системі MathCad (рис.4, рис. 5), що дасть змогу взаємопов'язувати вхідні параметри пристрою підготовки сої до сушіння, а саме: кутову швидкість обертання диска ω , кута його нахилу α із вихідними параметрами: радіусом диска r , часом перебування насінини на диску, швидкістю вильоту насінини в зону надрізання V .

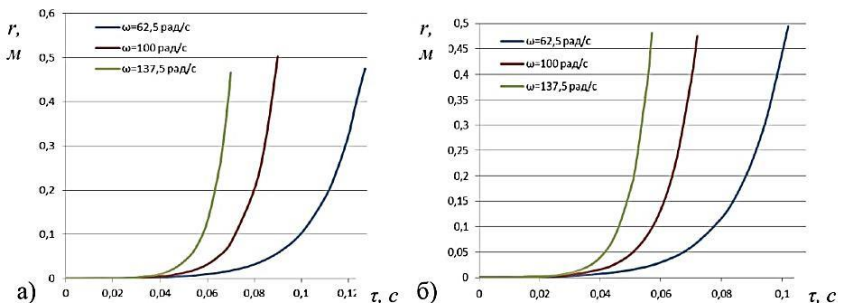


Рис.4 – Графік переміщення зернини сої з часом:

а) кут нахилу диску $\alpha=30^0$; б) $\alpha=40^0$

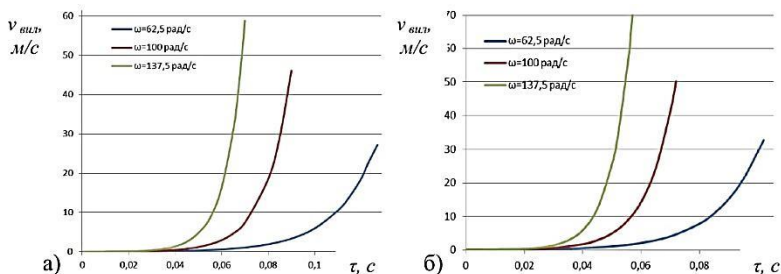


Рис.5 - Графік зміни швидкості зернини сої з часом:
а) кут нахилу диску $\alpha=30^{\circ}$; б) $\alpha=40^{\circ}$

Висновки. Для зменшення енерговитрат на процес сушіння зерен сої пропонується виконувати попередню підготовку матеріалу до сушіння шляхом надрізу оболонки насінини. Механізм, що виконує дану операцію рекомендується встановлювати у завантажувальному пристрої сушарки. За результатами проведених теоретичних та експериментальних досліджень отримано математичну модель та проведено числовий експеримент, що дало змогу встановити кінематичні та геометричні параметри механізму підготовки зерен сої до сушіння:

Література

1. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозозяйственных машин.- К.: Изд.УАСХН,1960.-283с.
2. Василенко П.М. Методика построения расчентых моделей функционирования механических систем (машин и машинных агрегатов). Учебное пособие / П.М. Василенко, В.П. Василенко – К: КИСМ, 1980. – 138 с.
3. Заика П.М. Избирательные задачи земледельческой механики: Практ. пособие.-Л: Изд-во УСХА, 1992.-512с.
4. Механіка сільськогосподарських матеріалів та середовищ // Навч. посібник / В.П.Ковбаса, В.М.Швайко, О.П.Гуцол. - Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2015.-536с.
5. Гевко Б.М. Математична модель руху зерна по рухомих поверхнях висівних апаратів //Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки №11т.1(65), 2012р.- с. 113-118.

6. Л.В. Пешук. Біохімія та технологія оліє-жирової сировини [Електронний ресурс]: - Режим доступу http://b-ko.com/book_407.html

7. Бондаренко А.А., Дубінін О.О., Переяславцев О.М. Теоретична механіка: Підручник: У 2 ч.-Ч.2:Динаміка.-К.:Знання, 2004.-590с.

8. Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник.-К.:Техніка, 2002.-512с.:іл.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух

УДК 631.358.42

О.М. Клендій, к.т.н.

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГВИНТОВОГО КОНВЕЄРА ІЗ ЗАПОБІЖНОЮ МУФТОЮ

В статті представлена конструкція гвинтового конвеєра із запобіжною муфтою, використання якої дозволяє підвищити ефективність функціонування конвеєрів в екстремальних умовах експлуатації. З метою усунення заклинювання робочого органу конвеєра при переміщенні матеріалу запропоновано використовувати запобіжну муфту з розділеними в часі режимами буксування та осьового зміщення шнека для автоматичного відновлення робочого стану системи. Також проведений силовий аналіз роботи захисного механізму, який дає змогу оцінити зміну крутного моменту веденої півмуфти і шнека T від зміни кута відносного повертання півмуфт ρ . Виконані статичні експериментальні дослідження запобіжної муфти, за результатами яких встановлено, що представлені в статті аналітичні залежності можуть бути використані при інженерному проектуванні різних типорозмірів даного захисного механізму.

ГВИНТОВИЙ КОНВЕЄР, ЗАПОБІЖНА МУФТА, ПАРАМЕТРИ, ЗАХИСНИЙ МЕХАНІЗМ.

Постановка проблеми. Гвинтові конвеєри широко використовують під час переміщення сипких і кускових матеріалів у

різних виробничих процесах. Однак, при транспортуванні матеріалів внаслідок наявності зазору між поверхнею обертання шнека та внутрішньою поверхнею направляючої труби, можуть виникати заклинювання гвинтового робочого органу. Для відновлення працездатності конвеєра необхідно відвести в осьовому напрямку заклинене ребро шнека від контакту з матеріалом, і в подальшому, після зняття перевантаження, елементи приводу повинні забезпечити відновлення початкового положення робочого органу для подальшого транспортування матеріалу в зону вивантаження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомі принципи реверсування заклиненого робочого органу, які виконуються за допомогою планетарних запобіжних муфт і забезпечують зворотне повертання шнека від незначного кута повороту до декількох обертів з наступним відновленням його початкового положення. Також можливий спосіб осьового відведення заклиненого гвинтового робочого органу за допомогою кулькових запобіжних муфт з профільним виконанням лунок, як при виході із зачеплення, так і при їх входженні [1 – 3].

Аналіз відомих досліджень показав, що основними недоліками існуючих запобіжних муфт, які забезпечують реверсування перевантажених робочих органів, є їх конструктивна та технологічна складність, велика матеріаломісткість, недостатня надійність. Також вони мають значні габаритні розміри, а при їх роботі виникають суттєві динамічні навантаження внаслідок дії сил інерції ведених ланок приводу та робочого органу з автоматичним відновленням його початкового положення.

Мета дослідження – підвищити ефективність функціонування гвинтових конвеєрів в екстремальних умовах експлуатації шляхом розроблення та обґрунтування раціональних параметрів запобіжної муфти шнекового робочого органу.

Результати дослідження. З метою підвищення експлуатаційних показників гвинтових конвеєрів розроблено запобіжну муфту для гвинтового конвеєра [5]. На рис. 1 зображена схема конвеєра із запобіжною муфтою.

Він складається з рами 13, на якій розміщений бункер 6 і корпус транспортера 7. У корпусі конвеєра розташований гвинтовий живильник 8, вал котрого виконаний у вигляді труби 9, в середину якої через підшипники 6 встановлено суцільний вал 11, жорстко закріплений правим фланцем 12 у корпусі. З лівої сторони суцільний вал жорстко закріплений у стійці 17. На лівому фланці 14 через радіально-упорний підшипник 15 встановлений запобіжний пристрій, виконаний у вигляді ведучої півмуфти 5, яка за допомогою кульок 16

взаємозв'язана з веденою півмуфтою 4. Вона жорстко закріплена на трубі живильника і за допомогою упорного підшипника 3 підтиснута пружним елементом 2. За допомогою гайки 1 відбувається регулювання крутного моменту, який передає запобіжна муфта.

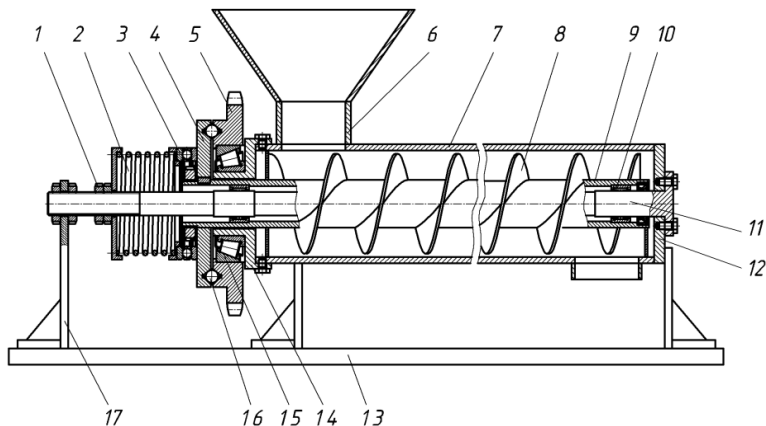


Рис. 1 – Гвинтовий конвеєр із запобіжною муфтою

Робота гвинтового конвеєра із запобіжною муфтою здійснюється наступним чином. Сипкий матеріал через бункер потрапляє в корпус конвеєра на гвинтовий живильник, який здійснює обертовий рух і транспортує його в напрямку вивантаження. При попаданні не подрібнювальних тіл в зону між поверхнею обертання шнека і внутрішньою поверхнею корпуса транспортера виникає заклинювання і зупинка гвинтового живильника.

З метою усунення заклинення робочого органу гвинтового конвеєра при передачі крутного моменту запропоновано використовувати запобіжну муфту [6] з розділеними в часі режимами буксування та осьового зміщення шнека для відновлення робочого стану конвеєра. На рис. 2 показано схема розгортки робочої поверхні ведучої півмуфти.

При виникненні заклинювання робочого органу гвинтового конвеєра ведена півмуфта запобіжної муфти зупиняється, а ведуча продовжує обертатись. Внаслідок цього відбувається основне розчеплення півмуфт, тобто здійснюється вихід кульок з лунок на величину δ_1 . Далі кульки рухаються по похилих робочих канавках з кутом нахилу β на торцевій поверхні ведучої півмуфти, і таким чином здійснюється плавне «м'яке» осьове відведення гвинтового робочого

органу на величину зазору δ_2 , що суттєво зменшує динамічне навантаження на привод шнекового транспортера. Внаслідок обертання ведучої півмуфти кульки заходять у початкове положення, рухаючись при цьому по похилих зворотних канавках з кутом нахилу γ на торцевій поверхні ведучої півмуфти, тобто відбувається плавне «м'яке» відновлення робочого стану шнекового транспортера.

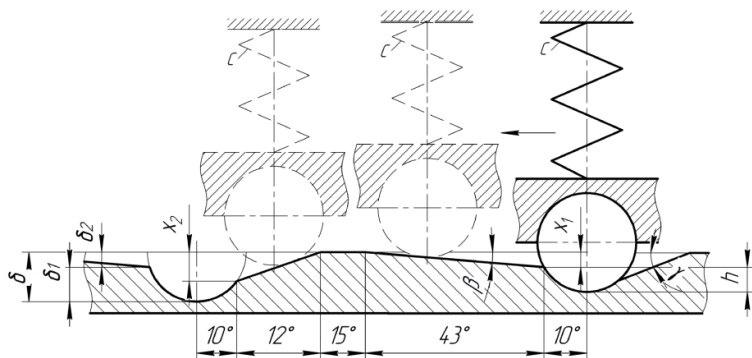


Рис. 2 – Схема розгортки робочої поверхні ведучої півмуфти

На рис. 3 зображені конструктивна схема та загальний вигляд робочої поверхні ведучої півмуфти даного запобіжного механізму. Запропонована конструкція запобіжної муфти дозволяє суттєво зменшити динамічне навантаження на привод та сили інерції в кульках, що значно підвищує довговічність та експлуатаційні характеристики.

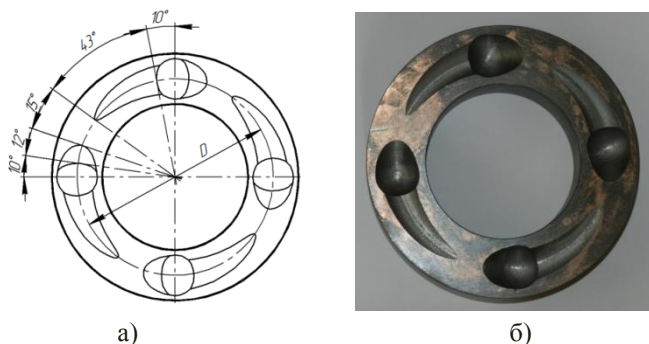


Рис. 3 – Конструктивна схема (а) та загальний вигляд (б) робочої поверхні ведучої півмуфти запобіжної муфти

Для аналізу зміни величини крутного моменту від повертання півмуфти запобіжної муфти на різних етапах її спрацювання проведений силовий розрахунок [7, 8].

На першому етапі розглянемо зачеплення кульок з лунками ведучої півмуфти (рис. 2). При цьому початковий T_{1o} та максимальний T_{1max} крутний момент визначається за формулою (1):

$$T_{1o} = T_{1max} = \frac{Rc\delta_0}{\frac{r-h-tg\varphi\sqrt{r^2-(r-h)^2}}{\sqrt{r^2-(r-h)^2}+(r-h)tg\varphi}}, \quad (1)$$

де R – радіус розташування кульок;

c – жорсткість пружини;

δ_0 – попередній натяг пружини;

r – радіус кульки;

h – максимальна величина переміщення кульок по поверхні лунок;

φ – кут тертя.

На другому етапі, при якому кульки з веденою півмуфтою переміщуються по похилій робочій канавці ведучої півмуфти, що спричиняє осьове відведення перевантаженого шнека (рис. 2), початковий T_{2o} та максимальний T_{2max} крутний момент визначається за залежністю (2)

$$T_{2o} = T_{2max} = \frac{cR(\delta_0 + h + x_1)}{tg(90^\circ - \beta - \varphi)}, \quad (2)$$

де x_1 - біжуча величина виходу кульки з робочої канавки.

На третьому етапі, при якому кульки з веденою півмуфтою переміщуються по похилих плоских поверхнях ведучої півмуфти в напрямку лунок для відновлення початкового положення всієї системи (рис. 2), початковий T_{3o} та максимальний T_{3max} крутний момент визначається за залежністю (3):

$$T_{3o} = T_{3max} = -\frac{cR(\delta_0 + h - x_2)}{tg(90^\circ - \gamma + \varphi)}, \quad (3)$$

де x_2 - біжуча величина входу кульки у зворотну канавку.

На рис. 4 представлена залежність зміни крутного моменту ведучої півмуфти і шнека T від кута відносного повертання півмуфти ρ ,

в стачинному стані при різних кутових положеннях півмуфт при одному циклі спрацювання запобіжної муфти.

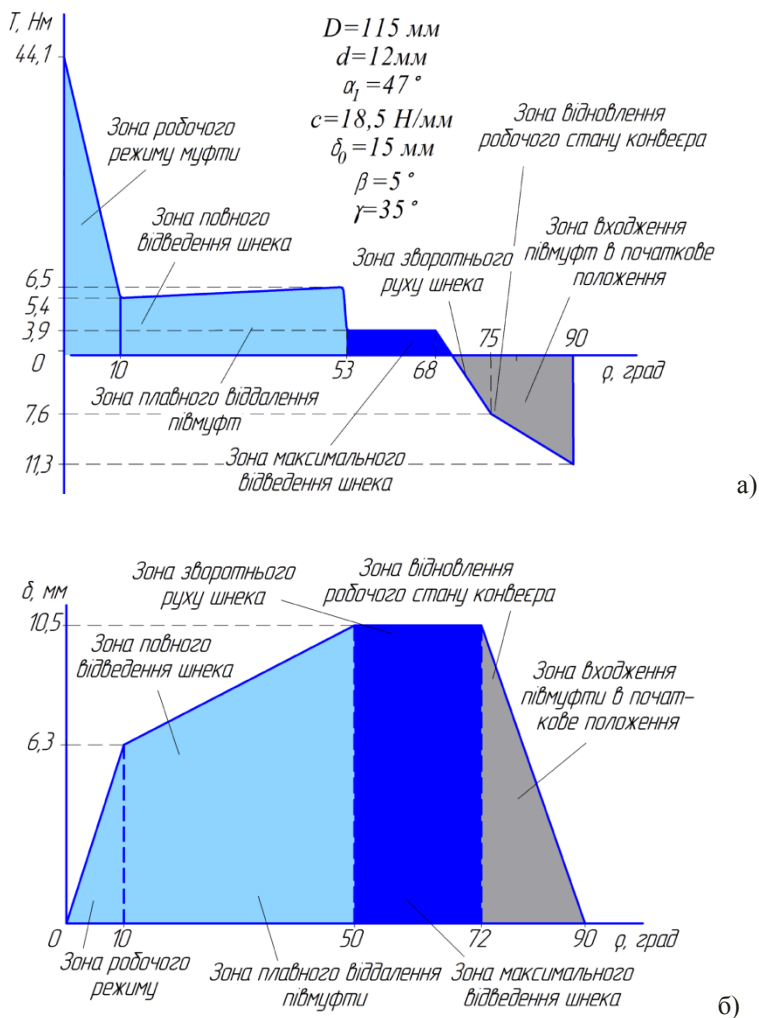


Рис.4 – Залежність крутного моменту T (а) та осевого переміщення введеної півмуфти δ (б) від зміни кута відносного провертання півмуфти ρ

З метою визначення характеру зміни максимального крутного моменту на різних етапах спрацювання запобіжної муфти, а також встановлення адекватності теоретичних розрахунків проведено її статичні експериментальні дослідження.

Для цього півмуфти запобіжного механізму закріплювали у захватах дослідної машини КМ-50-1. Навантаження ведучої півмуфти здійснювали за допомогою обертання нижнього захвату електродвигуном через систему передач. Значення крутного моменту визначали за коловою шкалою, при цьому, фіксували відносне зміщення півмуфт за допомогою кутової шкали. Також машина оснащена записуючим пристроєм, за допомогою якого викреслюється крива залежності моменту від кута повороту нижнього захвату.



Рис. 5 – Загальний вигляд
стенду, на якому
встановлена запобіжна
муфта

Загальний вигляд даного стенду, на якому встановлена запобіжна муфта зображено на рис. 5.

При проведенні досліджень фіксували значення крутних моментів в залежності від кута провертання ведучої півмуфти в десятикратній повторюваності.

За результатами досліджень встановлено, що розчеплення півмуфт відбувалось при максимальному крутному моменті, який значно зменшується при виході кульок на похилі робочі канавки ведучої півмуфти. Під час руху кульок по робочих канавках крутний момент зростає не суттєво. У випадку руху кульок по похилих зворотних канавках виникає протимомент, однак його значення не перевищує момент спрацювання запобіжної муфти.

На рис. 6 представлені результати теоретичних (суцільна лінія) і експериментальних (штрихова лінія) досліджень.

З аналізу даних графічних залежностей видно, що похибка між результатати теоретичних і експериментальних досліджень знаходиться в межах 3,5...19,1%.

Таким чином, за результатами порівняльних досліджень встановлено, що попередньо виведені аналітичні залежності (1), (2) і (3) для визначення крутного моменту, який передає запобіжна муфта,

адекватно відображають реальні процеси спрацювання розробленого захисного механізму. Тому дані аналітичні залежності можуть бути використані при інженерному проектуванні різних типорозмірів запобіжної муфти.

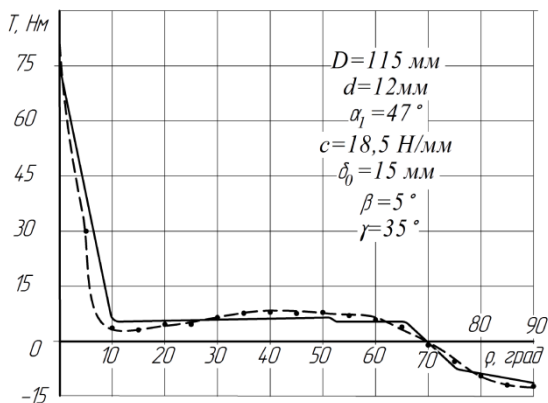


Рис. 6 – Графічні залежності зміни крутного моменту запобіжної муфти від кута відносного провертання півмуфт

Висновки. На основі проведеного патентного огляду, та аналізу існуючих конструктивно-технологічних схем захисних пристроїв гвинтових конвеєрів запропоновано нову конструкцію запобіжної муфти, яка дозволяє суттєво зменшити динамічні навантаження на привод, що значно підвищує довговічність та експлуатаційні характеристики шнекових транспортерів. Також проведений силовий аналіз роботи запобіжної муфти, який дає змогу оцінити зміну крутного моменту веденої півмуфти і шнека T від зміни кута відносного провертання півмуфт ρ . Виконані статичні експериментальні дослідження запобіжного пристрою, за результатами яких встановлено, що похибка між результатами теоретичних і експериментальних досліджень знаходиться в межах 3,5...19,1%. Тому представлені в статті аналітичні залежності можуть бути використані при інженерному проектуванні різних типорозмірів запобіжної муфти.

Література

1. А.с. 1456342, МКИ В65G 33/24. Предохранительное устройство/ Б.М. Гевко, Р.Б. Гевко. – №4102349. Опубл. 07.02.89. Бюл. №5. – 3 с.

2. Клендій О.М. Вдосконалення робочого стану гвинтових конвеєрів/ О.М. Клендій, А.О. Вітровий // Сільськогосподарські машини: Збірник наукових статей. – Випуск 22. – Луцьк: Ред.- вид. Відділ Луцького НТУ, 2012. – С. 100 – 107.

3. Поляков В.С., Барабаш И.Д., Ряховський О.А. Справочник по муфтам/ – Л.: Машиностроение, 1979. – 344 с.

4. Hevko R.B., Zalutskyi S.Z., Tkachenko I.G., Klendiy O.M. (2015) – Development and investigation of reciprocating screw with flexible helical surface, INMATEH: Agricultural engineering, vol. 46, no.2, pg. 133-138.

5. Пат. №62097 Україна, МПК В65G 53/00. Шнековий транспортер із запобіжним пристроєм / Шинкарик М.І., Клендій О.М., Вітровий А.О.: заявник і власник патенту Тернопільський національний економічний університет. - № u201101100, опубл. 10.08.2011, Бюл. №15, 2011 р.

6. Пат. №71785, МПК F16D 7/00. Запобіжний пристрій / Гевко Р.Б., Клендій О.М.: заявник і власник патенту Тернопільський національний економічний університет. - № u201200608; заявл. 19.01.2012; опубл. 25.07.2012, Бюл. № 14, 2012 р.

7. Hevko R.B. The investigation of the process of a screw conveyer safety device actuation / Hevko R.B., Klendiy O.M. // INMATEH: Agricultural engineering, vol. 42, no.1, 2014 - pg. 55-60.

8. Гевко Р. Обґрунтування параметрів захисних механізмів шнекових транспортерів / Р. Гевко, О. Клендій // Вісник Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Науковий журнал № 2 (70). – Тернопіль, 2013. – С. 103 – 114.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух

УДК 621.925

В.М. Клендій к.т.н., Мельничук С.Л.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛОВИХ І КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ КАНАТНИХ МЕХАНІЗМІВ

Переносні канатні механізми з гвинтовими опорами широко використовуються для піднімання і опускання вантажів, буксирування

автомобілів та вантажів, натягування ліній радіо- та електропередач, застосовуються при вирощуванні хмелю та винограду, при прокладанні різних типів проводів, трубопроводів в земельні та підводні траншеї на узбережжях рік та озер. Приведена конструкція установки для дослідження силових і конструктивних параметрів канатного механізму, які мають широке використання в агропромисловому комплексі. Виведені аналітичні залежності для визначення силових параметрів натяжених пристроїв.

КАНАТНИЙ МЕХАНІЗМ, ПАРАМЕТРИ, ЛЕБІДКА

Постановка проблеми. Сучасний рівень розвитку усіх галузей народного господарства України вимагає значного підвищення техніко - економічних показників засобів механізації і автоматизації технологічних процесів і, особливо, підвищення їх вантажопіднімальності та розширення технологічних можливостей. Канатні механізми (КМ) з гвинтовими опорами широко використовують для піднімання, опускання і переміщення вантажів, натягування канатів ліній радіо- і електропередач, при вирощуванні хмелю і винограду, при прокладанні різних типів проводів, трубопроводів в земляні та підводні траншеї, і на узбережжях рік, озер і морів, де останнім часом встановлюють спортивно-розважальні комплекси, а також для ремонтних та будівельних роботах, де відсутні будь-які опори.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У формуванні наукових основ теорії проектування канатних механізмів, а також розроблення прогресивних конструкцій з обґрунтуванням їх конструктивних і технологічних параметрів вагомий вклад внесли вчені: Александров М.П., Іванченко Ф.К., Вайсон А.А., Ковальський Б.С., Комашенко А.Х., Коновалов В.С., Співаковський А.О., Шеффлер М., Пайер Г., Комаров М.С., Серілко Л.С., Світлицький В.А., Калінін С.Г., Малащенко В.А., Мартинців М.П., Бичинюк І.В. та багато інших.

Аналіз літературних джерел дозволив визначити основні напрямки вирішення актуальної науково-технічної задачі розширення технологічних можливостей КМ залежно від конструктивних параметрів канатних механізмів і гвинтових опор в місцях, де відсутні будь-які опори – це в польових умовах чорноземних полів і степів, на побережжях рік, озер і морів і реологічних властивостей ґрунту з яким вони взаємодіють. Визначено питання, які на цей час досліджені недостатньо, встановлено напрямки теоретичних і експериментальних досліджень.

Мета дослідження – проаналізувати установку для дослідження силових і конструктивних параметрів канатних

механізмів.

