

ISSN 2307-1699

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ
МАШИНИ**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ СТАТЕЙ

Випуск 35

Редакційно-видавничий відділ Луцького НТУ

Луцьк 2016

УДК 631.3.00

Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. – Вип. 35. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2016. – 153 с.

Рекомендовано до друку Вченою радою Луцького національного технічного університету, протокол № 5 від 27.12.2016 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 630.3

© М.В. Вржещ, к.т.н., Н.О. Толстушко

Луцький національний технічний університет

© О.М. Боровицький

Волинське обласне управління лісового та мисливського господарства

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ РУБОК НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНОЇ ЛІСОЗАГОТІВЕЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

У статті наведено аналіз існуючих технологічних схем рубок на основі використання сучасної лісозаготівельної техніки, запропоновано технології лісозаготівель для умов лісового комплексу Волині.

ЛІСОВИЙ КОМПЛЕКС, ЛІСОВІ МАШИНИ, ФОРВАРДЕР, ХАРВЕСТЕР, БІОБАЛЕР, ЛІСОЗАГОТІВЛЯ, ДЕРЕВА, ПОРУБНІ ЗАЛИШКИ.

Постановка проблеми. У держлісгоспах Волинського обласного управління лісового та мисливського господарства (далі – ВОУЛМГ) на лісозаготівельних роботах зайнято понад 1100 працівників, причому щорічні витрати на утримання одного лісоруба при нормі заготівлі 55 м³ за зміну складають 267 825 грн. Тому необхідно зменшувати затрати та собівартість продукції шляхом удосконалення технологій лісозаготівель на основі мінімізації фізичної праці та використання сучасних лісових машин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За даними спеціалістів галузі технологічний процес лісозаготівлі деревини у стовбурах на рівнинній місцевості поступається сортиментній технології на базі харвестерів та форвардерів [1-5]. Крім того, сортиментна технологія заготівлі деревини продуктивніша при експлуатації хвойних насаджень малого і середнього об'ємів та при виконанні робіт за допомогою машин [1], а також дає змогу майже на половину скоротити обсяги вантажно-розвантажувальних операцій та мінімізувати фізичну працю [2]. Слід зазначити, що сортиментна технологія ефективніша від стовбурової (за комплексним показником), якщо відстань вивезення не перевищує 50...70 км [3].

Мета дослідження – проаналізувати існуючі технологічні схеми рубок на основі використання сучасної лісозаготівельної техніки та запропонувати технології лісозаготівель для умов лісового комплексу Волині.

Результати дослідження. Основною формою підприємств лісової галузі є держлісгоспи, які мають у своєму складі, зокрема і лісозаготівельну службу. До складу цієї служби входять лісництва, які складаються з дільничних майстерень. Кожна дільнична майстерня може включати декілька комплексних чи функціональних бригад. Порівняльна характеристика лісозаготівельних робіт, що виконуються окремою бригадою та харвестером подається у табл. Аналіз даних цієї таблиці свідчить про перевагу використання технологій лісозаготівлі на основі сучасних лісових машин.

Таблиця – Порівняльна характеристика лісозаготівельних робіт

№ з/п	Найменування робіт	Заготівельна бригада	Розроблення харвестером
1	Кількість осіб, що виконують роботи	3	1
2	Техніка, яка використовується:		
	бензопили	2	1
	трактори	1	
3	Витрати дизпалива, л/м ³ (трелювання)	1	0,9
4	Витрати мастила, л/м ³	0,02	0,05
5	Середньомісячні витати на утримання техніки, грн.	250	500
6	Вартість 1 м ³ заготовленої деревини, грн.	65	120
7	Продуктивність за зміну, м ³	30	180
8	Недоліки	Низька продуктивність, велика кількість людей	Висока кваліфікація спеціаліста, вартісне обладнання
9	Переваги	Низькі середньомісячні витати на утримання техніки	Висока продуктивність

Спочатку розглянемо одиночну валку дерев за сортиментною технологією при проведенні рубок догляду за лісом (рис. 1). За даною

схемою один вальник на лісосіці виконує декілька технологічних операцій: по-перше, виконує валку та кряжування хлестів і складає їх за розміром та сортом; по-друге, за допомогою форвардера здійснює навантаження та вивезення сортиментів певної довжини та якості.