Результати дослідження. Для дослідження конструктивних і силових параметрів вузлів натягу канатів з гвинтовими опорами, розглянемо рис.1, на якому представлено канатний механізм переміщення вантажів, який виконано у вигляді двох опор – передньої 1 і задньої 2, які з’єднані між собою на певній висоті канатом 3. Перша із них має більшу висоту, а друга менша. З лівого кінця на тросі жорстко встановлено два транспортних пристрої 4 для зменшення коливань при русі, кожен із транспортних пристроїв виконано у вигляді двох опорних роликів 5, які по зовнішньому діаметрі мають півкруглі канавки 6, які зверху є у взаємодії з канатом 3 з можливістю осьового переміщення. Внутрішніми отворами опорні ролики 5 є у взаємодії з циліндричними отворами 7 з можливістю кругового провертання. Опорні ролики попарно з’єднані між собою профільними радіусними стежками 8, а зверху опорних роликів встановлені радіусні захисні щитки 9, крім цього до радіусних стежок 8 підвішений транспортний вантаж 10.

Крім цього між транспортними пристроями 4 жорстко закріплено обмежувач швидкості його переміщення 11, який виконано у вигляді троса 12, який є у взаємодії з намотувальним круглим барабаном 13 з рукояткою 14, який жорстко встановлено на підставці 15 і жорстко кріпиться до передньої опори 1 відомим способом. Довжина обмеженої довжини троса 12, повинна забезпечити не можливість контакту транспортного механізму з опорою 2.

Крім цього корпус обмежувача швидкості 11 зверху є у взаємодії з притискним гальмівним механізмом 16, який виконано у вигляді умовної межі 17, жорстко встановленої зверху нижньої опори 2 і який діє зверху на фрикційні елементи 18 і канат 3 і гальмує їх рух і зупиняє.

Робота механізму здійснюється наступним чином. Вантаж 10, який необхідно перемістити навішують на гак 20 транспортного механізму 4 з обмежувачем його переміщення і здійснюють його переміщення під власною вагою. І коли вантаж доходить до низу його знімають і транспортний пристрій 4 за допомогою намотувального барабана 12 повертають назад вручну або механізовано.

Крім цього між двома транспортними пристроями 4 на канаті 3 встановлено гальмівний механізм 11, який виконано у вигляді корпуса 12, зверху який є у взаємодії з тросом 11 обмежувача довжини і який знизу є у взаємодії з канатом 12, гальмує його і зупиняє.

Гальмівним механізмом 16, який виконано у вигляді умовної межі 17 і який зверху на фрикційні елементи 18 і канат 3 гальмує їх рух і зупиняє. Вантаж 19 знімають з троса і за допомогою троса 12

повертають до опори 1 і продовжують процес транспортування вантажів, гальмівний механізм 16 входить у взаємодію при переміщенні вантажу 19 вниз.

До переваг корисної моделі відноситься розширення технологічних можливостей і підвищення продуктивності праці.

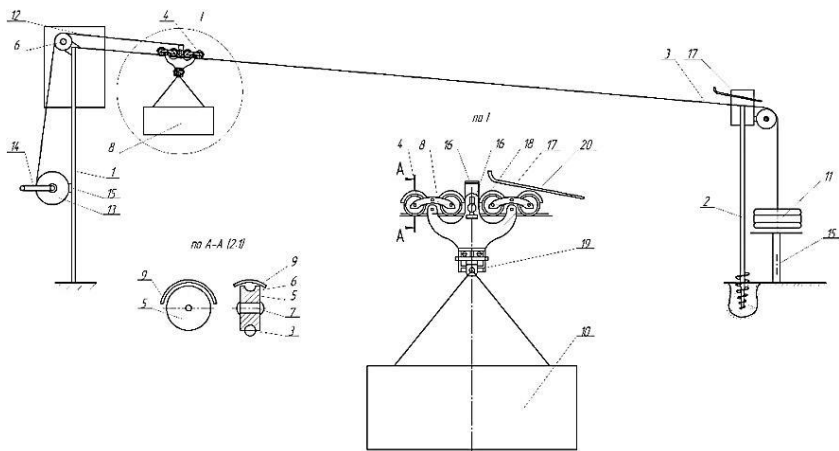


Рис. 1 – Канатний механізм переміщення вантажів

На рис. 2 зображено піднімально-транспортну лебідку, яку виконано у вигляді стола-корпуса 1, який встановлений на рейки 2 ґрунтового канату 3 на чотири опорні ролики 4 і з блокуючими опорами 5 з можливістю осьового переміщення, який під'єднаний до приводної станції ґрунтового каналу з можливістю їх переміщення по рейках 2 (на кресленні не показано). По середині довжини корпусастенда 1 жорстко встановлено електродвигун 6 з приводним барабаном, який під'єднано до гвинтової опори на мінімальній висоті від рівня ґрунту, яка загвинчена в ґрунт і під'єднаний частотно до перетворювача Altivar71 7 на мінімальній висоті від рівня ґрунту, а другим кінцем Altivar71 під'єднаний до комп'ютера 8.

Крім цього з лівого краю стола 9 жорстко встановлена трикутна опора 10, зверху якої жорстко закріплена горизонтальна вісь 11 на якій встановлено опорний ролик 12 з можливістю кругового провертання. При цьому висота обертання ролика є рівною висоті осі електродвигуна і паралельна до нього.

Далі по ходу канату 13 жорстко встановлено динамометр 14, який з'єднує електродвигун 6 з Altivarом71, який служить для заміру зусилля натягу.

В цьому положенні досліджують загвинчення гвинтової опори 15 і міцність привареного шнека 16 до опори 15. Для цього використовують трикутну опору 10, через опорний ролик 12, який встановлено на вісь 11, яка є паралельною до осі опорного двох-канатного ролика 17 і встановлений на висоті електромотора 6.

З правого кінця стола-корпуса 1 встановлено комп'ютер 8 для фіксації на ньому зусилля натягу канатів при дослідженні величини сили опору гвинтової опори 15, а також справа з торця стола-корпуса 1 на двох рівнях приварені скоби 18 для його з'єднання з приводною сталею каналу 3 (на кресленні не показано). Для стопоріння стенда на рейках 2 використовують блокуючі опори 5 відомих конструкцій.

Робота стенда здійснюється наступним чином. Для відпрацювання конструкції стенда і методики проведення досліджень його доцільно встановити в приміщенні ґрунтового каналу де можна цілий рік проводити дослідження гвинтових опор з різними марками ґрунтів і бути захищеним від опадів.

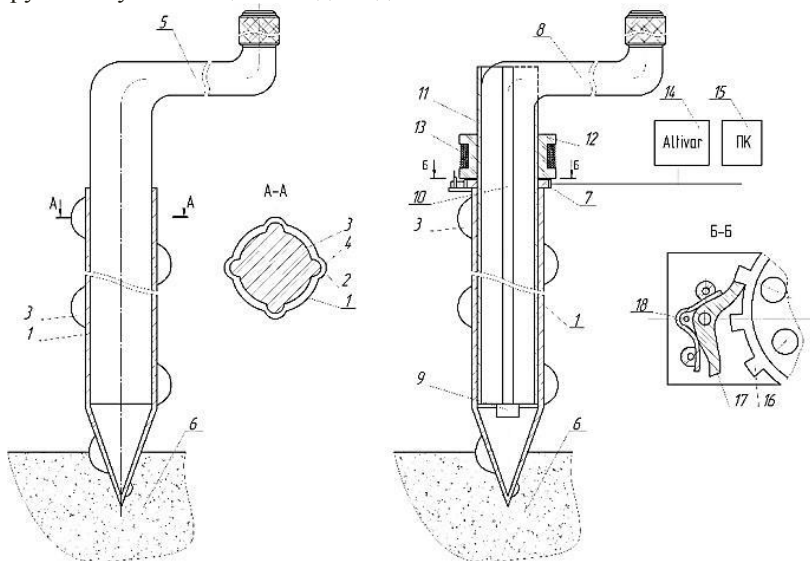


Рис. 2 – Схема піднімально-транспортної лебідки

Гвинтову опору 15 загвинчують в ґрунт 3 ґрунтового каналу де насипано ґрунт з різними реологічними властивостями і до неї приєднують канат 13 Altivar71, а другий кінець направляють через напрямні ролики і далі до електродвигуна 6. Після цих підготовчих операцій за допомогою електродвигуна здійснюють накручування канату на приводний барабан. При цьому слідкують за опорою і фіксують покази Altivara71 на комп'ютері. При відхиленні її від вертикалі більше допустимого дослідження припиняють і встановлюють граничні значення сили опору гвинтової опори 15.

Для визначення допустимої сили P натягу каната складемо аналітичну залежність для визначення допустимої сили натягу канату лебідки:

$$P = \frac{\sigma_{зм} (n \cdot l_3 \cdot B \cdot \sqrt{(2\pi R_c)^2 + T^2} + \frac{2}{3} l_2^2 \cdot D)}{l_1 + l_2}$$

де, $\sigma_{зм}$ - напруження зминання ґрунту, Н/мм²; B - ширина витка спіралі опори, мм; n - кількість витків в ґрунті; R_c - середній радіус спіралі, мм; D - зовнішній діаметр гвинтової опори, мм; P - сила натягу канату лебідки, Н; l_1 - висота кріплення канату лебідки над поверхнею ґрунту, мм; l_2 - глибина загвинчування опори, мм; T - крок витка спіралі.

Отже, як видно з формули, визначаючими факторами, які впливають на величину допустимої сили P є напруження зминання ґрунту та загальна площа елементів загвинченої опори, при цьому необхідно забезпечити мінімально допустиму величину розміщення точки набігання канату на барабан лебідки.

Для проведення досліджень спроектовано серія гвинтових опор (рис. 2) двох типів різних типорозмірів, конструктивні параметри яких представлені в таблиці 1. Перший характерний тим, що в якості осьової опори використовується суцільний стержень, а в другому – трубу.

Для проведення досліджень спроектовані і виготовлені три типи різних гвинтових опор. Перший характерний тим, що в якості опори використовують суцільний стержень, в другому – циліндричну трубу і третя – циліндрична труба з зовнішніми радіусними виступами. Як гвинтові опори використовували одновиткові і двохвиткові опори. Матеріал стержня і труб – Ст3, Ст08кр або 65Г.

На рис. 3 представлено графічні залежності сили натягу канату від глибини загвинчування гвинтової опори з різною шириною спіралі витка. З графіка видно, що із збільшенням глибини загвинчування

опори в ґрунт і збільшенням ширини витка спіралі шнека зусилля натягу канату збільшується.

На рис. 4, 5 представлено графічні залежності зусилля натягу канату від ширини витків спіралі гвинтової опори.

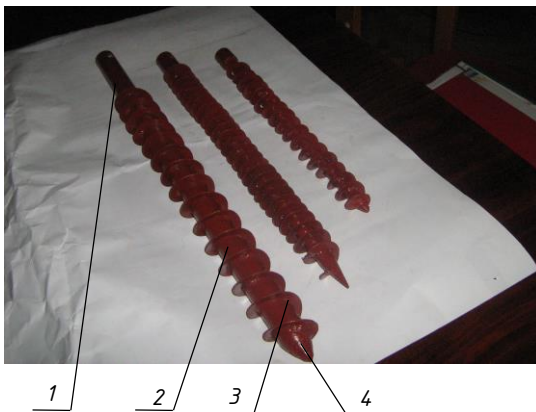


Рис. 3 – Експериментальні зразки гвинтових опор різних типорозмірів:

1 – корпус опори; 2 – циліндричний стрижень;
3 – гвинтова спіраль шнека; 4 – конічна насадку

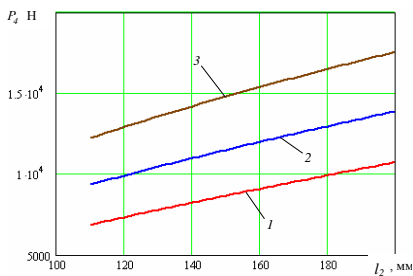


Рис. 4 – Графік залежності сили натягу каната від глибини загвинчування опори:

1 – $V=15$ мм; 2 – $V=20$ мм;
3 – $V=25$ мм

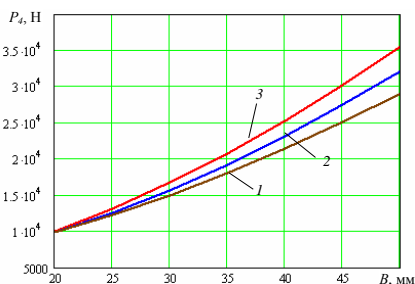


Рис.5 – Г рафік залежності сили натягу каната від ширини витків опори:

1 – $l_2=110$ мм; 2 – $l_2=130$ мм;
3 – $l_2=180$ мм

До переваг стенда відноситься підвищення навантажувальної здатності гвинтової опори і підвищення продуктивності праці.

Висновки. Приведена конструкція канатної лінії підвищеної навантажувальної здатності. Спроековано і виготовлено гвинтові опори трьох типорозмірів діаметром 30... 120 мм і довжиною 400...1200 мм. Розроблена методика проведення експериментальних досліджень з використанням Altivar 71.

Література

1. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины. – М.: Вища школа, 1985, – 520с.
2. Иванченко Ф.К. Конструкция и расчет ПТМ. –К.: Вища школа, 1983.-351 с.
3. Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины.– М.: Машиностроение, 1975. –431с.
4. Малащенко В.О., Мартинців М.П., Бичинюк І.В. Обґрунтування конструктивно-силових характеристик проміжних опор підвісних транспортних систем. Журнал "Підйомно-транспортна техніка" №1, -Дніпропетровськ, 2006. - 1-9 с.
5. Колесник О.А. Обґрунтування параметрів піднімально-транспортних лебідок з гвинтовими опорами : Дис... канд. наук: 05.05.05 - 2009.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух

УДК 631.362

Б.І. Котов, д.т.н.

Вінницький національний аграрний університет

О.Д. Курганский, аспірант

Національний університет біоресурсів та природокористування України

МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ОХОЛОДЖЕННЯ ЗЕРНА ПІСЛЯ СУШАРОК В ПНЕВМОСТАНІ

Подано математичну модель процесу охолодження нагрітого в сушарках зерна в пневмозваженому стані. Отримані

аналітичні залежності зміни параметрів зерна і повітря в процесі охолодження, формули для визначення експозиції і ефективності процесу.

ЗЕРНО, ОХОЛОДЖЕННЯ, ПНЕВМОЗВАЖЕНИЙ ШАР, РЕЖИМ ПРОЦЕСУ.

Постановка проблеми. Необхідність охолодження зерна після теплового сушіння є одною з важливих агротехнічних вимог до зерносушильних агрегатів і комплексів. Така технологічна операція здійснюється безпосередньо в сушарках (шахтних або колонкових). Практика експлуатації зерносушарок з вбудованими охолоджувальними камерами, які є продовженням сушильного тракту показала, що вони не забезпечують належного ефекту охолодження просушеного зерна і по суті гальмують процес сушіння в цілому. Виносні охолоджувальні колонки мають суттєві недоліки: необхідність в додаткових компенсуючи ємкостях і транспортних засобах (норії значної висоти для завантаження просушеного і перевантаження охолодженого зерна). Впровадження прогресивних способів охолодження зерна з одночасним його транспортуванням в одному технологічному процесі без додаткових транспортних засобів може забезпечити суттєве здешевлення процесу сушіння зерна в цілому і має важливе значення для зерновиробничих господарств.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Охолодження зерна атмосферним або штучно охолодженим повітрям поширено не лише для зменшення температури нагрітого в сушарках зерна але і для ліквідації самозігрівання вологого зерна при його зберіганні [1, 2]. Процес конвективного охолодження зерна нагрітого при сушінні або іншої термообробки атмосферним повітрям на протязі більше 40 років [3, 5] залишається основним способом не зважаючи на його реалізацію установках різних конструкцій [6-9].

За останні декілька років у зв'язку зі змінами у сільськогосподарському комплексі країни виникла необхідність в обладнанні механізації післязбиральної обробки зерна для підприємств з малим об'ємом виробництва. Зокрема, стали використовувати пересувні зерносушарки малої продуктивності (3-5 т/год) іноземних виробників із вбудованими камерами охолодження, які по суті є впровадженням сушильного тракту, на одну третину довжини. Таким чином, при використанні виносних охолоджувачів продуктивність сушильної установки можна підвищити як мінімум на 30% [3, 5]. Результати досліджень ряду авторів О. Тимоніна [10], А.В. Авдеева [3], П.Ф. Ханхасєва [8], С. Шуханова [9], М. Соловєва [6] розкривають можливості суттєвої інтенсифікації процесу повітряного охолодження шляхом збільшення

швидкості обтікання частинок зернового матеріалу потоком охолоджуючого агента. Найбільш просто суміщення процесів охолодження і транспортування реалізується установкою пневматичного [6,10,11] та аерогравітаційного транспорту [7,11], де повітря є транспортуючим і охолоджуючим агентом. В існуючих наукових роботах [6-8] при визначенні часу (експозиції) охолодження (перебування в контакті з повітрям) як правило не враховують зміну температури повітря за часом, яке втрачає охолоджувальну здатність (температурний напір) при взаємодії з нагрітим зерновим матеріалом. В роботі [7] час охолодження за величиною, якого визначають конструктивні параметри установки розраховують без урахування інтенсивності теплообміну.

Мета дослідження – одержання аналітичних залежностей для розрахунків режимних і конструктивних параметрів охолоджуючих установок (придатних для оцінювання їх ефективності), в яких рух зерна здійснюють потоком повітря.

Результати дослідження. Динамічний процес охолодження потоку зерно матеріалу при переміщенні із взаємодією з потоком повітря, яке має температуру меншу від температури зерна можна проаналізувати, склавши математичну модель на основі рівнянь теплового балансу зерна і повітря для елементарного проміжку часу.

Основні припущення, на яких базується модель нестационарного теплообміну зерна і повітря:

- вважаємо, що теплофізичні властивості повітря і зерна в процесі охолодження змінюються мало і дорівнюють середнім значенням за процес;

- коефіцієнт теплообміну і питома поверхня матеріалу також приймаємо постійними, що не залежать від температури; складові теплообміну випромінюванням і контактом враховуються коефіцієнтом теплообміну;

- теплопередача від повітря і зерна через стінки апарата не враховуються; теплоємність стінки каналу також не враховується.

Відповідно до прийнятих припущень запишемо диференціальні рівняння для повітря і зерна:

$$m_v C_p \frac{dt}{d\tau} = \alpha F(\theta - t); \quad (1)$$

$$m_z C_z \frac{d\theta}{d\tau} = \alpha F(t - \theta), \quad (2)$$

де t, θ – температура повітря і зерна, °C; m_v, m_3 – маса повітря і зерна в об’ємі пневмоканалу, кг; C_p, C_3 – питома теплоємність повітря і зерна, Дж/кг·°C; α – коефіцієнт теплообміну, Вт/м²·°C; F – поверхня зерна, м²; τ – поточний час, с.

Оскільки кількість матеріалу і його поверхня в пневмоканалі залежать від часу перебування і відповідно швидкості переміщення матеріалу, використаємо величину питомої поверхні зерна, яка є величиною постійною:

$$\sigma = \frac{F}{m_3}; m_3 = \mu_i \cdot m_v, \quad (3)$$

де σ – питома поверхня зерна, м²/кг; μ_i – істинна масова концентрація зерна в пневмоканалі, кг/кг.

Перепишемо рівняння (1) і (2) з урахуванням співвідношень (3):

$$\frac{dt}{d\tau} = K_1 \cdot (\theta - t); \quad (4)$$

$$\frac{d\theta}{d\tau} = -K_2 \cdot (\theta - t), \quad (5)$$

де: $K_1 = \frac{\alpha \cdot \sigma}{C_p} \mu; K_2 = \frac{\alpha \cdot \sigma}{C_3}$.

Віднімаючи від рівняння (5) рівняння (4) матимемо:

$$\frac{d(\theta - t)}{d\tau} = -(K_1 + K_2) \cdot (\theta - t). \quad (6)$$

Розв’язок рівняння (6) при початкових умовах: $\tau=0; \theta-t=\theta_0-t_0$ (де θ_0, t_0 – початкові значення температури зерна і повітря) запишемо у вигляді:

$$\tau = \frac{1}{K} \ln \frac{\theta_0 - t_0}{\theta - t}, \quad (7)$$

де: $K = K_1 + K_2$

Рівняння (7) визначає зміну в часі температурного напору $\Delta T_1 = (\theta_0 - t_0)$ величина якого є рушійною силою процесу відведення теплоти від зернового матеріалу. Час охолодження буде визначатися

кінцевими значеннями $\Delta T_2 = \theta_2 - t_2$, де θ_2, t_2 – температура до якої охолоджується зерно і нагрівається повітря.

$$\tau_{ox} = \frac{1}{K} \ln \frac{\Delta T_0}{\Delta T_2}. \quad (8)$$

За існуючими нормативами [1] температура зерна після сушарки не повинна перевищувати температуру навколишнього середовища на 10°C , тобто температуру атмосферного повітря: $\theta_2 \leq t_1 + 10$. Температуру, до якої може нагрітися охолоджуюче повітря t_2 можна прийти рівною температурі зерна на виході охолоджувача (мінус 1°C), який працює в режимі повного витиснення $t_2 = (\theta_2 - 1)$.

Таке припущення виправдане тим, що від стінок пневмоканалу постійно відводиться теплота (від нагрітого в процесі руху повітря) в оточуюче середовище, тобто установка працює практично з повним використанням охолоджуючого потенціалу повітря.

Величину істинної концентрації зерна при транспортуванні в пневмоканалі можна визначити використовуючи співвідношення між істинною і витратною концентрацією [6,10,11]:

$$\mu_i = \mu_p \frac{\bar{V}_v}{\bar{V}_3}; \mu_p = \frac{G_3}{G_v}, \quad (9)$$

де \bar{V}_v, \bar{V}_3 – середня швидкість повітря і матеріалу, м/с;

μ_p – витратна (розрахункова концентрація),

G_3, G_v – масові витрати зерна і повітря, кг/с.

Величину (температури відпрацьованого повітря t_2) визначасмо з рівняння теплового балансу:

$$G_v C_p (t_2 - t_0) = G_3 C_3 (\theta_0 - \theta_2). \quad (10)$$

Тоді величина температурного напору:

$$\Delta T_2 = \theta_2 (1 + \mu'_p) - \mu'_p \cdot \theta_0, \quad (11)$$

де: $\mu'_p = \mu_p \frac{C_3}{C_p}$

Величину $\frac{\bar{V}_v}{\bar{V}_3} = i$, яка є коефіцієнтом ковзання рухомих фаз можна визначити з емпіричного рівняння В. Шеймана [10]:

$$i = 1.8 + 0.06 \cdot \rho_3 d_e,$$

де ρ_3 – густина речовини зерна, кг/ м³;

d_e – еквівалентний діаметр зернини, м.

Величина витратної масової концентрації μ_p може бути визначена із рівняння теплового балансу:

$$\mu_p = \frac{C_p(t_2 - t_1)}{C_3(\theta_1 - \theta_2)}. \quad (12)$$

Величина коефіцієнту теплообміну в залежності від швидкості повітряного потоку визначається із критеріального рівняння [8]:

$$\alpha = 0,215 \cdot \frac{\lambda \cdot d_e^{-0.44}}{V^{0.56}} \cdot V_p.$$

Величина експозиції охолодження зерна повітряним потоком в залежності від його температури і швидкості на вході наведена на рис. 1.

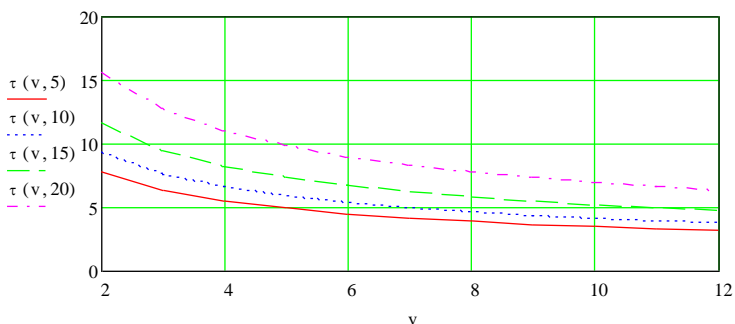


Рис. 1 – Залежність експозиції охолодження зерна у зваженому стані від відносної швидкості повітря і його температури

Кінетику охолодження зерна визначимо наступним чином. З рівняння (6) визначимо змінні значення температури зерна і повітря:

$$\theta = t + \Delta T_0 e^{-k\tau}; \quad (13)$$

$$t = \theta - \Delta T_0 e^{-k\tau}. \quad (14)$$

Підставляючи значення θ з рівняння (13) в рівняння (4), а значення t з рівняння (14) в (5) матимемо нові рівняння:

$$\frac{dt}{d\sigma} = K_1 \Delta T_0 e^{-k\tau}; \quad (15)$$

$$\frac{d\theta}{d\sigma} = -K_2 \Delta T_0 e^{-k\tau}. \quad (16)$$

Розв'язок отриманих рівнянь при зазначених вище початкових умовах запишемо у вигляді:

$$t(\tau) = t_0 + \frac{K_1}{K} \Delta T_0 (1 - e^{-k\tau}); \quad (17)$$

$$\theta(\tau) = \theta_0 - \frac{K_2}{K} \Delta T_0 (1 - e^{-k\tau}). \quad (18)$$

Рівняння (17) і (18) визначають зміну в часі температуру зерна і повітря в залежності від параметрів охолоджуючого повітря (витрати G_v і температура t_0), концентрації матеріалу в потоці повітря і швидкості відносно руху зерна в пневматичному тракті (рис. 2).

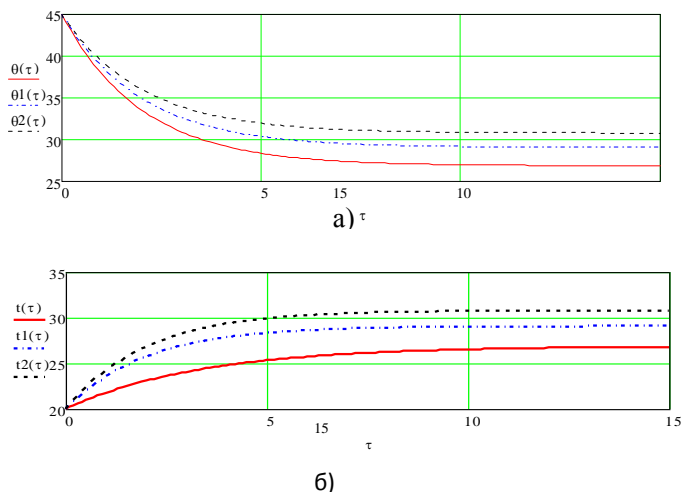


Рис. 2 – Зміна температури зерна (а) і повітря (б) в процесі охолодження: 1 (червона лінія) – $\mu = 0.2$, 2 (синя лінія) = 0.3, 3 (чорна лінія) = 0.4

Ефективність використання повітря (як холодоагенту) можна проаналізувати за коефіцієнтом ефективності, аналогічним коефіцієнту ефективності використання сушильного агента [5]:

$$\eta = 1 - \frac{\Delta T_2 G_3 C_3}{\Delta T_0 G_v C_v}. \quad (19)$$

Як показує аналіз (19) максимальну ефективність можна отримати при максимальному відпрацюванні охолоджуючого повітря, тобто $\Delta T_2 \rightarrow 0$.

Висновки. 1. Розроблено математичну модель і отримані формули для розрахунку параметрів процесу охолодження зерна у зваженому стані. 2. Встановлено, що максимальна ефективність процесу досягається при забезпеченні відносної швидкості повітря 8...12 м/с. Тому охолоджувальна установка повинна забезпечити час перебування 8-10 секунд.

Література

1. Послеуборочная обработка и хранение зерна / РнД «Март», 2001-240с.
2. Станкевич Г.Н. Техника и технологии использования искусственно охлажденного воздуха в процессе хранения зерна/Г.Н. Станкевич, Б.Н. Петруня// Хранение и переработка зерна. 2003 №3. с.52-53
3. Авдеев А.В. Изыскание и исследование рациональных охладителей для зерносушилок сельскохозяйственного назначения/ А.В. Авдеев автореф. дис. канд. техн. наук М.:ВИСКОМ.1975 -20с.
4. Алтухова Т.А. Экспериментальные исследования работы вихревого охладителя зерна с помощью полнофакторного эксперимента / Т.А. Алтухова, С.Н.Шуханов// Вестник Алтайского государственного аграрного университета 2013 №9 с.99-102
5. Сорочинский В.Ф. Повышение эффективности конвективной сушки зерна на основе интенсификаций тепло массообменных процессов/ В.Ф. Сорочинский Дис. докт. техн. наук. М.: 2003-358 с.
6. Соловьев М.И. Исследование теплообмена при движении зернистых материалов в горизонтальной пневмотрубе/ М.И. Соловьев, Автореф, дис. канд. техн. наук. Минск. 1964-20с.
7. Блохин П.В. Аэрогравитационный транспорт/ П.В. Блохин. М.:Колос 1974-120с.

8. Ханхасаєв П.Ф. Интенсификация процесса охлаждения зерна путем повышения скорости обдува атмосферным воздухом/ Ханхасаєв П.Ф. Автореф. дис. канд. техн. наук. Новосибирск. 1989-18с.

9. Шуханов С.Н. Охлаждение зерна при порционном метании// Вестник АГАУ, 2011. – №4. С.88-92.

10. Муштаев В.И. Сушка в условиях пневмотранспорта/В.И. Мушаев, В.М. Ульянов, А.С. Тимонин. М.: Колос 1976 -344 с.

УДК 664.723(031)

Б.І. Котов, д.т.н.,

Вінницький національний аграрний університет

С.П. Степаненко, к.т.н., В.О. Швидя, к.т.н.,

Національний науковий центр „Інститут механізації та електрифікації сільського господарства”

МОДЕЛЮВАННЯ І РОЗРАХУНОК РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗЕРНОСУШАРОК ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ

У статті наведено математичну модель процесу сушіння зерноматеріалів у циркуляційних сушарках періодичної дії. Отримані аналітичні залежності для визначення основних режимних параметрів процесу.

ЗЕРНОСУШАРКА, ПАРАМЕТРИ, МОДЕЛЮВАННЯ.

Постановка проблеми. У системі технологічних операцій післязбиральної обробки зерна важливе місце належить сушінню. Воно дає можливість не тільки забезпечити збереження зібраного врожаю і попередити його псування, але й підвищити якість продукту. В останній час на ринку зернопереробної техніки все ширше з'являються пересувні сушарки закордонних виробників періодичної дії. За певних умов, завдяки простоті конструкції, обслуговування сушарок такого типу доцільно використовувати у невеликих господарствах, як засоби збереження врожаю зернових та олійних культур, а також для сушіння невеликих партій різноманітного зерноматеріалу високої вологості.

Для визначення раціональних режимів сушіння зернопродуктів певної категорії необхідно мати надійні розрахункові формули, які дають можливість визначити необхідні параметри за паспортними показниками призначення [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зазвичай у практиці конструювання зерносушарок [2, 3] розрахунок процесу сушіння зводиться до визначення експозиції сушіння для конкретного зерноматеріалу [3] та заданою продуктивністю, вхідними та вихідними параметрами розрахунку витрат сушильного агенту і витрат теплоти. При цьому випарна здатність сушарки не завжди збігається з випарною можливістю матеріалу. Але такі спрощені розрахунки не дають можливості аналізу і вибору найбільш придатних раціональних режимів сушіння. Наведені в [4] залежності стосуються тільки сушарок безперервної дії. Але у роботі [5] показано, що процес сушіння у сушарці періодичної дії можна представити технологічною схемою у вигляді послідовно з'єднаних «елементарних» камер в яких процес відбувається безперервно. Такий підхід дає можливість аналізу періодичного процесу сушіння звести до аналізу безперервного процесу у стаціонарному режимі.

Мета дослідження – визначити аналітичні залежності зміни параметрів процесу сушіння зерноматеріалів, придатних до режимів роботи періодично діючих сушарок.

Результати дослідження. Слідуючи роботі [5], представимо тепломасообмінні процеси, як послідовно протікаючі у камері сушарки при безперервній циркуляції зерна (рис. 1). При цьому зерно висушується шляхом багаторазового перепуску через сушильну камеру. При такій схемі переміщення зерна воно безперервно нагрівається і втрачає вологу. Загальний шлях переміщення зерна складає: $L = H \cdot n$ (де H — висота камери, n — кількість перепусків).

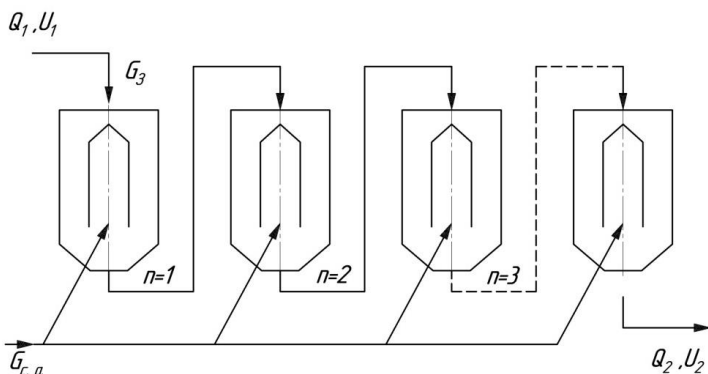


Рис. 1 – Розрахункова схема процесу циркуляційного сушіння

Тоді, процес зміни параметрів можна вважати сталим, при якому параметри зерна і сушильного агенту у кожній точці шляху (сушильного тракту) незмінні у часі.

Прийmemo такі спрощуючі припущення:

- швидкість переміщення зерна на протязі руху однакова;
- втрати теплоти в оточуюче середовище не враховується, їх можна визначити при розрахунку витрат теплоти на сушіння;
- процес теплообміну відбувається за законом конвекції Ньютона, а видалення вологи з поверхні зерна за законом Дальтона;
- внутрішній тепломасоперенос – безградієнтний, тобто температура на поверхні і всередині зернини однакова;
- розмір поверхні нагріву і вологовидалення однаковий, а їх різниця враховується коефіцієнтом масообміну, який віднесено до поверхні вологообміну;
- рух зерна і сушильного агента прямоточний;

Для вибраної моделі циркуляційної сушарки з врахуванням прийнятих припущень на основі аналізу балансів теплоти і маси між сушильним агентом і зерном складено наступні диференційні рівняння: рівняння збереження енергії для зерна

$$\rho_3(1 - m) \cdot c_3 \cdot v_3 \cdot \frac{d\theta}{dx} + r_0 \cdot \rho_{30} \cdot \frac{dU}{dx} = c_p \cdot m \cdot v_c \cdot \frac{dt}{dx}, \quad (1)$$

рівняння теплообміну для сушильного агенту (баланс теплоти)

$$\rho_c \cdot c_p \cdot m \cdot v_c \cdot \frac{dt}{dx} = \alpha \cdot f \cdot (\theta - t), \quad (2)$$

рівняння матеріального балансу для зерна

$$-\rho_{30} \cdot v_3 \cdot \frac{dU}{dx} = m \cdot \rho_c \cdot v_c \cdot \frac{dD}{dx}, \quad (3)$$

рівняння масообміну

$$-\rho_{30} \cdot v_3 \cdot \frac{dU}{dx} = f \cdot \beta \cdot [P_3(\theta) - P_\alpha(D)]. \quad (4)$$

В рівняннях (1) – (4) позначено:

θ, t — температура зерна і сушильного агента, °C;

U, D — вологовміст зерна і сушильного агента, кг/кг с. р.;

c_3, c_p — питома теплоємність зерна і сушильного агента, Дж/кг·°C;

r_0 — питома теплота випарування, Дж/кг;

f — питома поверхня зерна, м²/м³;

α, β — коефіцієнти теплообміну і масообміну, відповідно, Вт/м²·°C і кг/Па·с·м²;

ρ_3, ρ_c — щільність зерна і густина сухого повітря, кг/м³;

$P_3(\theta), P_\alpha(D)$ — парціальний тиск водяної пари на поверхні нагрітого до температури θ зерна і в сушильному агенті, Па;

v_3, v_c — швидкість переміщення зерна і сушильного агента, м/с;
 ρ_{30} — щільність абсолютно сухого зерна, кг/м³.

Залежність парціального тиску вологи на поверхні зерна, яка дорівнює тиску насиченої пари при температурі θ зерна можна апроксимувати лінійною залежністю:

$$P_3(\theta) = a \cdot \theta + c, \quad (5)$$

у повітрі:

$$P_a(D) = b \cdot D, \quad (6)$$

де $a = 4,45$; $b = 1,14$; $c = -124$ — сталі коефіцієнти.

Використовуючи визначення критерію Ребіндера [3]

$R_b = \frac{cd\theta}{r_0 \cdot dU}$, зробимо у рівнянні (1) заміну:

$$-\frac{dU}{dx} = \frac{c}{r_0 \cdot R_b} \cdot \frac{d\theta}{dx}. \quad (7)$$

І після відповідних перетворень рівнянь (1) та (2) матимемо:

$$t = v_3 \cdot B \cdot \frac{d\theta}{dx}, \quad (8)$$

$$\theta = v_c \cdot A \cdot \frac{dt}{dx} + t, \quad (9)$$

де $A = \frac{\rho_c \cdot c_p \cdot m}{\alpha \cdot f}$ та $B = \frac{\rho_{30} \cdot c_{30} \cdot (1-m) + \frac{1}{R_b}}{\alpha \cdot f}$.

Розв'язок системи рівнянь (8) та (9) за граничних умов: $x = 0$, $t = t_1$, $\theta = \theta_1$ (де t_1 , θ_1 — температура сушильного агента і зерна на вході у сушарку) отримаємо у вигляді:

$$t(x) = t_1 - \frac{\Delta T_1}{k \cdot v_c \cdot A} (1 - e^{-k \cdot x}); \quad (10)$$

$$\theta(x) = \theta_1 + \frac{\Delta T_1}{k \cdot v_3 \cdot A} (1 - e^{-k \cdot x}), \quad (11)$$

де $\Delta T_1 = t_1 - \theta_1$ та $k = \frac{v_c \cdot A + v_3 \cdot B}{v_3 \cdot v_c \cdot A \cdot B}$.

Прирівнюючи рівняння (3) і (4), з урахуванням (5) та (6), матимемо:

$$m \cdot \rho_c \cdot v_c \cdot \frac{dD}{dx} = f \cdot \beta \cdot (a \cdot \theta + c - b \cdot D). \quad (12)$$

Підставляючи значення θ з (11) в (12) після відповідних перетворень, отримаємо рівняння:

$$T_1 \cdot \frac{dD}{dx} + b \cdot D = A_1 + B_1 \cdot e^{-k \cdot x}, \quad (13)$$

де $B_1 = a \cdot \frac{\Delta T_1}{v_3 \cdot B \cdot k}$, $A_1 = a \cdot \theta_1 + B_1$ та $T_1 = \frac{m \cdot \rho_c \cdot v_c}{\beta \cdot f}$.

Розв'язок неоднорідного диференційного рівняння (13) за граничних умов: $x = 0$, $D = D_f$, (де D_f , — вологовміст сушильного агента на вході у сушарку) отримано у вигляді:

$$D(x) = \left(D_1 - \frac{a \cdot \theta_1 + B_1}{B_1} \right) \cdot e^{-\frac{b}{T_1} x} + \frac{k \cdot B_1}{k \cdot T_1 + b} \left(e^{-\frac{b}{T_1} x} - e^{-k \cdot x} \right) + \frac{a \cdot \theta_1 + B_1}{B_1}. \quad (14)$$

Продиференціювавши рівняння (14) і підставивши отримане значення у рівняння (3) після перетворень матимемо:

$$-T_2 \cdot \frac{dU}{dx} = -A_2 \cdot e^{-\frac{b}{T_1} x} + B_2 \cdot e^{-k \cdot x}. \quad (15)$$

Інтегруванням рівняння (15) за граничних умов: $x = 0$, $U = U_1$ приводить до залежності:

$$U(x) = U_1 + \frac{B_2}{T_2 \cdot k} (1 - e^{-k \cdot x}) - \frac{T_1 \cdot B_2}{T_2 \cdot b} \left(1 - e^{-\frac{b}{T_1} x} \right), \quad (16)$$

де $A_2 = \frac{b}{T_1} D_1 + \frac{a \cdot \theta_1 + B_1}{B_1} + \frac{b \cdot k \cdot B_1}{(T_1 \cdot k + b) \cdot T_1}$, $B_2 = \frac{k^2 \cdot B_1}{T_1 \cdot k + b}$ та $T_2 = \rho_{30} v_3$.

Таким чином, отримані рівняння (10), (11), (14) і (16) дають можливість визначити режимні параметри процесу сушіння t_2 , θ_2 , D_2 , U_2 на виході зерносушарки підстановкою $x = L = H \cdot n$ у зазначені рівняння. Крім того, можна проаналізувати зміну параметрів вздовж «сушильного тракту» (рис. 2) і визначити найбільш доцільний режим.

Зміною швидкості переміщення матеріалу у кожному циклі циркуляції можна досягти ізотермічного режиму сушіння.

Витрати необхідної кількості теплоти на процес сушіння можна визначити за формулою [6]:

$$q = \frac{c_p(t_1 - t_2)}{(D_2 - D_1) \cdot 10^{-3}}. \quad (17)$$

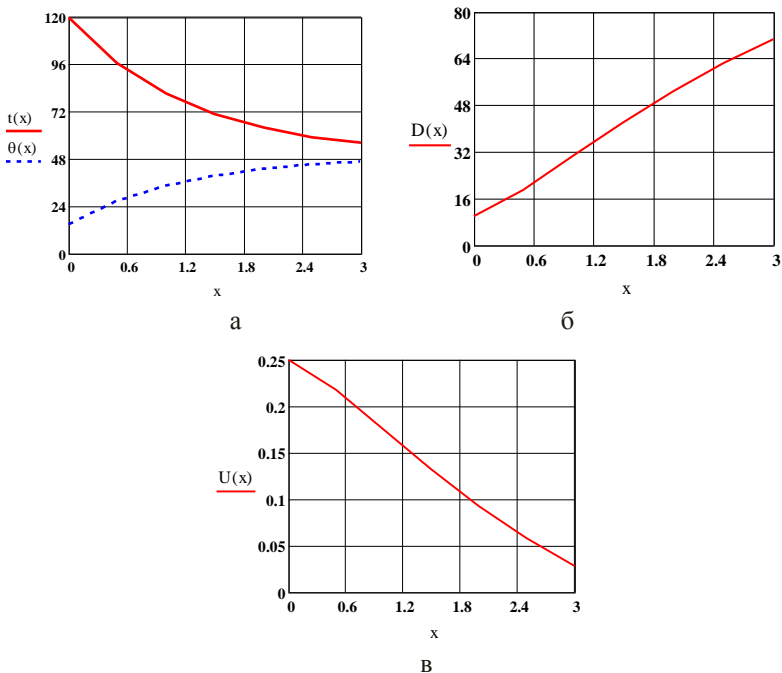


Рис. 2 – Зміна параметрів зерна θ і U та сушильного агента t , D від кількості циклів (довжини сушильного тракту $x = H_{\text{суш}}$)

Енергетична ефективність роботи сушарки забезпечується збільшенням D_2 і зменшенням t_2 .

Висновки. Запропонована математична модель процесу сушіння зерна у періодично діючих сушарках циркуляційного типу і отримані на її основі аналітичні залежності дають можливість визначити основні параметри процесу і вибрати раціональні режими проведення процесу.

Література

1. Машини, агрегати та комплекси для післязбиральної обробки і зберігання зернових культур / [колектив авторів]; за ред. В.І. Кравчука – Дослідницьке: УкрНДІПВТ, 2011 – 224 с.
2. Гапонюк О.І. Активне вентилявання і сушіння зерна / О.І. Гапонюк [та інш.] — Одеса, ВМВ, 2014 – 325 с..

3. Гинзбург А. С. Расчёт и проектирование сушильных установок пищевой промышленности / А.С. Гинзбург — М.: Агропромиздат, 1985. — 336 с.

4. Котов Б.І. Аналітичне визначення динаміки тепловологісних режимів зерносушарок безперервної дії/ Б.І. Котов, Р.А. Калініченко, М.І. Ліпунов та ін. // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. — Кіровоград, 2012 №42 – С. 340-346.

5. Лісецький В.О. Підвищення ефективності сушіння зерна в сушарках періодичної дії: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11/ Лісецький Віталій Олександрович; Національний науковий центр «Інститут механізації і електрифікації сільського господарства», – Глеваха, 2003 – 276 с.

6. Котов Б.І. Аналіз впливу режиму сушіння зерна на енергетичні характеристики зерносушарок / Б.І. Котов, В.О. Лісецький // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. — Харків, 2001, Вип. 8 – С. 166-170.

УДК 631.35: 633.521

О.О.Налобіна, д.т.н., О.П.Герасимчук, к.т.н., Р.В.Ковальчук
Луцький національний технічний університет

ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЗБИРАННЯ КОНОПЛІ

У статті виконано аналіз технологій та технічних засобів для збирання коноплі. Проведено класифікацію та означено позитивні та негативні сторони наявних технологій та технічних засобів. Обґрунтовано необхідність пристосування наявних сільськогосподарських машин загального призначення до особливостей коноплі

Постановка проблеми. Коноплі – одна з найдавніших культур, насіння якої широко використовується в їжу та з лікувальною метою; волокно – для виготовлення паперу, одягу, взуття, канатів, тросів тощо; костриця – в якості відновлювального джерела енергії. Наявність в коноплі психотропних речовин гальмувало її вирощування. Проте, ця проблема була успішно вирішена, зокрема, селекціонерами Дослідної станції луб'яних культур (м. Глухів), які створили сорти безнаркотичної коноплі [1]. Сфера використання конопляної сировини

постійно розширюється, що обумовлює зміни в технологіях її збирання та первинної переробки.

Підвищений комерційний інтерес до продукції з конопель вимагає аналізу технологій її збирання та первинної переробки з метою обґрунтування напрямків їхнього удосконалення, а також створення нових енергоефективних технологій, спрямованих на отримання кінцевої продукції з необхідним для споживача набором властивостей. Для реалізації технологій використовується певний комплекс технічних засобів. Аналіз наявних технічних засобів для збирання та первинної переробки коноплі є початковим етапом впровадження сучасної техніки у технологічні процеси.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням збирання та первинної переробки коноплі присвячена незначна кількість досліджень в Україні. Основні з них пов'язані з Дослідною станцією луб'яних культур (м. Глухів) і виконувались її співробітниками. Переважна більшість монографій присвячені питаннями селекції конопель [2, 3, 4]. Останні досягнення науки і техніки в галузі коноплярства систематизовані в монографії [5], в якій зокрема розглянуто питання технології вирощування, механізації збиральних робіт та способів приготування трести. Проте, питання технологій та технічних засобів для збирання та первинної переробки коноплі, потребують подальшого аналізу та поглибленого вивчення.

Мета дослідження – провести аналіз наявних технологій та техніки для збирання та первинної переробки коноплі, виявити позитивні та негативні сторони та обґрунтувати напрямки удосконалення.

Результати дослідження. Технологія збирання коноплі тісно пов'язана з наступною технологією первинної переробки стебел [6], тому розглянемо ці два процеси як єдиний ланцюг технологічних операцій, набір яких визначається видом і властивостями необхідної кінцевої продукції (волокна та насіння).

Технології збирання коноплі можна умовно поділити на дві групи: традиційні та прогресивні (рис. 1). До традиційних технологій слід віднести роздільну та комбайнову технології збирання коноплі на насіння та волокно, а також зеленцевої коноплі на волокно [6, 7, 8, 9]. До прогресивних технологій належать технологія збирання коноплі зернозбиральними комбайнами, технологія збирання коноплі «Alpha» [7], технологія збирання коноплі кукурудоззбиральним комбайном з попереднім відчісуванням [10]. Наведений перелік прогресивних технологій не є вичерпним, так як відбувається подальший розвиток і удосконалення технологій та технічних засобів.

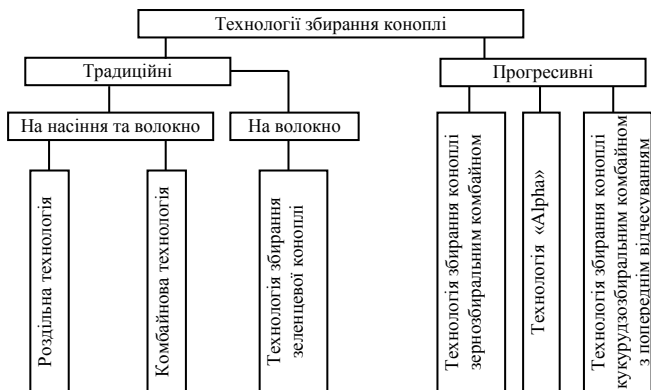


Рис. 1 – Технології збирання коноплі

Технологія збирання коноплі «Alpha» та технологія збирання коноплі кукурудозбиральним комбайном розроблені та використовуються у країнах Європейського союзу. До вітчизняних прогресивних технологій збирання коноплі належить технологія збирання коноплі зернозбиральними комбайнами, над удосконаленням якої надалі працюють співробітники Дослідної станції луб'яних культур.

Перший етап традиційної технологія збирання коноплі на насіння та волокно обумовлений тим, що конопля є дводомною рослиною. Чоловічі рослини конопель (посконь) дозрівають швидше за жіночі рослини (матірка). Тому першою операцією традиційної технології збирання коноплі на насіння та волокно є ручне збирання посконі. Зібрані вручну рослини сортують на двадцять три сорти, зв'язують в снопи товщиною 10-12 см, сушать в конусах і відчісують та відправляють на мочіння [7].

Через 25-40 днів за умови досягання 70-80% насінин проводять збирання матірки роздільним або комбайновим способом.

Для роздільного способу використовують жатки коноплі ЖК-1,9 (рис. 2), ЖК-2,1А, жатку-сноповязалку ЖКС-1,9 (рис. 3), молотилку коноплі МЛК-1,5А.

Жатка коноплі ЖК-1.9 містить подільники, ріжучий апарат, травовідвідник, секційний та голчастий транспортери, підбій, привод та розстилочний апарат [9]. Під час руху машини подільники направляють стебла в рівчаки секційного транспортера та відбувається їх зрізання ріжучим апаратом. В процесі переміщення в рівчаках секційного транспортера стебла очищаються від бур'янів та трави. З

секційного транспортера стебла поступають на стіл голчастого транспортера, вирівнюються підбіркою та розстилаються розстилочним апаратом під гострим кутом до напрямку руху.



Рис. 2 – Жатка коноплі ЖК-1,9

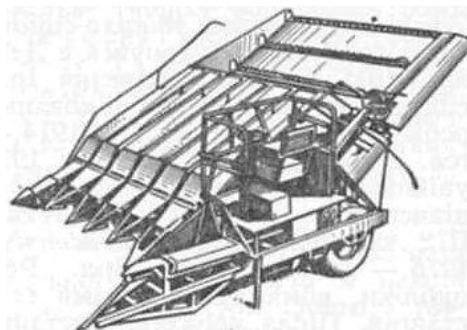


Рис. 3 – Жатка снопов'язалка ЖКС-1,9

Конструкція жатки снопов'язалки відрізняється тим, що замість розстилочного апарата встановлено снопов'язальний апарат, що зв'язує стебла в снопи і викидає їх на поле.