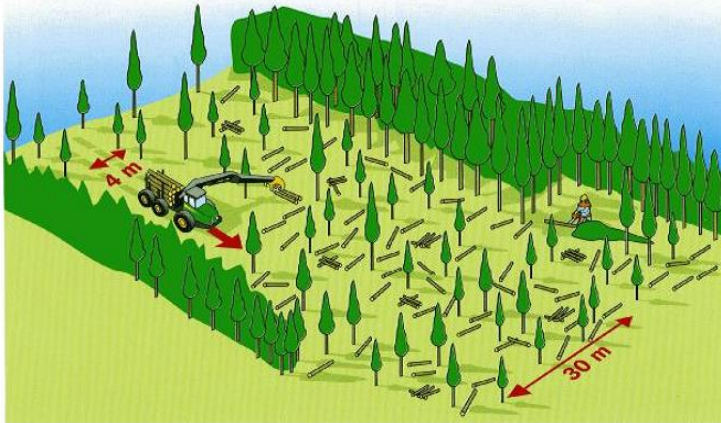


Рис. 1 – Схема одиночної валки дерев за сортиментною технологією при проведенні рубок догляду за лісом

Схему сортиментної технології лісозаготівель, що базується на використанні багатоопераційних лісових машин (харвестера та форвардера) зображено на рис. 2. Харвестер виконує операції валки дерев, обрізки сучків, розкряжування хлестів та складування сортиментів. Форвардер виконує операції збирання та навантаження пачок сортиментів на вантажну платформу, підвезення та розвантаження (з підсортовуванням сортиментів у штабелі на проміжному складі або вздовж дороги з твердим покриттям). Особливістю цієї технології при несучільних рубках є те, що у більшості випадків не здійснюється розробка пасічних волоків, а задається напрямок передбаченого руху харвестера шляхом нанесення міток на дерева, що підлягають валці. При русі харвестера заднім ходом оператор виконує валку тільки тих дерев, які заважають проході машини. Крім того, оператор харвестера також визначає дерева, що підлягають валці на пасіці, причому зрізання здійснюється в зоні ефективного вильоту стріли маніпулятора.

Враховуючи досвід лісозаготівель держлісгоспів ВОУЛІМГ можна використовувати і ряд інших технологічних схем розробки

лісосік, зокрема на основі використання бензиномоторних пил та тракторних форвардерів з сортиментними візками, які оснащені гідроманіпуляторами з радіусом дії стріли не менше 6,5 м. Ці технології доцільні при проріджуванні лісонасаджень з незначним та середнім об'ємом хлестів, причому вони забезпечують високу продуктивність без залучення ручного пакування, запобігають пошкодженню поверхневого шару ґрунту та підросту.

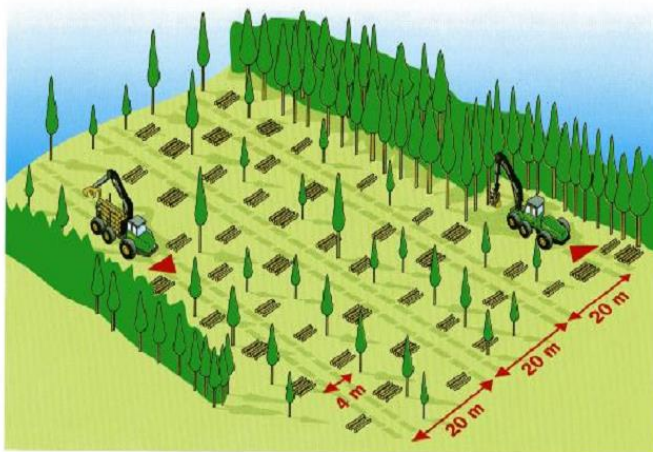


Рис. 2 – Схема сортиментної технології лісозаготівель, що базується на використанні багатоопераційних лісових машин (харвестера та форвардера)

При очищенні звалених дерев від гілок та сучків утворюються лісосічні відходи, які доцільно переробити безпосередньо на лісосіці, якщо площа лісосіки сягає 4...5 га. Переробку відходів при рубках головного та проміжного користування забезпечують дві технологічні схеми.