Молотилка коноплі МЛК-4,5А (рис. 4) виконує технологічні операції обмолочування снопів коноплі, перетирання вороху і очистки насіння [9]. Конструктивно машина виконана у вигляді рами зі сницею (частина рами, призначена для приєднання машини до трактора), що встановлена на чотирьох пневматичних колесах та містить притискний пристрій для снопів, стіл подачі, подавач, відчісуючий апарат, механізм очистки, верхній та нижній елеватори вороха та насіння, очистку, грохот, протряхувач. Снопи затискаються подавачем між

верхнім та нижнім пасом, подаються в камеру відчісування. Відчісуючий апарат виконаний з чотирьох барабанів з пружними зубцями, які попарно розміщені один над іншим. Протряхувач струшує снопи на виході із камери відчісування для зменшення втрати насіння. Елеватор вороха повертає ворох після відчісування в тертку. Грохот відділяє крупні домішки від вороха. Елеватор насіння транспортує насіння із залишками вороха до механізму очистки.



Рис. 4 – Молотилка коноплі МЛК-4,5А

Роздільна технологія збирання конопель дає змогу отримати як насіння так і довге волокно. Проте вона потребує значних затрат ручною праці і характеризується значними втратами насіння, які досягають 20-30% [6].

У комбайновому способі використовується коноплезбиральний комбайн ККП-1,8, який конструктивно поєднує в собі жатку снопов'язалку ЖКС-1,9 та молотилку коноплі МЛК-4,5А (рис. 5). Комбайн зрізує стебла на висоті 6 см, обмолочує, зв'язує їх в снопи діаметром до 20 см і викидає їх на поле.

Коноплезбиральний комбайн ККП-1,8 містить раму зі сницею, що встановлена на двох пневматичних колесах, секційний транспортер з подільниками, ріжучий апарат, гребінчастий травовіддільник, голчастий транспортер, молотильний апарат, транспортер вороха, тертковий апарат, грохот, зерновий елеватор, бункер для збирання зерна, тертки, бітер (барабан, що підхоплює солому та направляє її на соломотряс), два решітчасті стани, вентилятор, в'язальний апарат, механізм підйому, виносний транспортер [6].

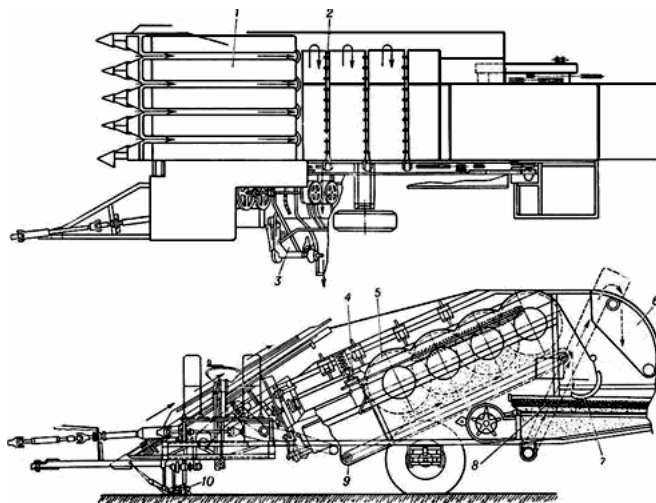


Рис. 5 – Коноплезбиральний комбайн ККП-1,8 [2]:

- 1 – чотирихривчаковий секційний транспортер; 2 – голчастий транспортер; 3 – в'язальний апарат; 4 – затискний транспортер;
- 5 – чотирихвобарабаний молотильний апарат; 6 – бункер; 7 – тертка;
- 8 – повітряно-решітчаста очистка; 9 – транспортер вороха;
- 10 – ріжучий апарат

Традиційна комбайнова технологія збирання коноплі, не зважаючи на дещо вищу продуктивність у порівнянні з роздільною, повністю не вирішує проблем використання ручної праці. Крім того, коноплезбиральний комбайн є досить складною технікою та високовартісною технікою сезонного використання.

Наступною технологічною операцією після роздільного або комбайнового збирання коноплі за традиційною технологією є приготування трести, яка проводиться в заводських умовах на підприємствах первинної переробки [11]. Тресту на підприємствах можна отримати способом пропарювання стебел під тиском, хімічним та біологічним способом. Найбільшого поширення набув біологічний спосіб, що полягає в руйнуванні зв'язку волокнистих тканин з кострицею під впливом мікроорганізмів в процесі бродіння пектинових речовин. Даний спосіб називається мочінням і здійснюється в мочильних чанах (рис. 6). За промислових масштабів процес мочіння проводився в серпні, коли температура води становить 20° С і тривав 9-10 діб. Він вимагає наявності мочильних чанів, системи подачі,

очистки і спуску відпрацьованої води, використання додаткових засобів механізація для підвезення соломи, вивантаження та транспортування трести на поле для сушіння. Мочіння є трудомістким, шкідливим для здоров'я працівників та навколишнього середовища. Необхідність проведення операція мочіння після традиційного роздільного або комбайнового збирання коноплі є однією з причин того, що ці технології практично перестали використовуватись в промислових масштабах.



Рис. 6 – Мочильний чан (Дослідна станція луб'яних культур, 2016)

Для життєдіяльності організмів під час мочіння найбільш сприятлива температура 35-37° С, тому в мочильних чанах встановлюють ТЕНи (див. рис. 6). На сьогодні технологічна операція мочіння втратила промислове значення і використовується в цехах первинної переробки дослідних установ.

Традиційна технологія збирання коноплі на волокно передбачає одночасне збирання посконі та матірки в період відцвітання посконі [7]. Попередньо за 10-12 днів до збирання проводиться дефоліація посівів. Наступним етапом є скошування коноплі жаткою коноплі ЖК-1,9 та приготування трести способом росяного мочіння. Технологія збирання коноплі на волокно була удосконалена співробітниками Дослідної станції луб'яних культур [1] до потокової технології збирання конопель із застосуванням великогабаритних тюків. Для цього застосовують підбирач-обертач ОЛК-1, підбирач ПКВ-1, універсальний тюковщик ТЛК-1 [1]. Застосування потокової технології дозволяє значно зменшити затрати праці на збирання, проте продуктивність такої технології обмежена застосуванням

низкопродуктивних спеціальних машин, зокрема жатки коноплі ЖК-1,9.

Значно знизити затрати праці та підвищити продуктивність збиральних робіт дають змогу прогресивні технології збирання коноплі.

Альтернативою традиційній технології збирання коноплі на волокно і насіння є використання зернозбиральних комбайнів [7]. На даний час наявна велика кількість сучасних зернозбиральних комбайнів, проте далеко не всі вони придатні для збирання коноплі. Специфіка використання зернозбиральних комбайнів для збирання коноплі обумовлена такими її властивостями як значна висота стебел, та наявність в них високоміцного волокна. Висота стебел коноплі становить 150-305 см і більше [7], тобто змінюється в значних межах, а отже змінною є й висота суцвіть. Зернозбиральний комбайн повинен зрізати суцвіття, залишаючи максимально можливу по висоті стеблову частину, тобто мати відповідну висоту піднімання жатки. Цим вимогам відповідають як комбайни відомих світових виробників «Claas», «Case», «John Deere», «Massey Ferguson» (рис. 7) [7], так і вітчизняних, зокрема «Дніпро-350» (рис. 8) [7].

На Дослідній станції луб'яних культур за минуле десятиліття було випробувано роботу зернозбиральних комбайнів різних модифікацій «Доминатори-208 МЕСА», «Дніпро-350», «Lexion-460», «CASE AFX 8010», «Дон-1500» для збирання коноплі. Застосування зернозбиральних комбайнів дозволило зменшити втрати насіння, підвищити продуктивність і виключити ручну працю.



Рис. 7 – Зернозбиральний комбайн «John Deere»



Рис. 8 – зернозбиральний комбайн «ДНІПРО-350»

Основною проблемою під час збирання коноплі зернозбиральним комбайном є намотування досить міцної і довгої волокнистої маси на обертові робочі органи зернозбиральних комбайнів, що є причиною частих зупинок і поломок. Ця проблема повністю не вирішена і на даний час.

Під час збирання насіння коноплі зернозбиральним комбайном стебла коноплі зрізуються на певній висоті, виділене насіння очищується і транспортується в бункер, а стеблова частина скидається на землю. На полі залишається зрізана частина стебел, збирання якої можна виконувати з використанням сільськогосподарських машин загального призначення. Згідно рекомендацій [12] вона залишається на полі до весни. За цей період відбувається підгнивання прикореневої частини рослин коноплі, що дає можливість збирати їх шляхом зламування. Крім того, під впливом кліматичних факторів відбувається відділення волокон.

Для реалізації даної технології використовують комплекс машин загального призначення: модернізований водоналивний каток для зламування стебел та проминання їх у валку, роторні граблі (рис. 9) для зламування стебел і формування валків, рулонний прес-підбирач (рис. 10) для формування рулонів. Використання зазначених машин дозволяє повністю виключити ручну працю під час проведення збиральних робіт, підвищити продуктивність збиральних робіт та отримати як насіння, так і довге волокно.

Серед прогресивних технологій збирання конопля, розроблених за кордоном, слід відмітити технологію Alpha, розроблену

компанією Tebесо разом з найбільшою компанією з переробки коноплі в Чехії Canabia a.s [7].



Рис. 9 – Збирання стебел коноплі роторними граблями.



Рис. 10 – Формування рулонів стебел прес-підбирачем.

Для виконання операції скошування фірмою Tebесо застосовується дві моделі жаток Slipper 4.3 MMH (рис. 11), продуктивність яких досягає до 5 га за годину. Застосування цих машин створює умови для скошування коноплі висотою до 5 м. Жатки Slipper 4.3 MMH мають чотирьохметровий ріжучий апарат і можуть розрізати стебла на одну, дві, три або чотири частини, в залежності від вимог подальшої технології їхньої переробки.



Рис. 12 – Збирання коноплі жаткою Clipper 4.3 ММН

В країнах Європейського союзу виконують збирання конопель також кукуруддозбиральними комбайнами з попереднім відчісуванням (рис. 13) [10].



Рис. 13 – Збирання коноплі кукуруддозбиральним комбайном з попереднім відчісуванням [10]

Всі вищепераховані прогресивні технології збирання коноплі, як вітчизняні, так і закордонні, на відмінну від традиційних технологій, дають змогу отримати коротке волокно в результаті первинної переробки.

Висновки. Аналіз технологій та техніки для збирання та первинної переробки коноплі дає підстави зробити наступні висновки:

1. Технології збирання коноплі можна розділити на традиційні та прогресивні. Традиційні технології є низькопродуктивними та потребують ручної праці під час виконання збиральних робіт, а тому втратили своє промислове значення і витісняються прогресивними технологіями, що орієнтовані на отримання насіння та короткого волокно.

2. Серед прогресивних технологій збирання коноплі перспективною є технологія збирання із застосуванням зернозбиральних комбайнів, осінньо-зимовим приготуванням трести в польових умовах та збиранням стеблової частини сільськогосподарськими машинами загального призначення.

4. Застосування сільськогосподарських машин загального призначення (зернозбиральних комбайнів, роторних граблів, прес-підбирачів), що не призначені для роботи з міцною і довгою волокнистою масою та стеблами коноплі, значно знижує надійність збиральних робіт.

5. Удосконалення технології збирання коноплі зернозбиральними комбайнами потребує пристосування наявних сільськогосподарських машин загального призначення до особливостей стебел коноплі, а також розробки нових високопродуктивних засобів механізації збиральних робіт, що орієнтовані на виробництво якісної кінцевої продукції.

Література

1. Дослідна станція луб'яних культур Інституту сільського господарства північного сходу Національної академії аграрних наук [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ibc-uaas.at.ua> (дата звернення 19.04.2016). – Назва з екрану.

2. Мигаль М.Д. Біологія луб'яних волокон конопель / Микола Дмитрович Мигаль. – Суми: ТОВ «ТД «Папірус», 2011. – 390 с.

3. Мигаль М.Д. Біологія формування насінневої продуктивності конопель: монографія / Микола Дмитрович Мигаль. – Суми : Видавничий будинок «Еллада», 2015. – 233 с

4. Вировець В.Г. Селекція ненаркотической посевной конопли: монографія / Вячеслав Гаврилович Вировець. - Суми: Еллада, 2015. - 332 с.

5. Коноплі: монографія / [Вировець В.Г., Баранник В.Г., Гілязетдінов Р.Н. та ін.]; за ред. М.Д.Мигалья, В.М.Кабанця. – Суми: Видавничий будинок «Еллада», 2011. – 384 с.

6. Примаков О. Современная техника как фактор развития технологии сбора технической конопли [Электронный ресурс] /

О.Примаков. – Режим доступа: <http://tku.org.ua/news/2369> (19.04.2016). – Загл. с экрана.

7. Уборка и первичная обработка конопли [Электронный ресурс] // Зооинженерный факультет РГАУ-МСХА: [сайт]. – Режим доступа: <http://www.activestudy.info/uborka-i-pervichnaya-obrabotka-konopli> (19.04.2016). – Загл. с экрана.

8. Компас в мире машин и машиностроения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.avtomash.ru> (19.04.2016). – Загл. с экрана.

9. Машины для уборки конопли [Электронный ресурс] // НЬЮТЕХАГРО [сайт]. – Режим доступа: http://newtechagro.ru/inform2/mashinj_dlya_uborki_konopli.html (19.04.2016). – Загл. с экрана.

10. Нерп Harvester - Уборка урожая конопли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=nUYKEoQjDnw> (19.04.2016). – Загл. с экрана.

11. Фирсов И. П. Переработка конопли на волокно [Электронный ресурс] / И. П. Фирсов, А. М. Соловьев, М. Ф. Трифанова. – Режим доступа: <http://megafermer.ru/article/557> (19.04.2016). – Загл. с экрана.

12. Гилязетдинов Р. Технологии для конопли [Электронный ресурс] / Р. Гилязетдинов, О.Примаков, И. Маринченко. – Режим доступа: <http://tku.org.ua/news/2970>. – Загл. с экрана.

УДК 631.362.3

О.В. Нестеренко, Д.І. Петренко, к.т.н., С.М. Лещенко, к.т.н.,
О.М. Васильковський, к.т.н., С.Я. Гончарова., к.ф.-м.н.
Кіровоградський національний технічний університет

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЖИВИЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ БАГАТОРІВНЕВОГО ВВЕДЕННЯ ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ У ВЕРТИКАЛЬНИЙ ПНЕВМОСЕПАРУЮЧИЙ КАНАЛ

В статті приведене аналітичне обґрунтування параметрів направляючої поверхні багаторівневого живильного пристрою, яка складається з прямолінійної та дугоподібної ділянок. Результати досліджень дозволяють встановити раціональні режими роботи

запропонованого живильника з метою забезпечення оптимальних умов сепарації при багаторівневному введенні зернового матеріалу.

**БАГАТОРІВНЕВИЙ ЖИВИЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ,
ПНЕВМОСЕПАРАЦІЙНИЙ КАНАЛ, ВВЕДЕННЯ ЗЕРНОВОГО
МАТЕРІАЛУ, ПНЕВМОСЕПАРАЦІЯ.**

Постановка проблеми. При сепарації зернового матеріалу у вертикальному пневмосепараційному каналі (ПСК) виникає негативне явище перерозподілу швидкостей повітряного потоку в робочій зоні ПСК, що значно зменшує повноту розділення зернової суміші та збільшує виніс повноцінного зерна у відходи [1, 2].

Одним з перспективних напрямків вирішення цієї проблеми є зменшення опору зерновому матеріалу в місцях його введення та виведення за рахунок створення найбільш раціональних умов введення в ПСК [3], що дозволяє значно вирівняти поле швидкостей повітряного потоку та підвищити якісні показники сепарації [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженнями встановлено, що одним з факторів, які суттєво впливають на ефективність процесу сепарації, є швидкість введення зернової суміші до ПСК та її напрямок [1, 2].

Швидкість введення взаємопов'язана з багатьма факторами, основним з яких є величина питомого навантаження. Відповідно, за рахунок збільшення швидкості введення матеріалу можна суттєво підвищити продуктивність ПСК та зменшити його опір. Але з іншої сторони, при збільшенні швидкості введення погіршуються якісні показники сепарації, оскільки зменшується час його взаємодії з повітряним потоком [6].

Експериментальними дослідженнями встановлено, що введення зерна в ПСК горизонтально приводить до покращення ефекту очищення та зменшення втрат повноцінного зерна у відходи [7]. Тому, величина питомого навантаження та швидкість введення повинні бути раціональними для певних умов введення зернової суміші.

Вирішення проблеми підвищення продуктивності ПСК з дотриманням якісних показників сепарації згідно агротехнічних вимог, можливо за рахунок розділення вихідної товщини зернового матеріалу на декілька рівновеликих потоків при подачі до ПСК в різні робочі зони по його висоті [3-5]. Для цього нами запропонована конструкція багаторівневого живильного пристрою, яка повинна забезпечити однакові режими введення по всім направляючим поверхням. Відповідно, для створення найбільш оптимальних умов сепарації та досягнення ефективної роботи ПСК з використанням багаторівневого живильного пристрою є необхідним визначення закономірностей руху

зернової суміші по направляючих поверхнях живильника та його раціональних параметрів.

Мета дослідження – обґрунтувати параметри живильного пристрою для багаторівневого введення зернового матеріалу у вертикальний пневмосепаруючий канал

Результати дослідження. Рух зернового матеріалу в пневмосепараторі з живильним пристроєм для багаторівневого введення можна умовно поділити на декілька етапів (рис.1):

1. По прямолінійній поверхні направляючої гравітаційної кривої;
2. По дугоподібній поверхні направляючої гравітаційної кривої;
3. Від передньої до жалюзійної стінки в ПСК.

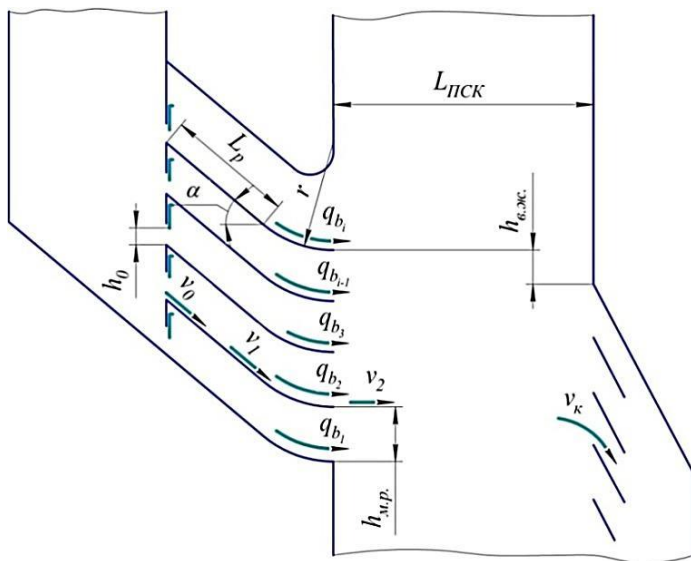


Рис. 1 – Схема до визначення основних параметрів живильного пристрою

Першим етапом руху зернового матеріалу після витікання з бункера, при якому він має початкову швидкість v_0 , є його рух по прямолінійній поверхні довжиною L_p під кутом α до горизонту (рис. 2, а). Відповідно, для означених умов необхідно забезпечити його швидкісний режим таким, щоб при введенні в ПСК товщина зернового

шару дорівнювала одному зерну. Забезпечення величини необхідної швидкості руху матеріалу відбувається за рахунок відповідних параметрів прямолінійної ділянки живильного лотка: кута нахилу до горизонту α та його довжини L_p , але при цьому кут α повинен бути більшим за кут тертя зернового матеріалу по поверхні $\alpha \geq \varphi_{\text{ТЕР}}$.

На дугоподібну ділянку з радіусом r та довжиною L_d зерновий матеріал потрапляє зі швидкістю v_1 , після проходження якої він буде мати необхідну швидкість введення в ПСК v_2 та питома навантаження q_{bi} (рис. 2, б).

Під час руху по прямолінійній похилій поверхні на частку зернового матеріалу діє сила ваги $G = mg$, нормальна сила реакції опори N та сила тертя $F = fN$.

Диференціальне рівняння руху частки зернового матеріалу по похилій поверхні лотка запишемо у вигляді:

$$m \frac{dv_1}{dt} = mg \sin \alpha - fmg \cos \alpha, \quad (1)$$

де $v_1 = \frac{dx}{dt} = \dot{x}$ – швидкість руху частки на розгінній ділянці;

f – коефіцієнт тертя; m – маса частки.

Вирішивши останнє рівняння з врахуванням граничних умов $\dot{x} = v_1$ при $t = t_L$ та $x = 0$ при $t = 0$ знаходимо довжину розгінної ділянки:

$$L_p = g (\sin \alpha - f \cos \alpha) \frac{(v_1 - v_0)^2}{2g^2 (\sin \alpha - f \cos \alpha)^2} + v_0 \frac{(v_1 - v_0)}{g (\sin \alpha - f \cos \alpha)}, \quad (2)$$

або після спрощень отримаємо:

$$L_p = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2g (\sin \alpha - f \cos \alpha)}. \quad (3)$$

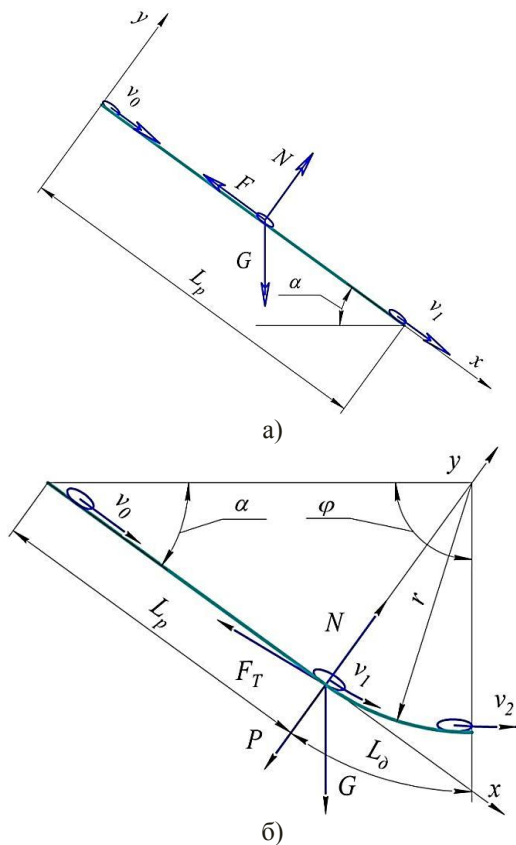


Рис. 2 – Схема до визначення початкових умов руху частки по направляючій поверхні живильного пристрою

Звідки швидкість руху зернового матеріалу в кінці розгінної прямолінійної ділянки:

$$v_1 = \sqrt{2gL_p (\sin \alpha - f \cos \alpha)} + v_0 \quad (4)$$

Наступним етапом руху зернового матеріалу є його рух по дугоподібній поверхні направляючої живильного пристрою (рис. 2, б).

На початку руху по дузі з радіусом r зерновий матеріал має вхідну швидкість v_1 , при цьому, на зернову частку на цій ділянці діють сила ваги $G = mg$, нормальна сила реакції опори, сила тертя по поверхні $F_T = fN$ та сила інерції $P = \frac{mv^2}{r}$.

Диференційне рівняння руху по криволінійній ділянці направляючої поверхні живильного пристрою запишемо у вигляді:

$$\frac{dv_2}{dt} = g(\cos\varphi - f\sin\varphi) - f \frac{v_2^2}{r}, \quad (5)$$

де v_2 – швидкість руху частки на дугоподібній поверхні живильника;
 φ – кут, що визначає положення частки на кривій радіусом r .

З метою вирішення рівняння (10) введемо наступні позначення:

$$v_2 = r \frac{d\varphi}{dt} = r\dot{\varphi}; \quad \frac{dv_2}{dt} = r\ddot{\varphi}$$

Отримаємо:

$$\frac{r\ddot{\varphi}}{g} + f \frac{r\dot{\varphi}^2}{g} = \cos\varphi - f\sin\varphi. \quad (6)$$

В диференційному рівнянні (6) можна понизити порядок. Для цього перейдемо в ньому від змінної φ до показника кінематичного режиму k :

$$k = \frac{\dot{\varphi}^2 r}{g}; \quad \frac{dk}{d} = \frac{dk}{dt} \frac{dt}{d} = 2\dot{\varphi}\ddot{\varphi} \frac{r}{g} \frac{1}{\dot{\varphi}} = 2\ddot{\varphi} \frac{r}{g}; \quad \frac{r\dot{\varphi}^2}{g} = \frac{k}{2}. \quad (7)$$

Тоді рівняння (6) прийме вигляд:

$$\dot{k} + 2fk = 2(\cos\varphi - f\sin\varphi). \quad (8)$$

Рівняння (8) є лінійним диференційним рівнянням першого

порядку відносно функції k . Розв'яжемо його при граничній умові:

$$k = \frac{\varphi_0^2 r}{g} \text{ при } \varphi = \varphi_0. \quad (9)$$

Розв'язок рівняння (8) представимо у вигляді:

$$k = uv, \quad (10)$$

де $u = u(\varphi), v = v(\varphi)$ – невідомі функції аргумента φ , тоді

$$\frac{dk}{d\varphi} = v \frac{du}{d\varphi} + u \frac{dv}{d\varphi}. \quad (11)$$

Підставивши залежності (16) і (15) в рівняння (13), отримаємо:

$$v \frac{du}{d\varphi} + u \left(\frac{dv}{d\varphi} + 2fv \right) = 2(\cos\varphi - f\sin\varphi). \quad (12)$$

Функцію v знаходимо з умови рівності нулю виразу в дужках лівої частини рівняння (12):

$$\frac{dv}{d\varphi} + 2fv = 0 \text{ або } v = e^{(-2f\varphi)}. \quad (13)$$

Підставивши вираз (13) у рівняння (12), отримаємо:

$$\frac{du}{d\varphi} = 2(\cos\varphi - f\sin\varphi)e^{2f\varphi}. \quad (14)$$

Інтегрування останнього рівняння дає

$$u = 2 \frac{3f \cos\varphi + (1 - 2f^2) \sin\varphi}{1 + 4f^2} e^{2f\varphi} + C_3, \quad (15)$$

де C_3 – стала інтегрування.

Підставивши залежності (13) і (15) в рівняння (10) отримаємо:

$$k = 2 \frac{3f \cos\varphi + (1 - 2f^2) \sin\varphi}{1 + 4f^2} + C_3 e^{-2f\varphi}. \quad (16)$$

Сталу C_3 знаходимо, виходячи з граничної умови (9). Маємо:

$$C_3 = \left(\frac{\varphi_0^2 r}{g} - 2 \frac{3f \cos \varphi_0 + (1 - 2f^2) \sin \varphi_0}{1 + 4f^2} \right) e^{2f\varphi_0}. \quad (17)$$

Підставивши (17) в (16) та враховуючи (7), маємо:

$$\begin{aligned} \frac{\dot{\varphi}^2 r}{g} &= 2 \frac{3f \cos \varphi + (1 - 2f^2) \sin \varphi}{1 + 4f^2} + \\ &+ \left(\frac{\varphi_0^2 r}{g} - 2 \frac{3f \cos \varphi_0 + (1 - 2f^2) \sin \varphi_0}{1 + 4f^2} \right) e^{-2f(\varphi - \varphi_0)}. \end{aligned} \quad (18)$$

Зробивши зворотну заміну з врахуванням залежностей (6), рівняння (18) набуде вигляду:

$$\begin{aligned} v_2^2 &= v_1^2 e^{-2f(\varphi - \varphi_0)} + \frac{2gr}{1 + 4f^2} (3f \cos \varphi + (1 - 2f^2) \sin \varphi - \\ &- [3f \cos \varphi_0 + (1 - 2f^2) \sin \varphi_0] e^{-2f(\varphi - \varphi_0)}). \end{aligned} \quad (19)$$

З урахуванням того, що $\varphi_0 = \frac{\pi}{2} - \alpha$ та враховуючи рівняння (4), швидкість введення зернової суміші в ПСК знаходиться за виразом:

$$\begin{aligned} v_2 &= ([2gL_p (\sin \alpha - f \cos \alpha) + v_0^2] \cdot e^{-2f\left(\varphi + \alpha - \frac{\pi}{2}\right)} + \\ &+ \frac{2gr}{1 + 4f^2} (3f \cos \varphi + (1 - 2f^2) \sin \varphi - \\ &- [3f \sin \alpha + (1 - 2f^2) \cos \alpha] \cdot e^{-2f\left(\varphi + \alpha - \frac{\pi}{2}\right)})^{1/2} \end{aligned} \quad (20)$$

Графічна інтерпретація отриманого закону руху матеріалу по розгінній ділянці (рис. 3) дозволяє зробити наступні висновки.

При переміщенні матеріалу по прямолінійній ділянці його швидкість зростає по параболічному закону. І чим більші кут нахилу і довжина направляючої, тим динамічніше відбувається збільшення швидкості.

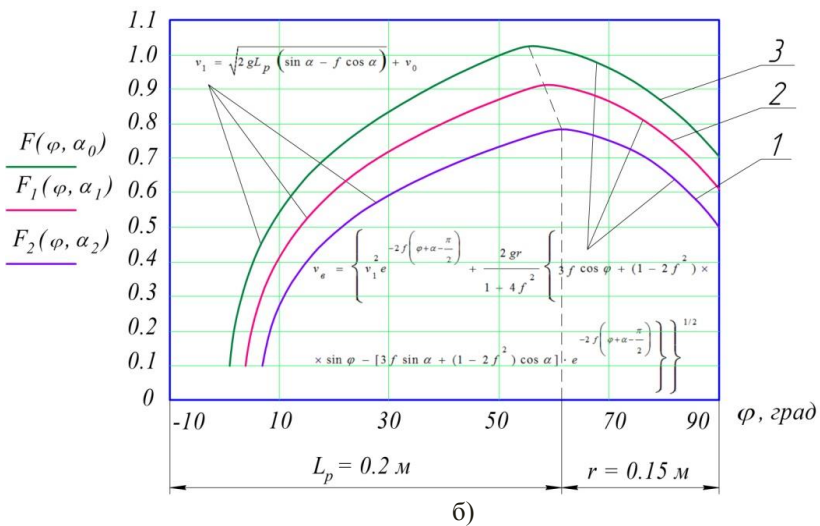
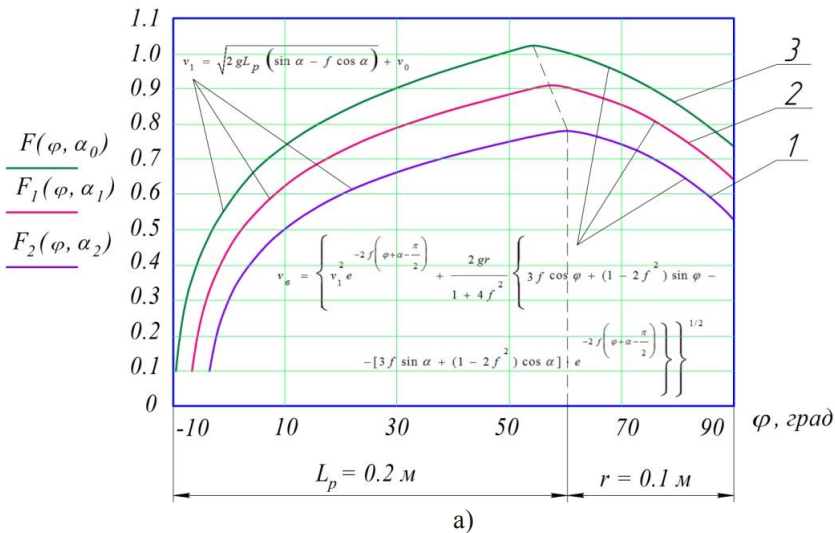
При потраплянні часток до дугоподібної ділянки на них починає діяти відцентрова сила інерції, що призводить до зростання сили тертя, і, відповідно, до зменшення (гальмування) лінійної швидкості руху.

Так, при куті нахилу прямолінійної частини лотка $\alpha = 33^\circ$, довжині розгінної ділянки $L_p = 0,2$ м та радіусі дуги криволінійної частини $r = 0,2$ м швидкість в кінці прямолінійної ділянки досягає 0,9 м/с, а при введенні до ПСК $v_g = 0,55 \dots 0,56$ м/с.

Збільшення радіусу дуги, як видно з графіків, призводить до зменшення швидкості введення зернового матеріалу в ПСК v_g , що пов'язано зі збільшенням часу переміщення часток по дугоподібній ділянці.

Відповідно, чим менший радіус дуги, тим менше змінюється величина швидкості введення в ПСК v_g по відношенню до тієї, яка отримується в кінці прямолінійної розгінної ділянки v_1 . Але при цьому величина радіусу дугоподібної ділянки повинна забезпечувати формування стабільного напрямку подачі зернового матеріалу до ПСК.

Так, наприклад, для забезпечення горизонтальної подачі матеріалу до ПСК із швидкістю введення $v_g = 0,5$ м/с параметри направляючої гравітаційної кривої будуть наступними: довжина розгінної ділянки $L_p = 0,2$ м, кут її нахилу $\alpha = 30^\circ$, радіус дуги $r = 0,15$ м.



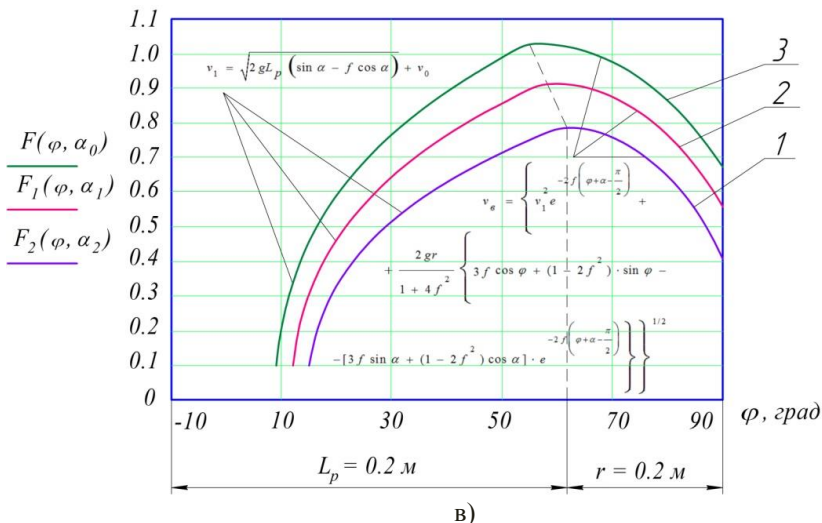


Рисунок 3 – Залежність швидкості руху зернового матеріалу по гравітаційній направляючій живильного пристрою при довжині розгінної ділянки $L_p = 0,2 \text{ м}$:

- а) $r = 0,1 \text{ м}$; б) $r = 0,15 \text{ м}$; в) $r = 0,2 \text{ м}$;
 1 – $\alpha = 30^\circ$; 2 – $\alpha = 33^\circ$; 3 – $\alpha = 36^\circ$.

Висновки:

1. Швидкість введення зернового матеріалу в ПСК з багаторівневим живильним пристроєм залежить від трьох основних параметрів: кута нахилу розгінної прямолінійної ділянки α , її довжини L_p та радіуса дуги направляючої r . При цьому, найбільш впливовим фактором є кут нахилу розгінної ділянки α .

2. Збільшення радіуса дуги направляючої поверхні r призводить до зменшення швидкості введення зернового матеріалу в ПСК v_e , що спричинене збільшенням часу його переміщення по дузі. При однакових значеннях L_p та α збільшення r від 0,1 до 0,2 м призводить до зменшення швидкості введення на $v_e \approx 0,1 \text{ м/с}$.

3. Для забезпечення необхідної швидкості введення зернового матеріалу в ПСК ($v_e = 0,5 \text{ м/с}$) при якій досягається одношарова подача, параметри направляючої поверхні живильного пристрою будуть

мати наступні значення: довжина розгінної прямолінійної ділянки $L_p = 0,2$ м, кут її нахилу $\alpha = 30^\circ$, радіус дуги направляючої поверхні $r = 0,15$ м.

Література

1. Малис А. Я. Машины для очистки зерна воздушным потоком / А. Я. Малис, А. Р. Демидов. – М. : Машизгиз, 1962. – 175 с.
2. Бурков А. И. Зерноочистительные машины. Конструкция, исследование, расчет и испытание / А. И. Бурков, Н. П. Сычугов. – Киров: изд-во НИИСХ Северо-Восток, 2000. – 258 с.
3. Пат. (11) 9586 А Україна, МКИ В 02 В 1/00 (Україна). Спосіб введення зернового матеріалу в пневмосепаруючий канал повітряного сепаратора / Васильковський М. І., Васильковський О. М., Мороз С. М., Лещенко С. М., Нестеренко О. В.; заявник і патентотримач Кіровоградський національний технічний університет. – № а200500209; заявл. 10.01.05; опубл. 17.10.2005, Бюл. № 10.
4. Нестеренко О. В. Дослідження нерівномірності повітряного потоку в пневмосепаруючому каналі при багаторівневому введенні зерна / О. В. Нестеренко, С. М. Лещенко, Д. І. Петренко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка «Механізація сільськогосподарського виробництва» Випуск 156, 2015 р. – С. 35-42.
5. Нестеренко О. В. Дослідження якісних показників пневмосепарації при багаторівневому введенні зерна / О. В. Нестеренко С. М. Лещенко, Д. І. Петренко // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. – Вип. 32. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2015. – С. 157-162.
6. Машины для послеуборочной поточной обработки семян. Теория и расчет машин, технология и автоматизация процессов / За ред. З.Л. Тица. – М.: Машиностроение, 1967. – 447 с.
7. Гортинский В.В. Процессы сепарации на зернообрабатывающих предприятиях / В.В. Гортинский, А.Б. Демский, М.А. Борискин. – М.: Колос, 1980. – С. 103-140.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух

УДК 677.11.021

Ю.М. Онюх, В.Ф. Дідух, д.т.н., І.В. Тараймович, к.т.н,
Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

У статті подані результати досліджень існуючого стану вирощування льону олійного в Україні та наведені рекомендації для забезпечення умов ефективного вирощування льону олійного у господарствах Західного Полісся.

ЛЬОН ОЛІЙНИЙ, ПРИРОДНІ ФАКТОРИ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, НАСІННЯ, СТЕБЛА, ВОЛОКНО.

Постановка проблеми. Сьогодні льонарство в Україні знаходиться у кризовому стані. Історія вирощування льону показує, що дана сільськогосподарська культура, при належному господарюванні, є культурою безвідходною виробництва. Таким чином, чим більший буде асортимент товарів з льону, тим вищою буде рентабельність його виробництва. З іншої сторони, як показує практика, продукція льонарства володіє унікальними споживчими властивостями та користується неабияким попитом у світі.

З 2003 року в Україні спостерігається помітне збільшення посівних площ лише льону олійного. У структурі сівозмін Степу та Лісостепу України льон олійний стає доволі сильним конкурентом таким сільськогосподарським культурам, як соняшник та ріпак, якими переобтяжують сівозміни та виснажують ґрунти. Популярний раніше у Північно-Західному регіоні льон-довгунець втратив свої позиції через відсутність ринків збуту довгого волокна.

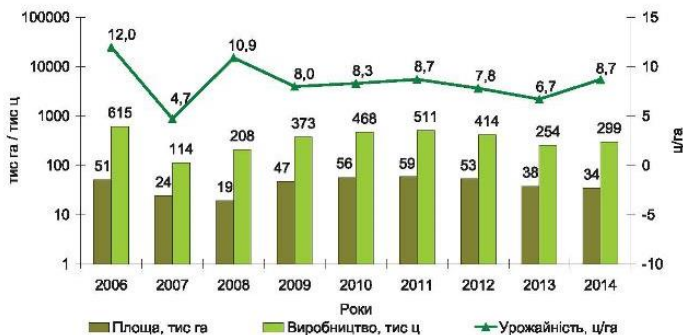


Рис. 1 – Динаміка розвитку посівних площ під льоном олійним (за даними Держкомстату)

У природно-кліматичній зоні Полісся проявляються лише спроби замінити льон-довгунець льоном олійним. При цьому, відомо про активні дослідження з вирішення даної проблеми проводяться у Білорусі. Льон олійний, що вирощується в Україні, скерований на отримання насіння і є експортно орієнтованою культурою. За віддачею затрачених коштів на вирощування він не поступається іншим олійним культурам. Вартість 1 т товарного насіння льону олійного станом на 01.03.2015 р. у середньому становить 8,5 тис. грн.

За даними аналітиків ринку, в 2015-2016 маркетинговому році (МР) урожай олійного льону становив 300 тис. т, що більше на 20% порівняно з минулим сезоном. Домінуюче виробництво олійного льону зосереджено у великих сільськогосподарських підприємствах. Частка господарств населення у структурі виробництва цього насіння за останні роки коливалася від 3 до 5 % [1].

Промисловість України також зацікавлена в одержанні високих врожаїв насіння, в першу чергу, для фармацевтичної промисловості. Але, значна кількість досліджень вказує, що у стеблах сучасних сортів льону олійного міститься 20...22% короткого волокна. Відтак, льон олійний може стати потужним джерелом сировини як для текстильної промисловості, та й інших галузей. В окремих районах України можна зібрати від 9...10 ц/га до 12...15 ц/га короткого неорієнтованого волокна. Відсутність досліджень формування волокна у стеблах льону олійного в зоні Полісся, є основною перешкодою введення його у сівозміни вирощування сільськогосподарських культур.

Льон олійний, що має досить високу біологічну пластичність, стійкість до низьких температур повітря, особливо в початковий період вегетації. У зв'язку з цим, розробка основних технологічних прийомів вирощування цієї цінної культури в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах є досить актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогоднішній день, спеціалізованих підприємств з вирощування та переробки льону олійного немає. Сільськогосподарські підприємства застосовують у сівозмінах олійний льон як культуру неосновну, експериментуючи з нею, часто використовуючи його як страхову культуру в разі загибелі озимих культур. Льон олійний стійкий до осипання, тому у господарствах спочатку можуть збирати зернові культури, а вже потім льон. Пропозиція на ринку насіння льону в Україні достатня у порівнянні з попитом через відсутність промислової переробки у різні види продукції. Наявність переробних підприємств насіння льону олійного, є невеликі за обсягами [2, 3]. Переробці стеблової частини врожаю взагалі не приділяється увага. У Південних областях її, як правило, спалюють.

Підвищення рентабельності вирощування льону олійного у різних природно-кліматичних зонах держави можливий за умови комплексного використання всіх складових врожаю з глибокою їх переробкою. Для зони Полісся, у першу чергу необхідно приділити переробці стеблової частини, адже як показують попередні дослідження [4, 5], висота стеблостою знаходиться у межах 85 см, інколи більше 100 см.

Одним із шляхів вирішення проблем, які стримують розвиток галузі льонарства у зоні Полісся, є розробка нових технологій і устаткування, що дозволяють здійснювати глибоку переробку сировини луб'яних культур. Застосування такого обладнання та технологій дозволить значно розширити асортимент продукції як з насінневої, так і стеблової частини льону олійного. А використання волокнистих відходів тіпання та некондиційного льону в стеблах, для отримання короткоштапельного льняного волокна, дозволить отримати вітчизняне джерело сировини, для виготовлення нового асортименту праж з сумішей льону з бавовною, з вовною та з хімічним волокном [6, 7].

Метою дослідження є визначення особливостей розвитку та формування врожаю і якості продукції льону олійного та обґрунтування доцільності його вирощування в умовах Західного Полісся.

Результати дослідження. На внутрішньому ринку спостерігається не відповідність попиту і пропозиції насіння олійного льону. Причиною є нестабільна робота олійно-жирових комбінатів. Для ефективного їх функціонування необхідно сформувати відповідні запаси сировини для забезпечення безперервної роботи технологічних ліній. При цьому слід враховувати, що окремі переробні підприємства в середині сезону тимчасово або повністю відмовляються від переробки олійного льону. Крім того, переробний завод в Донецьку, який спеціалізувався на переробці насіння льону олійного, призупинив свою діяльність через військові дії в регіоні.

Забезпечення переробних підприємств льоном олійним має свою специфіку. Найбільша торговельна активність на ринку спостерігається в серпні-вересні, в післязбиральний період культури. Саме в цей час відбувається продаж основних товарних обсягів продукції.

Реалізація вирощеного врожаю проводиться з власних складів виробників. Елеватори України не приймають льону олійного на зберігання через незначні обсяги та необхідність суттєвого доопрацювання насіння. Товарні партії цієї продукції повинні відповідати наступним показникам: вологості до 9%, сміттєвих домішок – 2%, олійних домішок – 4%, рівень олійності – не менше 35%

і не мати ураженості шкідниками, що вдається досягти лише при додатковому очищенні і сушінні. Відправка продукції на експорт вимагає її фасування в мішки або біг-беги, а більшість елеваторів не мають необхідного для цього обладнання.

Можливість та доцільність вирощування льону олійного в умовах Західного Полісся насамперед визначається біологічними особливостями самої рослини та ґрунтово-кліматичними умовами регіону. Серед особливих територій Західного Полісся є територія Волинської області, де знаходиться велика кількість річок та озер, які формують вологістний клімат території. Підвищена вологість сприяє розвитку стеблової частини рослин льону.

В загальному основні ознаки груп льону олійного у порівнянні з льоном-довгунцем представлені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні ознаки груп льону олійного у порівнянні з льоном-довгунцем

Ознаки	Межеумок	Кучерявець	Довгунець
Маса 1000 насіння, г	до 6	до 8	до 5,5
Вміст олії в насінні, %	до 42	до 45	до 39
Гілкування стебла	менше	сильне	не галузиться
Стебел на рослині, шт.	1-2	4-5	1
Плодів на рослині, шт.	15-20	30-60	5-10
Висота рослин, см	50-75	30-50	70-125

Основні кліматичні показники області мають такі значення:

– сума активних температур за період із середньодобовою температурою понад 10°C дорівнює 2400...2500°C;

– безморозний період досить тривалий і становить 153...165 днів, а тривалість періоду із середньодобовою температурою 5°C – 205...210 днів, понад 10°C – 100...105 днів. Період вегетації триває з другої декади квітня до третьої декади жовтня;

– середня температура повітря за рік +7°C, а найтеплішого липня +18°C. Найвища температура (абсолютний максимум) досягає +36...39°C і припадає на липень-серпень.

Перевагами вирощування льону олійного на даній території є умови, які дозволяють отримувати щорічний урожай волокна з льону олійного від 12 до 25 ц/га. У початковий період росту і розвитку рослин потреба у волозі забезпечується її осінньо-зимовими запасами. До того ж до фази бутонізації льон олійний відрізняється відносно посухостійкістю.



Рис.2 – Посіви льону олійного в умовах Західного Полісся

У період інтенсивного росту з травня по червень, коли споживання води сягає свого максимуму необхідне достатнє та рівномірне забезпечення опадами для отримання високого врожаю. Регіони, де немає небезпеки посухи в цей період, найбільш придатні для обробітку льону олійного. Рясні опади в фазі цвітіння, як правило, не чинять негативного впливу на утворення плодів та зав'язування насіння.

Короткий вегетаційний період (80-105 днів), що дозволяє збирати льон наприкінці липня, завдяки чому він є хорошим попередником для озимих зернових культур. Його сходи стійкі до весняних заморозків, а сама культура – до осипання насіння та вилягання. До того ж олійний льон має просту технологію вирощування, не потребує застосування інсектицидів, невибагливий до родючості ґрунтів і може вирощуватися без застосування добрив.

Таблиця 2 – Вплив способів посіву та норми висіву на польову схожість рослин льону олійного

Спосіб посіву	Норма висіву		Кількість рослин, шт/м ²			
	млн/га	шт/м. п.	Сонечний	Південна ніч	Блакитно-помаранчевий	Орфей
Рядковий, 15 см	7,0	105	511	495	505	498
Рядковий, 30 см	7,0	215	504	490	495	503
Широкорядковий 45 см	7,0	325	511	510	505	505
Рядковий, 30 см	3,5	110	259	250	255	253
Широкорядковий 45 см	3,0	110	166	170	168	165

Для обробітку льону олійного необхідно використовувати тільки районовані і перспективні сорти. Успішне вирощування льону олійного, в першу чергу, залежить від наявності сортів, адаптованих до умов України. В Інституті олійних культур ведеться ефективна селекційна робота по льону олійному. Селекція проводиться в двох напрямках: створення сортів на технічні цілі з вмістом ліноленової кислоти 70% і більше, а також створення сортів на харчові цілі з підвищеним вмістом олеїнової кислоти (вище 30%) [8].

До Реєстру сортів рослин України включено 8 сортів льону олійного, з яких 6 сортів (Південна ніч, Дебют, Айсберг, Орфей, Золотистий, Славний) – селекції Інституту олійних культур УААН, Еврика – селекції Інституту землеробства УААН та Лірина – селекції Німеччини.

Технологію отримання продуктів льону олійного можна поділити на три основних етапи: вирощування (сівба, ріст), збирання, одночасне з процесом приготування льонотрести (збирання, спосіб підготовки трести, умови зберігання трести) та первинна переробка. Якість отриманої продукції залежить від якісно проведених операцій на всіх трьох етапах. Якщо на етапі вирощування отриманий врожай й досягнутий показник вихідної якості як насіння, так і волокнистої продукції будуть на низькому рівні, то інновації на етапах збирання й первинної переробки волокнистої складової не дадуть позитивного ефекту. В свою чергу, при високій врожайності й якості стеблостою недостатньо ефективна технологія збирання зводить до мінімуму ефект, що досягнутий на етапі вирощування.

Висновки. Підсумовуючи проведений аналіз можна зробити висновки, що якість продуктів льону олійного (як насіння, так і

волокниста продукція) залежить від багатьох факторів, які потребують детального вивчення. Особливо це стосується впливу природно-кліматичних факторів на формування якісних параметрів волокна в стеблі, вибір технології збирання та приготування трести, первинної переробки волокнистої складової в умовах льоносійних господарств.

Література

1. Шкурко М. Рынок льна масличного: отмена экспортных пошлин необходима – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.apk-inform.com/ru/exclusive/topic/1012961#.VzTZ7_VkjIU
2. Эксперты отмечают преимущества выращивания масличного льна – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.proagro.com.ua/news/ukr/4089979.html>
3. Лляний шлях до ЄС. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://hub.kyivstar.ua/lynyanoy-puty-v-es/>.
4. Дударев І.М. Теоретичні основи модернізації машин для виробництва льону: монографія / І.М. Дударев. – Луцьк: Ред.-вид.відділ Луцького НТУ, 2013. – 108 с.
5. Кругла Н.А. Історія розвитку льонарства в Україні: навчальний посібник / Н.А. Кругла, В.А. Вергунов. – Херсон: Адамс, 2002. – 168 с.
6. Ильина З.М. Проблемы и перспективы развития льноводства / З.М. Ильина, В.И. Бельский, В.Н. Перевозников // Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі – Минск, 2006. – №4. – С.26 – 36.
7. Чурсіна Л.А. Наукові основи комплексної переробки стебел та насіння льону олійного / Л.А. Чурсіна, Г.А. Тіхосова, О.О. Горач, Т.І. Янюк. – Херсон: Олді-плюс, 2011. – 356 с.
8. Использование физиологических растения льна масличного в селекции: рекомендации / Н.А. Дуктова [и др.]. – Горки: БГСХА, 2014. – 44 с.
9. Технології вирощування, збирання та переробки льону-довгунця. /Дідух В.Ф., Ковалишин С.Й., Дударев І.М., Тараймович І.В. / Навч. посібник.- Львів: Ред.-вид. Львівського НАУ, 2008. -204 с.
10. Дідух В.Ф. Лабораторно-експериментальна установка для виготовлення паливних брикетів / В.Ф. Дідух, В.В. Том'юк, В.І. Чучман // Вчені Львівського національного аграрного університету виробництву: Каталог інноваційних розробок. – Вип. XV. – Львів : Львівський національний аграрний університет, 2015. – С. 46.

УДК 631.365.22

С. Г. Панасюк, к.т.н., В. І. Кравчук
Луцький національний технічний університет

ТЕПЛО- ТА МАСОПЕРЕНЕСЕННЯ В ШАРІ ПЕКТИНОВМІСНОЇ СИРОВИНИ

У статті приведено результати теоретичного дослідження процесу тепло- та масоперенесення при сушінні пектиновмісної сировини, зокрема яблучних вичавок.

**СУШІННЯ, СУШИЛЬНИЙ АГЕНТ, ТЕМПЕРАТУРА,
ТЕПЛОВІДДАЧА, ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ, ШВИДКІСТЬ
СУШІННЯ.**

Постановка проблеми. При переробці плодів, овочів, буряків у консервній та бурякоцукровій промисловості крім основних продуктів отримують і багато відходів. Оскільки переробка плодоовочевої сировини є сезонною, накопичення відходів вимагає їх негайного використання або утилізації. Через швидкий розвиток процесів гниття та бродіння утворюються продукти, які спричиняють екологічні проблеми. Відходи, отримані при переробці плодоовочевої сировини, містять багато поживних речовин, тому їх можна використовувати як корм для худоби або впроваджувати ефективні способи зберігання з метою подальшого використання.

Одним із шляхів застосування відходів переробки плодоовочевої сировини є виробництво пектину. На теперішній час в Україні немає підприємств, де було б налагоджено промисловий випуск пектину.

Пектин містить велику кількість галактуронової кислоти, що визначає його використання в якості харчових добавок та для фармацевтичних цілей. Крім того пектин має драглеутворюючу здатність та яскраво виражені емульгувальні та піноутворювальні властивості [2].

Найчастіше пектин отримують із цитрусових та яблучних вичавок. Пектин, отриманий із яблучних вичавок, є більш в'язким, краще підходить для виготовлення різноманітних кондитерських начинок. Цитрусовий пектин використовується при виготовленні мармеладу, оскільки сприяє утворенню більш щільної структури продукту.

Початковим етапом виробництва пектину є підготовка пектиновмісної сировини. Найкраще добувати пектин із вичавок

відразу після пресування і отримання соку, але така сировина швидко псується і вимагає негайної переробки. Тому необхідно проводити її висушування з метою збереження протягом певного часу, а також суху пектиновмісну сировину можна легко транспортувати.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню процесу сушіння різних рослинних матеріалів присвячено багато наукових праць, серед яких праці А.С. Гінзбурга, М.А. Грішина, Ю.Ф. Снежкіна, Н.В. Бахмутян та ін. Проте залишаються невивченими ряд питань, пов'язаних із видалення вологи з пектиновмісної сировини.

Мета дослідження полягає у вивченні процесу тепло- та масоперенесення при сушінні пектиновмісної сировини, зокрема яблучних вичавок.

Результати дослідження. Процес сушіння пектиновмісної сировини супроводжується великою витратою енергії, але залишається однією з основних промислових операцій при її підготовці до зберігання та транспортування.

Найпоширенішою пектиновмісною сировиною є яблучні вичавки, отримані з яблук після витискання соку пресуванням або при їх переробці на пюре, компоти чи варення. Перед проведенням сушіння вичавки подрібнюють та пропускають через сито, щоб отримати частинки однакового розміру, який знаходиться в межах 3-5 мм, і забезпечити рівномірність просушування. Якщо частинки більшого розміру, то вони можуть не досушуватися, а меншого – злипатися при завантаженні у сушильну камеру [1]. Особливістю сушіння яблучних вичавок є те, що вони є неоднорідною масою, до складу якої входять частинки частково зневодненої м'якоті, шкірки плодів, насіннєві гнізда та саме насіння. Всі складники характеризуються різними теплофізичними властивостями та вологовіддачею.

Сушіння є процесом, який включає тепло- та масоперенесення одночасно. При вивченні процесів тепло- та масоперенесення всередині частинок яблучних вичавок зробимо допущення, що одні частинки (м'якоть плодів та насіння) мають форму, наближену до сферичної, а інші (шкірки плодів, насіннєві гнізда) – плоских пластинок.

При конвективному сушінні відбувається контакт між частинками яблучних вичавок та нагрітим сушильним агентом, в результаті останній насичується вологою, переміщеною із частинок матеріалу.

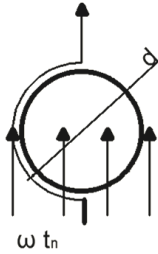


Рис. 1 – Схема обтікання частинки повітрям

Процес конвективного сушіння може відбуватися при омиванні сушильним агентом нерухомого шару частинок матеріалу або шару, коли вони перебувають у зваженому стані. Схематично зобразимо обтікання частинки яблучних вичавок сферичної форми потоком повітря (рис.1).

Теплопередача у шарі подрібнених частинок яблучних вичавок буде відбуватися через точки їх дотикання, а повітря, яке є між ними буде сповільнювати теплопровідність шару [2, 4].

Згідно із законом теплопровідності Фур'є тепловий потік Q , який проходить нормально до поверхні шару частинок можна записати у вигляді:

$$Q = -F \cdot \lambda \cdot \frac{dt}{ds}, \quad (1)$$

де F – площа поверхні шару частинок яблучних вичавок, м²;

λ – коефіцієнт теплопровідності шару, Вт/(м·К);

ds – відстань по довжині потоку, на якому зміна температури складає dt , м.

Коефіцієнт теплопровідності буде залежати від пористості шару матеріалу:

$$\psi = \frac{V_n}{V_n + V_m}, \quad (2)$$

де V_n , V_m – відповідно об'єм пор та сумарний об'єм твердих частинок яблучних вичавок, м³.

Тоді теплопровідність шару можна визначити за формулою:

$$\lambda = (1 - \psi) \cdot \lambda_n + \psi \cdot \lambda_m, \quad (3)$$

де λ_n , λ_m – відповідно теплопровідність повітря та твердих частинок матеріалу, Вт/(м·К).

Але оскільки тверді частинки матеріалу є неоднорідними, то теплопровідність λ_m визначимо:

$$\lambda_m = \sum_{i=1}^n c_i \cdot \lambda_{mi}, \quad (4)$$

де c_i – масова частка i -го складника яблучних вичавок;

λ_{mi} – теплопровідність i -го складника, Вт/(м·К).

Тоді рівняння (1) можна записати у вигляді:

$$Q = -F \cdot \left((1-\psi) \cdot \lambda_n + \psi \cdot \sum_{i=1}^n c_i \cdot \lambda_{mi} \right) \frac{dt}{ds}. \quad (5)$$

При обтіканні частинки яблучних вичавок повітрям (рис. 1), враховуючи, що вона має невеликі розміри, величину теплового потоку можна визначити з рівняння:

$$Q = F \cdot \alpha \cdot (t_0 - t_n), \quad (6)$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі матеріалу, Вт/м² К;

t_0, t_n – відповідно температура частинки матеріалу та повітряного потоку.

Фізична суть процесу конвективного сушіння зводиться до видалення вологи з частинок яблучних вичавок шляхом випаровування, рушійною силою якого є різниця парціальних тисків парів над матеріалом p_m і в потоці сушильного агента (повітря) p_n .

Припускаємо, що волога всередині пористої частинки матеріалу переміщається відносно вільно, випаровується з її поверхні та підводиться до поверхні випаровування з внутрішньої зони частинки при малому вологовмісті. Тоді швидкість процесу випаровування вологи з поверхні частинок визначається відношенням кількості підведеної до них теплоти та теплоти пароутворення [6]:

$$-V \cdot \rho_m \cdot \frac{du}{d\tau} = \alpha \cdot F_e \cdot \frac{t - t_m}{r_c}, \quad (7)$$

де V – об'єм шару матеріалу, м³;

F_e – площа поверхні випаровування, м²;

t, t_m – відповідно температура сушильного агента та мокрого термометра, °С;

r_c – питома теплота пароутворення, Дж/кг;

u – вологовміст яблучних вичавок, кг/кг;

τ – тривалість процесу сушіння, с;

ρ_m – густина яблучних вичавок, кг/м³, яку визначаємо за формулою:

$$\rho_m = \sum_{i=1}^n c_i \cdot \rho_{mi}, \quad (8)$$

де ρ_{mi} – густина i -го складника, кг/м³.

В початковий момент часу вологовміст матеріалу рівний u_0 . Температура та вологовміст сушильного агента будуть змінюватись з

тривалістю процесу сушіння, тому враховуючи ці зміни і формулу (8), інтегруємо рівняння (7) та отримаємо:

$$u = u_0 - \frac{\alpha \cdot F_a}{V \cdot \left(\sum_{i=1}^n c_i \cdot \rho_{mi} \right)} \int_0^{\tau} \frac{t - t_m}{r_c} d\tau. \quad (9)$$

Проінтегрувавши рівняння (9) та припускаючи, що зміна параметрів t , t_m та r_c є незначною, будемо мати:

$$u = u_0 - \frac{\alpha \cdot F_a}{V \cdot \left(\sum_{i=1}^n c_i \cdot \rho_{mi} \right)} \cdot \frac{t - t_m}{r_c} \cdot \tau. \quad (10)$$

Рівняння (10) виражає зміну вологовмісту матеріалу у період постійної швидкості сушіння.

Якщо ж припустити, що при сушінні відбувається переміщення локалізованого фронту випаровування вологи із поверхневої зони до центральної, то до фронту випаровування теплота підводиться за рахунок теплопровідності сухого шару матеріалу (рис.2) і витрачається на перетворення рідини у пару.

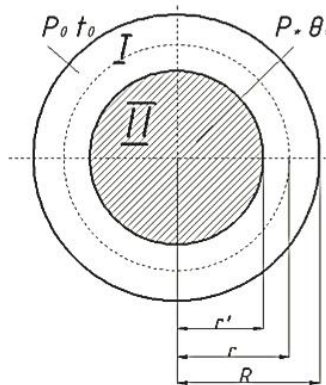


Рис. 2 – Схема пошарового просування фронту випаровування:
I – сухий шар; II – вологий шар

Швидкість переміщення фронту випаровування до центральної зони у частинці сферичної форми можна визначити із диференційного рівняння [6]:

$$\rho_m u_0 r' \frac{dr'}{d\tau} = \frac{\lambda R(t_0 - \theta_*)}{R - r'}, \quad (11)$$

де t_0 , θ_* – температури поверхневої та центральної зон, $^{\circ}\text{C}$.

Проінтегрувавши рівняння (11) і з врахуванням, що у початковий момент часу $r' = R$, отримаємо кінетичне рівняння сушіння частинки:

$$\frac{\gamma^{\frac{2}{3}}}{2} - \frac{\gamma}{3} = \frac{1}{6} - \frac{\lambda(t_0 - \theta_*)}{\rho_m u_0 r R^2} \cdot \tau, \quad (12)$$

де $\gamma = \left(\frac{r'}{R}\right)^3$ – відносний ступінь висушування частинки.

Час повного висушування частинки можна визначити з умови $\gamma = 0$:

$$\tau_{\kappa} = \frac{\rho_m u_0 r R^2}{6\lambda(t_0 - \theta_*)}. \quad (13)$$

Висновок. Процес конвективного сушіння пектиновмісної сировини визначається тепло- та масоперенесенням всередині її частинок. Час сушіння залежить від швидкості переміщення фронту випаровування вологи всередині частинок матеріалу.

Аналіз процесу теплоперенесення всередині шару яблучних вичавок показав, що на теплопередачу у шарі матеріалу має вплив теплопровідність окремих їх складових.

Література

1. Аминов М. С. Производство консервов / М. С. Аминов, Э. М. Аминова, Е. Г. Горун. – М.: Агропромиздат, 1987. – 304 с.
2. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. – М.: Пищевая промышленность. –1979. – 528 с.
3. Донченко Л.В. Пектин: основные свойства, производство и применение / Л.В.Донченко, Г.Г.Фирсов. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 276 с.
4. Кришер О. Научные основы техники сушки. – М.: Энергия, 1968. – 471 с.
5. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 471 с.
6. Фролов В.Ф. Моделирование сушки дисперсных материалов. – Ленинград: Химия, 1987. – 208 с.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух

УДК 631.331

М.С. Шведик, к.т.н., В.О. Корнелюк

Луцький національний технічний університет

В.В. Теслюк, д.с.г.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КАРТОПЛЕКОПАЧА

В статті наведено аналіз основних факторів, які впливають на продуктивність конічно-спірального сепаратора картоплекопача та її залежність від коефіцієнта використання робочого часу при русі з різною швидкістю на супіщаних, суглинкових і чорноземних ґрунтах.

КАРТОПЛЕКОПАЧ, ЛЕМІШ, СЕПАРАТОР, ГРУНТ, ВОРОХ, БУЛЬБИ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ШВИДКІСТЬ, КОЕФІЦІЄНТ РОБОЧОГО ЧАСУ, ОБ'ЄМНА МАСА

Постановка проблеми. Для викопування бульб картоплі найбільш широко використовують картоплекопачі просіювального типу (КТН-2В, КВП-2М, КСТ-1,4) [1 – 4]. Основним робочим органом таких картоплекопачів є пруткові елеватори та коливальні грохоти. В деяких конструкціях картоплекопачів для сепарації ґрунту використовують кулачкові та валкові грохоти. Для роботи у важких умовах на картоплекопачах встановлюють декілька пруткових елеваторів (наприклад в КСТ-1,4), а також обладнують їх бітерами та сепаруючими решітками [5]. При цьому затрати праці на збирання бульб після картоплекопачів в залежності від урожайності та ґрунтово-кліматичних умов, становлять 70...130 люд.-год./га.

Однак, не дивлячись на те, що на даний час існує широкий спектр їх конструктивно-технологічних рішень, всі вони не в повній мірі задовольняють агротехнічні вимоги, що ставляться до картоплекопачів

Основним і найбільш характерним для них недоліком є схильність до залипання ґрунтом, присипання викопаних бульб ворохом та їх травмування.

На нашу думку усунути зазначені недоліки можна шляхом застосування нової конструкції картоплекопача з конічно-спіральним сепаратором, який під час свого обертання забезпечує переміщення підкопаного пласта як по коловій траєкторії, так і в осьовому напрямку. При цьому, внаслідок багаторазового підйому-падіння

пласта на поверхню спіралі відбувається його інтенсивне руйнування до частинок, які вільно просіюються між витками спіралі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел, приурочених питанням викопування картоплі картоплекопачами показує, що вони є достатньо вивчені. На основі результатів досліджень авторами [1 – 6] розроблені і запропоновані відповідні рекомендації, які знайшли своє практичне застосування під час розробки сучасних картоплекопачів.

Однак, питання, що стосуються встановленню основних факторів, які безпосередньо впливають на продуктивність картоплекопача з конічно-спіральним сепаратором, в літературних джерелах не висвітлювались, що створює певні труднощі під час його розробки.

Метою дослідження є встановлення основних факторів, які впливають на продуктивність картоплекопача з конічно-спіральним сепаратором та визначення меж в яких вона може змінюватись.

Результати досліджень. Аналіз технологічного процесу картоплекопача з конічно-спіральним сепаратором показує, що основним фактором, який впливає на його продуктивність, є процес сепарації. При цьому якісне протікання сепарації буде забезпечуватись при узгодженості пропускної здатності лемеша і сепаратора, тобто за умови, що

$$Q_L = Q_C, \quad (1)$$

де Q_L – секундна подача маси лемешем;

Q_C – секундна продуктивність сепаратора, тобто маса вороху, яка подається безперервним потоком в сепаратор повинна своєчасно відводитись за його межі.

Якщо леміш подаватиме в сепаратор більше маси, ніж він спроможний її відвести, то в середині сепаратора буде накопичуватись велика кількість маси, яка не встигатиме просіюватись між витками внаслідок чого сепарація припиняється. Щоб виявити основну причину, яка викликає збій у технологічному процесі картоплекопача, проаналізуємо фактори, що впливають на продуктивність сепаратора.

Оскільки в картоплекопачі спостерігається безперервний потік маси, яку підіймає леміш з рядка і подає її в сепаратор, то можна правомірно припустити, що цей потік проходить через поперечну площу, яку можна умовно назвати горловиною. При усталеному режимі роботи картоплекопача потік буде характеризуватись такими сталими параметрами, як швидкість руху V та його об'ємною масою. Отже, за аналогією з пропускною здатністю горловини, можна записати, що продуктивність лемеша визначається за такою формулою:

$$Q_{л} = V_a \cdot \gamma \cdot S,$$

де V_a – швидкість маси,

γ – об'ємна маса пласта,

S – площа поперечного перерізу пласта (рівна площі поперечного перерізу пласта на лемеші).

Враховуючи зменшення продуктивності картоплекопача, а відповідно пропускної здатності умовної горловини (лемеша), внаслідок втрати робочого часу через різні фактори, останній вираз можна записати в такому вигляді:

$$Q_{л} = V_a \cdot \gamma \cdot S \cdot \tau, \quad (2)$$

де τ – коефіцієнт використання робочого часу.

Площу поперечного перерізу пласта визначаємо з рис.1, з якого видно, що вона складається з суми площ трьох геометричних фігур: S_1 – площі трикутника $OA'C'$, S_2 – площі прямокутника $A'A''C''$ і S_3 – площі сектора $A''KC''$, тобто

$$S = S_1 + S_2 + S_3. \quad (3)$$

Визначимо ці площі (Площа $\Delta OA'C' = S_1$):

$$S_1 = \frac{1}{2} A'C' \cdot OO'' = \frac{1}{2} b \cdot OO''. \quad (4)$$

З побудови (рис.1) видно, що

$$OO'' = OK - O''K = a - O''K. \quad (5)$$

Враховуючи те, що

$$O''K = A'A'' + K'K,$$

$$K'K = h',$$

а також вираз $A'A'' = \frac{B-b}{2} \operatorname{tg} \varphi$ [7], то вираз (5) запишемо так:

$$OO'' = a - \left(\frac{B-b}{2} \operatorname{tg} \varphi + h' \right).$$

Отже,

$$S_1 = \frac{1}{2} B \left(a - \frac{B-b}{2} \operatorname{tg} \varphi - h' \right). \quad (6)$$

Площа

$$S_2 = A'A'' \cdot A'C',$$

а з врахуванням виразу $A'A'' = \frac{B-b}{2} \operatorname{tg} \varphi$ [7], і того, що $A'C' = b$,

останній вираз запишемо так:

$$S_2 = b \frac{B-b}{2} \operatorname{tg} \varphi, \quad (7)$$

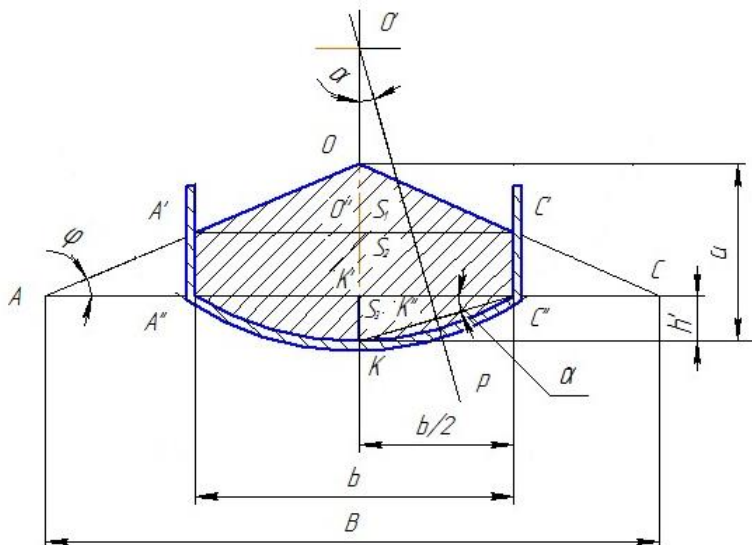


Рис. 1 – Схема до визначення площі поперечного перерізу пласта вирізаного лемешем перед подачею його в сепаратор

Площу сегмента S_3 визначаємо за відомою формулою:

$$S_3 = \frac{2}{3} b \cdot h' + \frac{(h')^3}{2b}, \quad (8)$$

де b – основа сегмента (ширина лемеша);

h' – висота сегмента.

Підставимо у формулу (3) залежності S_1 , S_2 і S_3 з виразів (6), (7), (8) і отримаємо формулу для визначення площі поперечного перерізу пласта:

$$S = \frac{b}{2} \left(a + \frac{h'}{3} + \frac{(h')^3}{b^2} \right), \quad (9)$$

Швидкість подачі вороху в сепаратор визначимо з врахуванням рис.2, на якому наведено схему підкопування пласта і його переміщення на поверхні лемеша. З наведеної схеми видно, що

картоплекопач рухається з деякою швидкістю V в напрямку стрілки. При цьому відносний напрямок пласта буде направлений в протилежну сторону зі швидкістю V_a . Розкладемо цю швидкість на складові: V_n – швидкість, яка направлена вверх (швидкість підйому пласта) і V_t – направлена в сторону сепаратора. Ця швидкість рівна за величиною швидкості руху картоплекопача V , але протилежно їй направлена.

Отже, швидкість подачі пласта буде визначатись за такою формулою:

$$V_a = \frac{V}{\cos \alpha}, \quad (10)$$

де α – кут нахилу лемеша до горизонту.

З врахуванням виразів (9) і (10) і умови (1) вираз (2) прийме вид:

$$Q_n = Q_c = V_a = \frac{b \cdot V \cdot \gamma \cdot \tau}{2 \cos \alpha} \left[a + \frac{h'}{3} + \frac{(h')^3}{b^2} \right]. \quad (11)$$

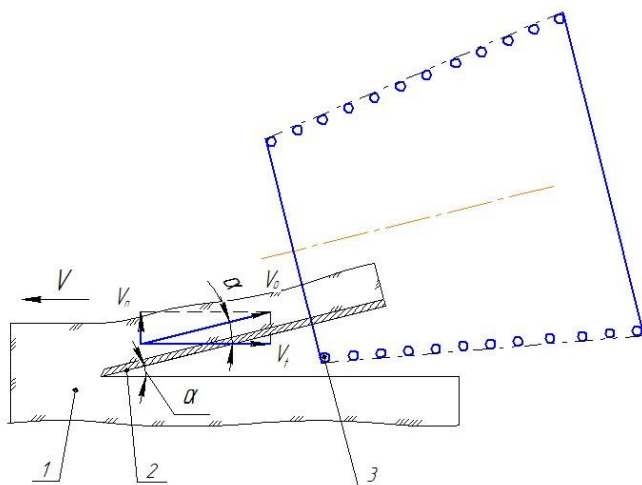


Рис. 2 – Схема до визначення осевої швидкості подачі пласта

Аналіз отриманого виразу показує, що продуктивність картоплекопача залежить прямо пропорційно від швидкості V руху картоплекопача, об'ємної маси γ (тобто типу) ґрунту, коефіцієнта використання робочого часу τ і обернено пропорційно від кута α установки лемеша, а також від його ширини b та таких технологічних

параметрів, як глибини залягання бульб від вершини гребеня a та його основи h' .

Таким чином, на основі викладеного можна зробити висновок, що на продуктивність картоплекопача впливають сім факторів, які можна розділити на три групи: технологічні (V, τ, a, h'), конструктивні (α, b) і фізико-механічні (γ). Детальний аналіз цих факторів, показує, що ними управляти в технологічному процесі важко. Але встановивши для окремих з них раціональні значення, можна звести їх вплив до мінімуму. Так, в силу біологічних особливостей бульб глибина a їх залягання від вершини гребеня і від його основи h' в основному становить відповідно 0,22 м і 0,06 м. Що стосується конструктивних параметрів лемеша, то з врахуванням біологічних особливостей картоплі, бульби в ґрунті розміщуються в пласті шириною до 0,3 м, тому мінімально-допустимою шириною лемеша можна прийняти ширину рівну 0,4 м. Кут установи α лемеша до горизонту згідно рекомендацій [4] не повинен перевищувати 24° , інакше різко зростуть енергозатрати на підкопування пласта. Тому кут α установки лемеша можна прийняти рівним 15° і він буде незмінним. Таким чином на продуктивність картоплекопача в основному впливають швидкість V його руху, об'ємна маса γ ґрунту та коефіцієнт використання робочого часу τ .

Отже, змінюючи числові значення (v, γ, τ) можна отримати теоретичну залежність продуктивності картоплекопача від цих параметрів. За результатами розрахунків на рис.3 побудовано графічну залежність продуктивності Q (кг/с) картоплекопача від коефіцієнта використання робочого часу τ при русі з різною швидкістю V (м/с) на різних типах ґрунтів γ (кг/м³).

Аналіз отриманих графіків показує, що продуктивність картоплекопача з лемешем шириною $b = 0,4$ м і кутом його установки $\alpha = 15^\circ$ при роботі на всіх типах ґрунтів прямо пропорційно залежності від коефіцієнта τ використання робочого часу і швидкості V руху картоплекопача і в міру збільшення їх значень також збільшується. Але враховуючи те, що при хорошій організації робіт коефіцієнт використання робочого часу може сягати свого максимального значення $\tau = 0,7$, а висока якість сепарації забезпечується при нижчих швидкостях руху картоплекопача, які на практиці для машин-аналогів знаходяться в межах $V = 0,5 \dots 0,75$ м/с на різних типах ґрунтів буде змінюватись в межах $Q = 15 \dots 32$ кг/с.

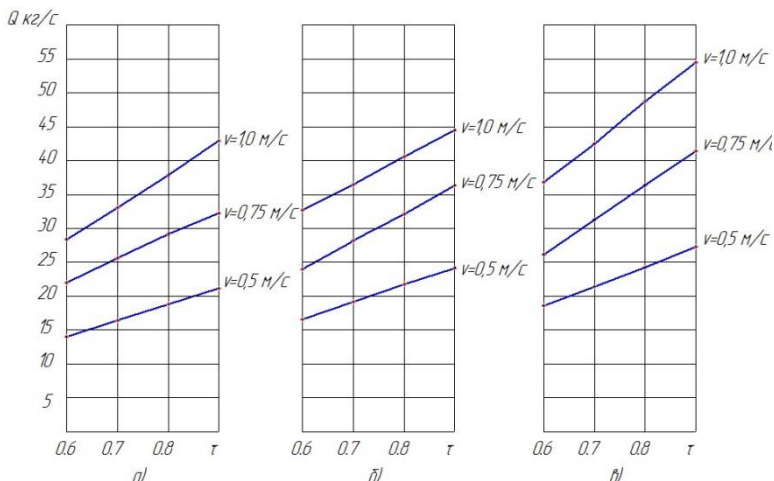


Рис.3 – Графічна залежність продуктивності Q (кг/с) від коефіцієнта τ використання робочого часу при русі з різною швидкістю V (м/с) для: а) супіщаних ґрунтів $\gamma = 750 \text{ кг/м}^3$; б) суглинкових ґрунтів $\gamma = 850 \text{ кг/м}^3$; в) чорноземних ґрунтів $\gamma = 950 \text{ кг/м}^3$

Висновки. Таким чином, на основі отриманих результатів досліджень, можна зробити наступні висновки:

1. На продуктивність картоплекопача впливають сім факторів, які можна розділити на три групи: технологічні (V , τ , a , h'), конструктивні (α , b) і фізико-механічні (γ). Однак детальний аналіз цих факторів, показує, що ними управляти в технологічному процесі важко.

2. З врахуванням біологічних особливостей бульб з метою спрощення процесу проектування картоплекопача доцільно зменшити число факторів, які впливають на його продуктивність шляхом встановлення раціональних параметрів для окремих з них, зокрема прийняти, що глибина a залягання бульб від вершини гребеня і від його основи h' становлять відповідно 0,22 м і 0,06 м, а мінімально-допустима ширина b лемеша і кут α його установки відповідно 0,4 м і 15° .

3. При робочій швидкості картоплекопача $V = 0,5 \dots 0,75$ м/с на різних ґрунтах його продуктивність збільшується або зменшується у два рази в межах $Q = 15 \dots 32$ кг/с.

Література

1. Верещагин Н И., Пшеченков К.С. Рабочие органы машин для возделывания, уборки и сортировки картофеля. - М.: Машиностроение, 1965. - 266 с.
2. Герасимов А.А., Прохорова М.Ф. Особенности развития технологии уборки картофеля и конструкции картофелеуборочных машин // Труды ВИМ. - М., 1978. - Т. 80. - С. 41 - 52.
3. Мацепуро М.Е. Технологические основы механизации уборки картофеля. - Минск: Гос. Изд-во, 1969. - 301 с.
4. Петров Г.Д. Картофелеуборочные машины. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. - 320с.
5. Размыслович И.Р., Ладутько С.Н. Экспериментальные, лабораторные и полевые исследования битеров картофелеуборочных машин // Сельскохозяйственную технику – на уровень современных требований. Сб. науч. трудов БИМСХ. – Минск: Ураджай, 1967. – С. 131 – 138.
6. Картопля / В.А. Вітенко, В.С. Куценко, М.Ю. Власенко та інш.; За редакцією В.А. Вітенка, В.С. Куценка. - К.: Урожай, 1990. - 256 с.
7. Шведик М.С., Загвоздін О.Б. Графо-аналітичний метод обґрунтування основних параметрів конічно-спірального сепаратора картоплекопача. Сільськогосподарські машини. Зб. наук. стат. Вип. 32.- Луцьк, 2015. с. 252–257.

УДК 677.021

А.В. Шимко, аспірант,
Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕРТЯ КОЧЕННЯ ТА КОВЗАННЯ БУЛЬБ КАРТОПЛІ

У даній статті наведено результати експериментального визначення коефіцієнтів тертя кочення та ковзання для бульби картоплі по гумовій та сталевій поверхням.

БУЛЬБА КАРТОПЛІ, КОЕФІЦІЄНТ ТЕРТЯ КОВЗАННЯ, КОЕФІЦІЄНТ ТЕРТЯ КОЧЕННЯ.

Постановка проблеми. Картопля є однією з найважливіших продовольчих і сировинних культур, виробництвом якої займаються понад 140 країн світу. Виробництво картоплі пов'язане з великими

енерго- та трудовими витратами, до 70% яких всіх припадає на заключну стадію – збирання врожаю. На якість виконання технологічного процесу збирання врожаю значною мірою впливає операція підкопування бульб. Підкопуючі робочі органи визначають умови протікання подальших операцій, впливають на цілісність бульб.

Враховуючи зазначене, удосконалення підкопуючих робочих органів є важливою науково-практичною задачею, що потребує проведення теоретичних і експериментальних досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання механізації процесу збирання бульб картоплі були предметом досліджень Боричьова С.М. [1], Петрова Г.Д. [2], Верещагіна М.І. [3], Кушнарьова А.С. [4] та інших вчених. З аналізу чинних досліджень випливає, що одним із основних напрямків удосконалення технічних засобів для збирання картоплі є модернізація підкопуючих робочих органів. Дослідниками відмічається, що існуючі робочі органи для підкопування бульб не забезпечують потрібної якості виконання робіт, особливо у вважких ґрунтово-кліматичних умовах, зокрема на полях Рівненської області, ґрунти яких вирізняються високою вологістю, захаращеністю камінням. Поширеними також є торфо-болотяні ґрунти. Все це приводить до наліпання ґрунту на бульби, що ускладнює процес їхнього викопування та подальшого транспортування.

Для розробки підкопуючих органів, адаптованих до важких ґрунтово-кліматичних умов необхідно дослідити коефіцієнт тертя бульб, особливо бульб із наліпленим ґрунтом по поверхні підкопуючого робочого органу.

Мета дослідження. Метою даної роботи є дослідження коефіцієнтів тертя кочення та ковзання для пар картопля- гума та картопля-сталь, та аналіз отриманих результатів.

Результати дослідження. Дослідження проводились у лабораторних умовах із використанням приладів «похила площина» та «похила площина з маятником».

Об'єктом дослідження були бульби картоплі різної ваги різного ступеня забруднення, які ковзали по похилій площині з різними накладками: сталева пластина, опукла гума.

Для визначення коефіцієнту тертя кочення було використано маятник, площина коливачь якого складала із горизонтальною площиною кут β (рис.1). У ролі маятника була використана картоплина, радіусом $R=15\text{мм}$, яка була підвішена до нитки довжиною $L = 25\text{см}$, де OO' - лінія рівноваги, α_0 – кут відхилення від лінії рівноваги, який був рівний 40° , α – кут максимального відхилення

нитки із картоплиною в іншу сторону. При цьому $\alpha_0 > \alpha$, оскільки енергія маятника зменшується за рахунок тертя кочення.

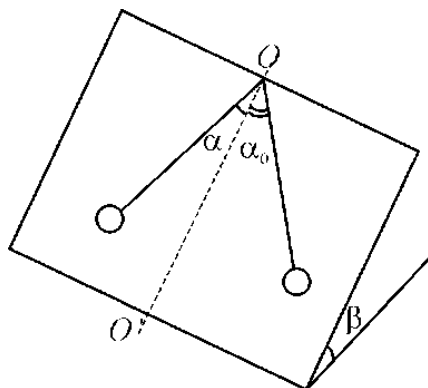


Рис.1 – Схема установки для дослідження коефіцієнту тертя кочення

Амплітуда коливань за один період:

$$\varphi = \alpha_0 - \alpha \quad (1)$$

Коефіцієнт тертя кочення:

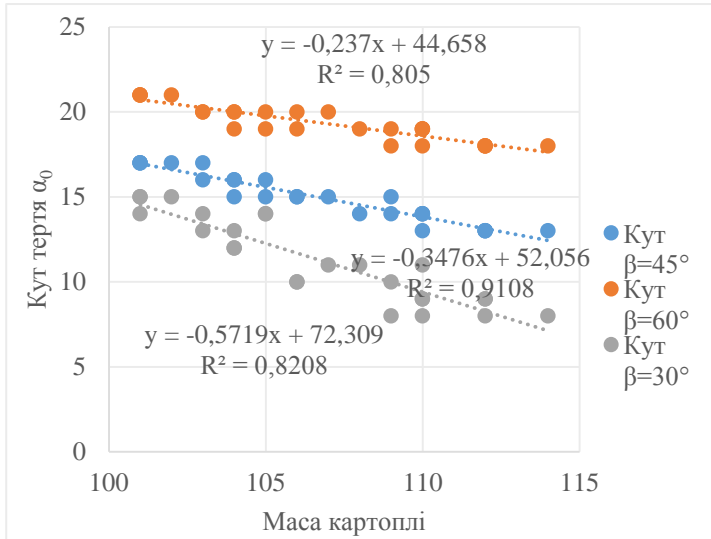
$$k = \frac{R\psi \operatorname{tg} \beta}{4} \quad (2)$$

Підставивши рівняння амплітуди коливань для одного періода отримаємо:

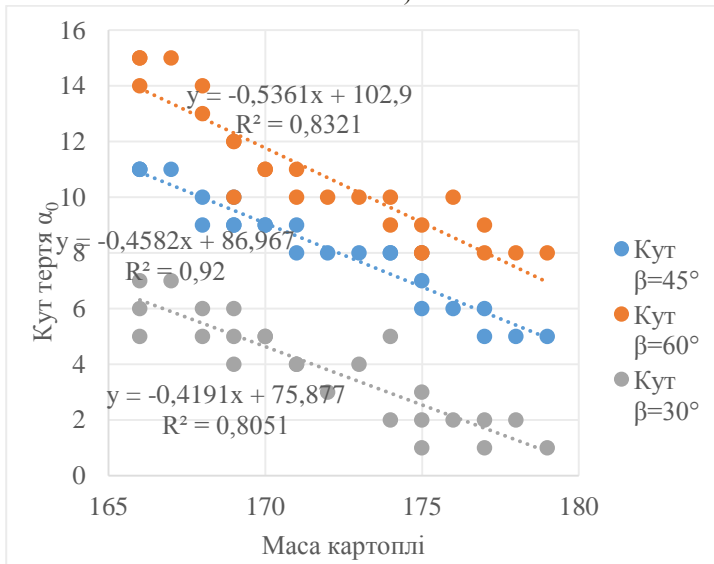
$$k = \frac{R(\alpha_0 - \alpha) \operatorname{tg} \beta}{4} \quad (3)$$

На рис.2 наведено результати визначення кутів тертя кочення залежно від маси бульб у вигляді ліній тренду та отримані рівняння, які описують дану залежність.

З метою дослідження руху бульб по поверхні робочого органу необхідно також було визначити коефіцієнт тертя ковзання дослідним шляхом. Проводили досліди з використанням приладу «похила площина» (рис. 3) за відомою методикою [5].



а)



б)

Рис.2 – Графік залежності кута α_0 від маси картоплі: а – бульби без наліпання ґрунту; б – бульби з наліпшим вологим ґрунтом

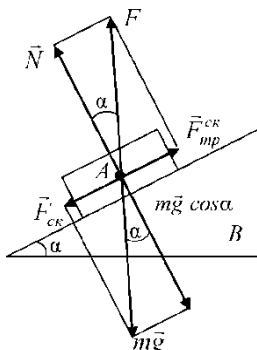


Рис.3 – Схема сил, що діють на бульбу, що знаходиться на нахиленій поверхні приладу «похила площина»: α – кут нахилу до горизонту; А – покладено тіло; В – нахилена поверхня; N – нормальна реакція; $F_{тр}^{ck}$ – сила тертя ковзання; F – горизонтальна сила; m – маса тіла А; g – сила тяжіння, $g = 9.81$; F^{ck} – сила ковзання.

На рис. 4 наведено результати обробки дослідних даних у вигляді ліній тренду та рівняння, які описують вплив маси бульб та їхнього стану (наявність чи відсутність налипання ґрунту на бульбах) на величину кута тертя ковзання.

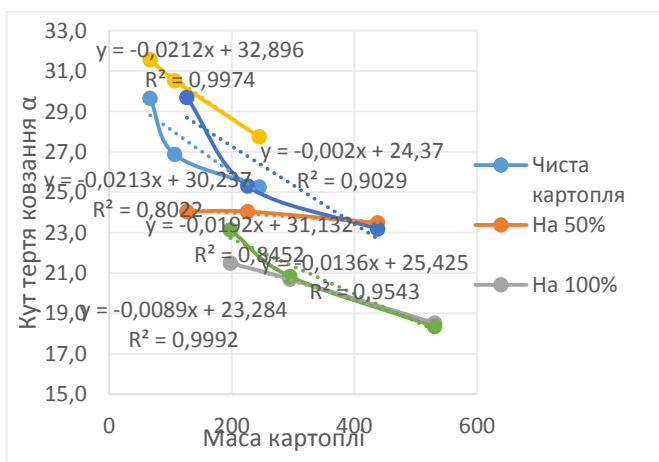


Рис.4 – Графік залежності кута тертя ковзання α від маси картоплі та площі її забруднення

Висновки. У ході виконаних лабораторних досліджень встановлено:

- 1) кут тертя кочення зменшується зі зростанням маси бульб, причому цей вплив більш вагомий для бульб із наліпшим ґрунтом;
- 2) закономірність впливу маси бульб на величину кута кочення описується лінійним законом із коефіцієнтом рандомізації, близьким до 0,9, що говорить про достовірність;
- 3) кут тертя ковзання зменшується зі зростанням маси бульб, причому цей вплив більш вагомий для бульб із наліпшим ґрунтом;
- 4) закономірність впливу маси бульб на величину кута ковзання описується лінійним законом із коефіцієнтом рандомізації, близьким до 0,9, що говорить про достовірність.

Література

1. Борычев, С.Н. Машинные технологии уборки картофеля с использованием усовершенствованных копателей, копателей-погрузчиков и комбайнов: дис. докт. техн. наук. / С. Н. Борычев. – Рязань: РГАТУ, 2008. – 414 с.
 2. Петров Г. Д. Тенденции развития конструкций машин для возделывания и уборки картофеля / Г. Д. Петров, Е. А. Матвеева // Сб. научных трудов ЦНИИТЭИ тракторосельхозмашин. – 1989. – вып. 6. – 54 с.
 3. Верещагин Н.И. Современные машинные технологии производства картофеля / Н.И. Верещагин и др. // Техника и оборудование для села. – №8. – 2004 – С. 16–19.
 4. Кушнарьев С. А. Дослідження зони руйнування грудок ґрунту у прочісуючого органу картоплі того, що копає / С.А.Кушнарьев, О.М.Мордик // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. - Вип.30. - Мелітополь 2005. - с. 106-110.
 5. Мордик О. М. До обґрунтування параметрів робочого органу картоплекопача для прибирання картоплі, що обробляється на крапельному зрошуванні /О.М.Мордик // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. - Вип. 13. – Мелітополь. - 2003. - с. 89-93
 6. Определение коэффициента силы трения скольжения: Методические указания к выполнению лабораторной работы М–19 по курсу общей физики / сост. Н.С. Кравченко, Н.И. Гаврилина; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012.–10с.
- Рецензент д.т.н., проф.О.О. Налобіна*

ANNOTATIONS - / - АННОТАЦИИ

Hevko B., Klendiy V., Marchuk N., Kazmirchuk V. Structural synthesis devices and tools for cutting thread

Summary: *The widespread use rizbovyh connections in mechanical engineering due to their simple design, high load capacity, operational reliability and durability, and ease of connection and disconnection of parts. We give new designs devices for threading on internal cylindrical surfaces, which are formed on the basis of morphological synthesis. Among the different options synthesized designs devices for thread cutting through peer review selected five with improved performance*

Keywords: *tap, thread, synthesis*

- / -

Гевко Б.М., Клендий В.М., Марчук Н.М., Казмирчук В.П. Структурный синтез приспособлений и инструмента для резки резьбы

Широкое использование резьбовых соединений в машиностроении, благодаря их простоте конструкции, высокой грузоподъемности, эксплуатационной надежности и долговечности, а также простота подключения и отключения частей. Мы даем новые конструкции устройства для нарезания резьбы на внутренних цилиндрических поверхностях, которые формируются на основе морфологического синтеза. Среди различных вариантов синтезируемых конструкций устройства для нарезания резьбы с помощью экспертной оценки выбраны пять с улучшенными характеристиками.

Ключевые слова: кран, резьба, синтез

Hevko I, Klendiy M., Klendiy V.A theoretical study of performens of the details through holes drilling process

The summary. *The main disadvantage of these processes is the breakdown drills exits the workpiece, which according to various sources, is quite large*

The main reason of breakdowns lies in the fact that when the time of the drill blank layer of metal under his cutting blade begins to twist and bursting with cracking and peculiar cantilever fixed blades that under the influence of the conical drill rotates and carries axial displacement, bent to form zahusynetsi . It should be noted that for these drill diameter size filing set by the condition of their stability with some reserve strength in torsion, and also the fact that as the hollow drill bit during drilling rate increases reduced the length of the output parameter drills, limiting flow becomes acceptable value of torque. In this way seems the ability to adjust the value of supply increase or decrease depending on the physical and mechanical properties of the workpiece material, tool rigidity, drilling depth, and other factors. Given these factors deriving analytical expressions for determining the cutting forces and the beginning of a decrease of the feed drills away from the lower end of the workpiece equal size reduced distortion drive, expressed with regard to the function of diameter drill. The size of the danger zone in which the flow should be reduced taking into account the above-quoted factors and changing it automatically changes the tool feed.

- / -

И. Б. Гевко, к.т.н., М.И. Клендий, Н.М. Марчук. Теоретическое обоснование регулирования подачи сверления при разделке сквозных отверстий.

Резьбовые соединения широко используются в машиностроении,

приборостроении и других отраслях народного хозяйства. Соединение деталей в большинстве случаев выполняют разъемными с помощью резьбовых. В работе приведены теоретические зависимости для назначения подач в зависимости от диаметров используемых сверл, определение зоны, начиная с которой необходимо уменьшать подачу, определение значений осевого усилия при сверлении отверстия.

Holovach V., Sirko Z., Tortshcilevskij D. Devices for the protection of metal objects corrosion

The summary

The description of methods used now and means of protection of metal products from corrosion is resulted. The description of new technology of protection against corrosion and the device on its base is given, allowing to create negative potential of a voltage of an electric current on metal products for their protection against corrosion.

The description of methods used now and means of protection of metal products from corrosion is resulted. The description of new technology of protection against corrosion and the device on its base is given, allowing to create negative potential of a voltage of an electric current on metal products for their protection against corrosion.

The apparatus differs from the known fact that the supply AC potential on the metallic product is performed without mechanical destruction of the latter at one point on its surface.

Ustrojstvo protect against corrosion of metal products includes: power supply; overvoltage protection unit feed; voltage regulator; monitoring circuit; the microprocessor; pulse amplifier; display unit; high-pass filter.

The device operates as follows. The voltage from the power supply unit is supplied to the surge protection power. Output from the protection voltage is applied to regulator control circuitry and power supply voltage. Stable power supply voltage is applied to the input of a comparator built into the microprocessor to the second input of the comparator is supplied with a voltage of unregulated voltage control unit. When changing the power supply voltage is below a predetermined value the microprocessor disables the device. If the power supply voltage is normal, the microprocessor sends a signal to the display unit voltage. Thus the output of the microprocessor, the pulse signals fed to the amplifier, the output of which they are fed through a capacitor to the negative pole of a power supply which is electrically connected to the metal casing of the product.

Due to the fact that the negative pole of the power supply is connected via a high-pass filter, the output pulse signal is used efficiently, since the large loaded resistance (the variable component) of the filter surface of metal articles .. receives a negative potential relative to the ground surface, which significantly eliminates or completely suppress the corrosion of the metal.

- / -

В.М. Головач, З.С. Сирко., Д.П. Торчилевський. Устрйоство для защиты металлических предметов от коррозии

Приведено описание используемых в данное время методов и средств защиты металлических изделий от коррозии. Дано описание новой технологии защиты от коррозии и устройства на ее базе, позволяющей создавать отрицательный потенциал

напряжения электрического тока на металлических изделиях для защиты их от коррозии.

Holovachuk I.P., Burchuk I.N, Determination of critical loads on the stem

Quite an important issue in the process is to minimize the taking of damaged stems and lengthy strip of linen. Therefore, investigation of the elastic properties of flax stems under the influence of external factors is a very important task. On the stem in the taking of the interaction of working bodies of Flax machines are forces that cause deformation of the stem. As a result, the stem can be derived out of balance, and this in turn can lead to a breakdown of the tape and stretch linen. Therefore, the study of these processes is an important issue. Consider the stem as mechanically simple system consisting of several parts connected by elastic joints. To investigate the stability analyze several key distribution schemes the forces acting on the stem. In the study of equilibrium stems, located between accomplices we need to take into account the forces acting on the part divider bars and pinched in the ground. Also note that the applied load is static.

After some calculations, we can conclude that for the same external forces are applied and under the same conditions fastening elastic. In the considered mechanical system have not been considered an initial angle of the axis of the stem. In a real system is often different angle from the vertical position. This is caused by the workflow in the process of stems in stripes. Also in this article we find the equilibrium point, located at the initial position. Using linear equations can set the equilibrium point of the system related with the initial state.

So the stem can be represented as an elastic system. For more accurate reflection of the real system, the stem is divided into an arbitrary number of branches. Using a system with multiple links, possible more accurately describe the behavior of the stems under the action of external forces.

- / -

Головачук І.П., Бурчак І.Н., Исследования упругого состояния льна

Достаточно важным вопросом в процессе теребления является минимизация количества поврежденных стеблей и рвантности ленты льна. Для исследования влияния рабочих органов на стебель в статье предлагается рассматривать его, как многозвенную систему с упругими шарнирами. Исследование упругих свойств стеблей льна под действием внешних сил является весьма важной задачей. Подбор геометрических параметров рабочих органов и усилия, прикладываемые с их стороны к стеблей является весьма важной задачей.

Didukh V.F, Polischuk M.M., Tarasiuk V.V, Research technologies introduction of local firm organic fertilizers during planting potatoes

The article suggests konstrutsiyu machines for making local organic fertilizers for potatoes. With that taken into account the peculiarities of planting potatoes and profiles of grooves formed and implemented the proposed methods of forming grooves in practice The analysis of the impact of fertilizers at the rate of germination of potatoes and made assessment of the impact of fertilizers on potato yields

- / -

Дидух В.Ф., Полищук М.М., Тарасюк В.В. Исследование технологией локального внесения твердых органических удобрений при посадке картофеля.

В статье предложен конструкции машины для локального внесения органо-минеральных удобрений под картофель. Причем были учтены особенности посадки картофеля и профили образованных бороздок. Реализовано предложенные способы образования бороздок на практике. Проведен анализ влияния удобрений на скорость появления всходов картофеля и произведена оценка влияния удобрений на урожайность картофеля.

Dudarev I.M., Kruk S.M., Kirchuk R.V., Tarasiuk V.V. Research sagging of flax heap at the bottom of the separator.

Separation of flax heap is one of the most complex refining processes. Work of separators results in a significant loss stems that can be used as raw materials in the production of additional fibers and the same type of fuel briquettes. Considerable attention of researchers aimed at substantiation of rational methods of separation heap of flax, which would permit to minimize losses and damage all components of the heap. Flax heap separation by stretching is one such way. To implement this method suggested separator design and justified its design parameters. Justification of parameters based on the study of sagging heap layer on the bottom of the separator.

- / -

Дударев И.Н., Крук С.М., Кирчук Р.В., Тарасюк В.В.. Исследование провисания льняного вороха на днище сепаратора.

Сепарирование льняного вороха – это один из наиболее сложных процессов его переработки. Работа сепараторов известных конструкций приводит к значительным потерям составляющих льняного вороха, особенно путанины, которая может быть использована как дополнительное сырье в производстве однонитного волокна и топливных брикетов. Значительное внимание исследователей направлено на обоснование рациональных способов сепарирования льняного вороха, которые разрешили бы минимизировать потери и повреждения всех составляющих вороха. Одним из таких способов есть сепарирование путем растягивания слоя вороха. Для реализации этого способа предложено конструкцию сепаратора и обосновано его конструктивные параметры. Обоснование основывалось на исследовании провисания слоя вороха на днище сепаратора.

R.Kirchuk, O.Holiy, K.Kopec, A.Ivankevych. Simulation of soybean seeds movement in mechanism of preparation for drying.

Soybean seed cutting surface improves the energy efficiency of the drying process. Such soybeans processed into oil. Incision seeds leads to increase contact area with drying agent. The formation of new surface evaporation intensifies heat and mass transfer processes in soybean seed.

The mechanism of preparing material for drying should be installed in the load device dryers.

Mechanism to prepare soybean drying - is a conical disc with partitions. There are vertical blades around the disc. Seed contact with the blade and deformable. Disk with blades rotates and generates air flow. The air flow affects the movement of seeds. These factors taken into account in the mathematical model. Based on the mathematical model of seed was performed numerical experiment. Kinematic and geometric parameters of the mechanism are the result of simulation.

The proposed method is energy-efficient drying soybeans. Drying time is

reduced. Reduced energy consumption and for the preparation of the drying agent.

- / -

Р.В.Кирчук, А.В.Голий, К.Е.Конец, А.Э.Иванкевич. Моделирование перемещения семян сои в устройстве подготовки к сушке.

Предложена математическая модель движения зерен сои по поверхности вращающегося конуса и проведено численный эксперимент, позволяющий установить параметры устройства подготовки зерен сои к сушке для производства масла.

Klendid O.M.. Experimental research of the screw conveyor with the safety clutch.

Design of the screw conveyor with the safety clutch, application of which makes possible raise the efficiency of the conveyors operation in the extreme operating conditions, is presented in the article. To prevent the jamming of the screw conveyor operating unit while transporting material, safety clutch with separated in time skidding regimes and the axial displacement of the screw for the automatic recovering of the conveyor operating state, has been proposed to be applied. Also, power analysis of the operation of a safety mechanism is conducted, which gives the opportunity to estimate the change in the moment of rotation of a driven half-clutch and a screw T depending on the change in the angle of the relative turning of half-clutches ρ . Based on the results of the static experimental investigation of the safety device, it was determined that the given static analytical dependences can be used in the engineering design of different standard sizes of a safety clutch.

- / -

Клендий А.Н. . Экспериментальные исследования винтового конвейера с предохранительной муфтой

В статье представлена конструкция винтового конвейера с предохранительной муфтой, использование которой позволяет повысить эффективность функционирования конвейеров в экстремальных условиях эксплуатации. С целью устранения заклинивания рабочего органа конвейера при перемещении материала предложено использовать предохранительную муфту с разделенными во времени режимами буксования и осевого смещения шнека для автоматического восстановления рабочего состояния системы. Также проведен силовой анализ работы защитного механизма, который позволяет оценить изменение крутящего момента ведомой полумуфты и шнека T от изменения угла относительного проворачивания полумуфт ρ . Выполнены статические экспериментальные исследования предохранительной муфты, по результатам которых установлено, что представленные в статье аналитические зависимости могут быть использованы при инженерном проектировании различных типоразмеров данного защитного механизма.

VM Klendy, Melnichuk Installation for the study of power and design parameters of the cable arrangements.

Portable cable mechanism with screw supports are widely used for lifting and lowering loads, towing vehicles and cargo, stretching lines and radio power transmission, used in the cultivation of hops and grapes at prokladnни different types of cables, pipelines land and underwater trench on the shores of rivers and lakes . Present construction of installations for research power and cable design parameters of the mechanism, which are widely used in agriculture. Analytical dependence for determining power parameters tensioners.

- / -

В.М. Клендий к.т.н., Мельничук С.Л. Установка для исследования силовых и конструктивных параметров канатной механизмов.

Переносные канатные механизмы с винтовыми опорами широко используются для подъема и опускания грузов, буксировки автомобилей и грузов, натягивания линий радио- и электропередач, применяемые при выращивании хмеля и винограда, при прокладке различных типов проводов, трубопроводов в земельные и подводные траншеи на побережье рек и озер. Приведена конструкция установки для исследования силовых и конструктивных параметров канатного механизма, которые имеют широкое использование в агропромышленном комплексе. Выведены аналитические зависимости для определения силовых параметров натяжных устройств.

Kotov B.I., Kurganskiy O.D. Modeling and calculation parameters of cooling after grain dryers in air condition.

Posted mathematical model of the cooling process in the heated grain dryers in pneumatic suspension. The analytical dependences of the grain parameters and the air in the cooling process, the formula to determine the exposure and effectiveness of the process. Practice operation dryers with integrated cooling chambers, which is a continuation of the drying path shown that they do not provide adequate cooling effect of dried corn and substantially inhibit the drying process as a whole. Remote coolers have major problems need to compensate for additional tanks and vehicles, bucket elevators considerable height for loading and handling of the cooled dried grains.

Keywords: grain, cooling, pneumatic weighted layer, process mode.

- / -

Котов Б.И., Курганский А.Д., Моделирование и расчет параметров процесса охлаждения зерна после сушилок в пневмосостоянии.

Подано математическую модель процесса охлаждения нагретого в сушилках зерна в пневмовзвешенном состоянии. Полученные аналитические зависимости изменения параметров зерна и воздуха в процессе охлаждения, формулы для определения экспозиции и эффективности процесса.

Ключевые слова: зерно, охлаждения, пневмовзвешенный слой, режим процесса.

B. Kotov, S. Stepanenko, V. Shvidia, Modeling and calculation of regime parameters of batch dryers

For a definition of rational modes of drying grain products of a certain category, you must have robust formulas, allowing to define the necessary parameters for the passport indicators destination. The purpose of the analysis is the definition of dependency changes grain materials drying process parameters suitable to the operating modes of batch dryers. The article processes of heat and mass transfer are presented as occurring sequentially in a chamber dryer at a continuous circulation of the grain. As a result, the equations that's just make it possible to determine the operating parameters of the drying process to the dryer outlet. Formula is also obtained spending the required amount of heat for the drying process. Thus, the proposed mathematical model of the drying process in the batch of grain dryers circulation type and obtained on the basis of its analytical relationships allow us to determine the main parameters of the process and select the best mode of the process.

- / -

Б. И. Котов, С. П. Степаненко, В. А. Швидя, Моделирование и расчёт режимных параметров зерносушилок периодического действия

В статье приведена математическая модель процесса сушки зерноматериалов в циркуляционных сушилках периодического действия. Получены аналитические зависимости для определения основных режимных параметров процесса.

Nalobina O.O., Herasymchuk A.P., Koval'chuk R.V. Review of technologies and technical means for harvesting cannabis

In the article the analysis of technologies and technical means for harvesting cannabis fulfilled. Hemp harvesting technology can be divided into traditional and progressive. Traditional technologies are low-and require manual labor when performing harvesting. Traditional technologies have lost their commercial value. Advanced technologies are focused on getting seeds and short fibers. They displace traditional technologies.

Promising advanced technologies is picking hemp harvesting technology using combine harvesters, autumn and winter preparation trusts in the field and collecting stem of agricultural machines for general purposes. Farm equipment for general purpose (combine harvesters, rotary rakes, balers) no appointment to work with a strong and long fibrous mass and hemp stalks. Reliability harvesting is reduced when using these machines. Improving the technology of hemp harvesting combine harvesters require adjustment of existing agricultural machines for general purpose features hemp stalks, and the development of new high mechanization harvesting.

- / -

Налобина А.А., Герасимчук А.П., Ковальчук Р.В. Обзор технологий и технических средств для сбора конопли

В статье выполнен анализ технологий и технических средств для сбора конопли. Проведена классификация и обозначено положительные и отрицательные стороны имеющихся технологий и технических средств. Обоснована необходимость приспособления имеющихся сельскохозяйственных машин общего назначения к особенностями конопли.

Nesterenko O., Petrenko D., Leshchenko S., Vasył'kovsky A., Goncharova S. Argumentation of the parameters of the feeder for multilevel introduction of the grain materials into the vertical aspiration channel

The authors of the article give grounds for the practicality of inleting grain material into the pneumatic and separating channel in one layer flow in order to decrease its resistance.

On the basis of the analysis of the existing research of pneumatic separation we determined that if grain material inlets the pneumatic and separating channel in many layers flow then the uniformity of the air speed flow gets worse.

This action decreases quality indicators of the separation process considerably and makes the increase of productivity of separator in these agro-technical conditions impossible.

It was determined that one of the factors which influences the efficiency of the separation process are the speed and direction of grain inleting into the separating channel.

Therefore, in order to increase the separator productivity it is necessary to have the most rational speed of grain inletting under which the thickness of the grain flow will level the field velocity.

In order to solve the problem of bad leveling of field velocity in the pneumatic and separating channel under the increase of the load per unit area we suggested the construction of a feeding appliance for the multilayer grain inletting.

The construction separates the outletting thickness of grain material coming out of the tank into several equal flows while delivering to the pneumatic and separating channel to different operating areas in its height.

In order to create most optimal conditions for separation of grain mixture the construction of the feeding appliance should provide equal modes of inletting in all guiding surfaces.

With this view, corresponding theoretical research of the flow of the grain part along the guiding surfaces which consists of linear and curved areas has been done.

The results of the research allow setting rational operating modes of the suggested feeding appliance while creating most optimal separation conditions with multilayer inletting of grain material.

- / -

Нестеренко А., Петренко Д., Леценко С., Васильковский А., Гончарова С. Обоснование параметров питательного устройства для многоуровневого введения зернового материала в вертикальный пневмосепарирующий канал

В данной статье обосновывается целесообразность введения зернового материала однослойным потоком для уменьшения сопротивления в пневмосепарирующем канале.

На основании анализа существующих исследований пневмосепарации определено, что при многослойной подаче зернового материала в пневмосепарирующий канал существенно ухудшается равномерность поля скоростей воздушного потока. Это существенно уменьшает качественные показатели процесса пневмосепарации и усложняет повышение производительности сепаратора при соблюдении соответствующих агротехнических требований.

Установлено, что одним из факторов, который ть введения зернового материала в пневмосепарирующий канал и её направление. Соответственно установлено, что для повышения производительности сепаратора необходимо сохранение наиболее рациональной скорости введения, при которой толщина входного зернового потока будет способствовать выравниванию поля скоростей и повышению качества разделения.

Решением проблемы, которая связанная с ухудшением неравномерности поля скоростей в пневмосепарирующем канале при повышении удельной загрузки, может быть предложенная конструкция питательного устройства для многоуровневого введения зерна.

Такая конструкция позволяет разделить исходную толщину зернового материала из бункера на несколько равнозначных потоков при подаче в пневмосепарирующий канал в разные рабочие зоны по его высоте.

Для создания наиболее оптимальных условий разделения зернового материала конструкция питательного устройства должна обеспечивать одинаковые режимы введения материала по всем направляющим поверхностям.

С этой целью проведены соответствующие теоретические исследования движения зерновой частицы по направляющей поверхности, которая состоит из прямолинейного и дугообразного участков.

Результаты исследований позволяют установить рациональные режимы

работы предложенного устройства при создании наиболее оптимальных условий сепарации с многоуровневым введением зернового материала.

Onux Yulia, Didukh Volodymyr, Tarajmovich Irina. Rresearch of terms of growing of flax oily

The article presents an analysis of the current state of the cultivation of flax in Ukraine and provides recommendations how to ensure the effectiveness of cultivation of flax in flax-growing farms of the West Polesie.

OIL-FLAX, NATURAL FACTORS, EFFICIENCY, SEED, STEMS, FIBRE

- / -

Онюх Ю.Н., Дидух В.Ф., Тараймович И.В.. Исследование условий выращивания льна масличного

В статье представлен анализ существующего состояния выращивания льна масличного в Украине и приведены рекомендации как обеспечить эффективность выращивания льна масличного в льносеющих хозяйствах Западного Полесья.

ЛЕН МАСЛИЧНЫЙ, ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, СЕМЕНА, СТЕБЛИ, ВОЛОКНО.

S. Panasiuk, V. Kravchuk. The heat and mass transfer in the layer raw material containing the pectin

This article presents the results of theoretical research of the process of heat transfer and mass transfer while drying substances containing pectin, including apple pomace.

The initial step in producing of pectin is preparing materials containing pectin. Best thing in extracting pectin from the pomace is right after pressing and getting juice. The problem is that such materials perishable and require processing. Therefore it is necessary to dry it in order to preserve for a certain time. In addition to this, dry matter containing pectin can be easily transported.

The process of convective drying of raw materials containing pectin is defined with heat- and masstransfer inside its particles. Drying time depends on the velocity of the evaporation front inside the particle material.

Analysis of heat transfer in the layer of apple pomace showed that heat transfer in layer of material has thermal conductivity effect of its individual components.

- / -

С. Г. Панасюк, В. И. Кравчук. Тепло- и массоперенос в слое пектисодержащего сырья.

В статье приведены результаты теоретического исследования процесса тепло- и массопереноса при сушке пектиносодержащего сырья, в частности яблочных выжимок.

Shvedik M.S., Kornelijk V.O., Teslyuk B.B., A machine is for excavation of potato, ploughshare, separator, soil, lots, tubers, productivity, speed, coefficient of business hours, at capacious mass

To the article the analysis of basic factors that influence on the productivity of conically-spiral separator of a machine is for excavation of potato and her dependence on the coefficient of the use of business hours at pyci with different speed on sandy-loam, loamy and black earth soils is driven.

To the article the analysis of technological process of картоплеконача with

a conically-spiral separator, that showed that by the basic factor of influence on his productivity, is driven, there is a process of separation. It was thus set that the quality flowing of separation is provided at co-ordination of carrying capacity of ploughshare and separator. Yes, if a ploughshare will give in a separator more mass, than he is able will sift her between coils to the spiral, then a separation ceases.

As in картоплекопачі there is a continuous stream of mass that is lifted by a ploughshare from a line and gives her in a separator, then it is possible legitimately to assume that this stream passes through a transversal area that can be conditionally named a mouth. At a withstand mode of operations of картоплекопача a stream is characterized such parameters, as speed of V of motion and him by volume γ mass.

On the basis of analogy with expression that determines the carrying capacity of mouth, analytical dependence of the productivity of картоплекопача is got on seven factors that can be divided into three groups : technological (V, τ, a, h), structural (a, b) and фізико-механічні (γ). Detailed analysis of these factors, shows that by them to manage in a technological process difficult. But setting for separate from them rational values, in particular accepting, that depth and bedding of tubers from the top of comb and from his basis of h' present a 0,06 m according to a 0,22 m, and minimum-possible width of b ploughshare and corner a of his setting according to a 0,4 m and 150, it is possible to erect their influence to the minimum.

Thus on the productivity of картоплекопача speed of V of his motion, by volume mass γ of soil and coefficient of the use of business hours τ , influence mainly.

Thus, changing numerical values (γ, τ) on results calculations graphic dependence of the productivity of Q (kg/of c) of картоплекопача is built on the coefficient of the use of business hours τ at γ with different speed of V (m/of c) on the different types of soils γ (kg/of м3).

It is set on the basis of researches, that at working speed of картоплекопача of $V = a$ 0,5.0,75 m/of c on different soils his productivity increases or diminishes in two times within the limits of $Q = 15.32$ kg/of p.

- / -

Шведик М.С., Корнелиук В.О. В.В. Теслюк Анализ основных факторов, которые влияют на производительность картофелекопателя

В статье приведен анализ основных факторов, которые влияют на производительность коническо-спирального сепаратора картофелекопателя и ее зависимость от коэффициента использования рабочего времени при движении с разной скоростью на супесчаных, суглинистых и черноземных грунтах.

КАРТОФЕЛЕКОПАТЕЛЬ, ЛЕМЕХ, СЕПАРАТОР, ГРУНТ, ВОРОХ, КЛУБНИ, ПРОДУКТИВНОСТЬ, СКОРОСТЬ, КОЭФФИЦИЕНТ РОБОЧЕГО ВРЕМЕНИ, ОБЕМНАЯ МАССА

Shymko A.V., Rresearching of coefficient of rolling and sliding friction of potato tubers

This article presents the results of experimental determination of the coefficient of rolling and sliding friction of potato tubers in rubber and steel surfaces.

Research conducted in the laboratory using equipment "inclined plane" and "inclined plane with the balance wheel."

Object of the study were potato tubers with different weights and with varying degrees of pollution, which slid on an inclined plane with different plates.

The data allow argued that:

1) rolling friction angle decreases with increasing mass of potato tubers, and this effect is more significant for tubers with sticking of the soil on them;

2) the normality of impact of mass of potato tubers on the angle of rolling described by linearly law with randomization ratio close to 0.9, which suggests authenticity;

3) sliding friction angle decreases with increasing mass of potato tubers, and this effect is more significant tubers with sticking of the soil on they;

4) the normality of impact of mass of potato tubers on the angle of sliding described by linearly law with randomization ratio close to 0.9, which suggests authenticity.

- / -

Шимко А.В., Исследование коэффициента трения качения и скольжения клубней картофеля

В данной статье приведены результаты экспериментального определения коэффициентов трения качения и скольжения для клубней картофеля по резиновой и стальной поверхностям.

ЗМІСТ

1. Гевко Б.М., Клендій В.М., Марчук Н.М., Казмірчук В.П. Структурний синтез пристроїв та інструменту для нарізання різи.....	3
2. Гевко І. Б., Клендій М.І, Марчук Н.М. Теоретичне обґрунтування регулювання подачі свердління при обробленні наскрізних отворів	10
3. Головач В.М., Сірко З.С., Торчилевський Д.П. Пристрій для захисту металевих предметів від корозії.....	18
4. Головачук І.П., Бурчак І.Н. Визначення критичних навантажень на стебло.....	24
5. Дідух В.Ф., Полішук М.М, Тарасюк В.В. Дослідження технології локального внесення твердих органічних добрив під час садіння картоплі.....	30
6. Дударев І.М., Крук С.М., Кірчук Р.В., Тарасюк В.В. Дослідження провисання шару лляного вороху на днищі сепаратора.....	39
7. Кірчук Р.В., Голій О.В., Копець К.Є., Іванкевич А.Е. Моделювання переміщення насіння сої у пристрої підготовки до сушіння.....	44
8. Клендій О.М., Експериментальні дослідження гвинтового конвеєра із запобіжною муфтою.....	51
9. Клендій В.М., Мельничук С.Л. Установка для дослідження силових і конструктивних параметрів канатних механізмів.....	59
10. Котов Б.І., Курганський О.Д., Моделювання та розрахунок параметрів процесу охолодження зерна після сушарок в пневмостані.....	66
11. Котов Б. І., Степаненко С. П., Швидя В.О, Моделювання і розрахунок режимних параметрів зерносушарок періодичної дії	74
12. Налобіна О.О., Герасимчук О.П., Ковальчук Р.В.Огляд технологій та технічних засобів для збирання коноплі	80
13. Нестеренко О.В., Петренко Д.І., Лещенко С.М., Васильковський О.М., Гончарова С.Я. Обґрунтування параметрів живильного пристрою для багаторівневого введення зернового матеріалу у вертикальний пневмосепаруючий канал ..	92
14. Онюх Ю.М., Дідух В.Ф., Тараймович І.В. Дослідження умов вирощування льону олійного	104
15. Панасюк С. Г., Кравчук В. І. Тепло- та масоперенесення в шарі пектиновмісної сировини	111
16. Шведик М.С., В.О. Корнелюк, В.В. Теслюк, Аналіз основних	

факторів, які впливають на продуктивність картоплекопача	117
17. Шимко А.В., Дослідження коефіцієнтів тертя кочення та ковзання бульб картоплі	124
Анотації	130

**ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ, ЩО ПРОПОНУЮТЬСЯ ДО ДРУКУ
У ЗБІРНИКУ „СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ”
ЛУЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ**

Публікуватись будуть статті, які містять теоретичні або експериментальні дослідження. У статтях повинно бути зрозуміло і повністю викладено зміст питання, що розглядається.

ПЛАН СТАТТІ

1. **Постановка проблеми** у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.
2. **Аналіз останніх досліджень і публікацій**, в яких запропоновано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор, виділення раніше невирішених частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.
3. **Формулювання цілей статті (мета дослідження)**.
4. Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих результатів (**результати дослідження**).
5. **Висновки** з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.
6. Використана **література**.

ТЕКСТ

1. Стаття подається на CD або DVD носіях, а також повинна бути роздрукована (на лазерному принтері) на білих аркушах формату А5 (з одного боку). Параметри сторінки: ліве поле – 1 см; праве – 2 см; верхнє – 2,0 см; нижнє – 2,0 см; брошурування – 1 см; від краю до колонтитула верхнього – 1,25 см, до нижнього – 1,25 см.
2. Шапка статті містить: шифр УДК, ініціали та прізвище автора (–ів), науковий ступінь. Шифр УДК, прізвище, назва, текст статті розділені 1 інтервалом.

Назва статті повинна бути достатньо короткою (не більше 8 слів). Упродовж всієї статті необхідно строго дотримуватися однакових термінів, позначень, умовних скорочень та символів. Маловідомі скорочення розшифровуються при першому згадуванні. Наукові позначення, терміни та одиниці виміру застосовують згідно з діючими стандартами. Текст статті повинен містити необхідні формули без простих математичних перетворень. Якщо за результатами досліджень отримано таблицю і побудовано графік, то в статті наводять щось одне – або графік, або таблицю. Посилання в

тексті на джерела слід зазначати порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками. Забезпечити нерозривність виразів типу „258 мм”, „І.П. Прізвище” та ін.

3. Шрифт заголовка статті **ARIAL із напівжирним виділенням**.
4. На початку статті наводять *анотацію*, яка містить короткий виклад змісту (2–3 речення курсивом).
5. Набір тексту здійснюється у редакторі не нижче **MS WORD 6.0/7.0**. Для основного тексту необхідно використовувати шрифт **Times New Roman**. Розмір шрифту – 10 пунктів з одинарним інтервалом міжрядь. Абзацний відступ 1,27 см. У параметрах абзацу встановлюють „перед” і „після” на величину 0.
6. Літературу наводять у кінці статті згідно з вимогами державного стандарту (**ДСТУ ГОСТ 7.1:2006**) через один інтервал від останнього рядка. Літературні джерела розміщуються у порядку посилання на них у тексті статті. Обсяг літератури не повинен перевищувати 0,2 обсягу статті.
7. **Після літератури наводиться назва статті, автори та анотація російською та англійською мовами. Анотація англійською мовою подається у розширеному форматі та повинна містити не менша 200 слів, об’єднаних у 10–15 речень.**
8. Структурні частини статті *обов’язково* виділяються **підзаголовками** відповідно до вказаного вище плану статті.
9. Нумерація сторінок – лише на роздрукованій копії олівцем.
10. Роздрукований оригінал закінчується підписом автора.

ФОРМУЛИ

1. Формули будують у редакторах: **MS Equation, Math Type**. Для набирання формул застосовувати шрифти: **Times New Roman, Symbol** (*курсив*). Основний розмір шрифту формул – 10 пунктів. Формули вирівнюють по центру. Надто довгі формули розбивають на дрібні елементи. Формула не повинна займати більше 5/6 ширини рядка.
2. Після формули наводять пояснення усіх значень символів і числових коефіцієнтів у тій послідовності, у якій вони подані у формулі. Перший рядок пояснення починають без абзацного відступу зі слова „де”, без двокрапки. Нумерувати слід лише ті формули, на які є посилання у наступному тексті. Інші номерувати не рекомендується. Нумери позначають арабськими цифрами в круглих дужках біля правого краю сторінки.
3. Формули входять до речення як його рівноправний елемент, тому в кінці формул і в тексті перед ними розділові знаки ставлять відповідно до правил пунктуації. Двокрапка перед формулою

ставиться лише у випадках, передбачених правилами пунктуації:
а) у тексті перед формулою є узагальнююче слово; б) цього вимагає побудова речення, що передує формулі.

ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ

1. Рисунки, графіки, діаграми, фотографії та ін. розташовуються у тексті статті (після першого згадування). Їх розмір та контрастність повинні забезпечувати чітке читання.
2. Позиції на рисунках проставляються над виносками.
3. Підрисунковий підпис починається скороченим словом „Рис.”, далі йдуть: пробіл, номер рисунка, який позначається арабськими цифрами, тире, пробіл та назва рисунка. Якщо на рисунку вказані позиції його елементів, то вони *обов'язково* розшифровуються у підрисунковому підписі після назви рисунка і двокрапки або за текстом статті. Крапка в кінці підрисункового підпису не ставиться. Якщо в статті тільки один рисунок, то він не нумерується.

ТАБЛИЦІ

1. Таблиці розташовують у тексті статті (після першого згадування), над таблицею з вирівнюванням по лівому краю необхідно поставити її порядковий номер – Таблиця 1 – і т.д. та назву. Якщо в статті тільки одна таблиця, то вона не нумерується. Таблиця не виходить за поля тексту.
2. Числа та позначення не замінювати „лапками”. Усі позначення вказувати повністю, без скорочень.

ДОДАТКОВІ ДОКУМЕНТИ

1. Анкетні дані автора (–ів): Прізвище І.Б., науковий ступінь, вчене звання, місце роботи, посада, домашня адреса, номери дом., сл. телефонів.
2. Рецензія на статтю, підписана доктором технічних наук.

Подані матеріали будуть редагуватись.

Офіційний сайт видання: agrmash.info

Адреса редакції: 43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75, каб. 359.

Тел. (0332) 74–61–32.

E–mail: lab–amb@ukr.net

Наукове видання

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

Збірник наукових статей
Випуск 34, 2016

Відповідальний за випуск: В.Ф. Дідух
Комп'ютерна верстка: О.М. Гапонюк

Підписано до друку 25.10.2016р., Формат 60×84/16.
Ум. друк. арк. 9,25. Наклад 100. Безкоштовно. Зам. 119

Інформаційно-видавничий відділ Луцького НТУ
43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75

Реєстраційне свідоцтво
Міністерства юстиції України КВ №15902–4374 ПР