За першою схемою (рис. 3) подрібнення лісосічних відходів та низькоякісної деревини на паливну тріску здійснюється безпосередньо на лісосіках (пасічних або магістральних волоках), вантажних пунктах (проміжному, верхньому та тимчасовому складах). Суть даної технології полягає у виробництві паливної тріски з відходів лісозаготівель за допомогою рубальних машин. Коли бункер повністю накопичений тріскою, тоді рубальна машина прямує на вантажний пункт, де його вивантажує у кузов автотріскового.

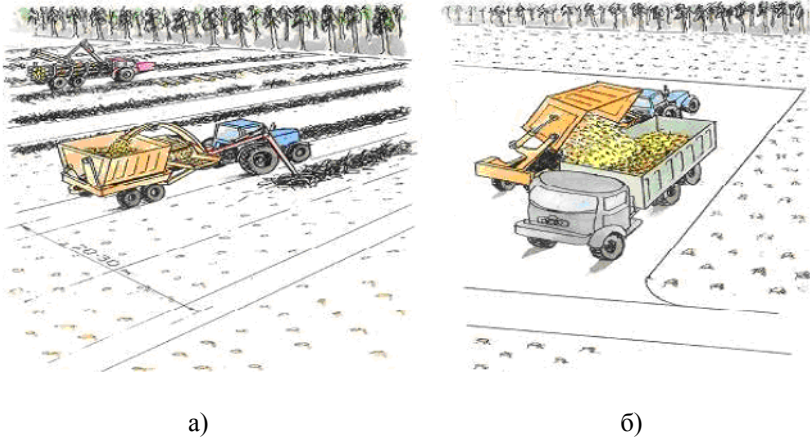


Рис. 3 – Технологічна схема подрібнення лісосічних відходів безпосередньо на лісосіці: а – подрібнення відходів та завантаження тріски у бункер рубальної машини; б – розвантаження бункера.

За другою схемою (рис. 4) подрібнення лісосічних відходів та низькоякісної деревини на паливну тріску здійснюється на вантажних пунктах (проміжному, верхньому або тимчасовому складах). Суть даної технології полягає у виробництві паливної тріски з відходів лісозаготівель, які попередньо доставлені на вантажні пункти та подрібнюються за допомогою пересувних рубальних машин з автономним двигуном. Подрібнені лісозаготівельні відходи транспортуються безпосередньо у кузов автотрісковоза.

Для забезпечення своєчасного, швидкого, доброякісного збирання та переробки рослинних матеріалів, і в тому числі порубних залишків лісозаготівель, в сучасній світовій практиці поширені операції формування великих тюків циліндричної форми – рулонів [4, 5]. На сьогодні це одні з головних операцій в ресурсощадних технологіях збирання рослинних матеріалів, які виконуються рулонними прес-підбирачами (так званими біобалерами). Формування великих тюків циліндричної форми за допомогою рулонних прес-підбирачів має такі переваги: а) краща, в порівнянні з прямокутними тюками, стійкість проти проникнення атмосферної вологи і, як наслідок, можливість зберігання деякий час обмотаних шпагатом рулонів без погіршення їх якості; б) простота конструкції обмотувальних апаратів рулонних прес-підбирачів і можливість використання дешевих видів шпагату; в) відносно низька питома

металомісткість (до 1 т/(га·год)) і енергомісткість (до 15 кВт/(га·год)) рулонних прес-підбирачів за достатньо великої їх продуктивності (до 2 га/год) та відносно низької вартості; г) циліндрична форма тюка дає можливість повністю механізувати всі наступні операції після збирання рослинних матеріалів; г) рулонна технологія збирання найбільш повно забезпечує збереження якості продукції.

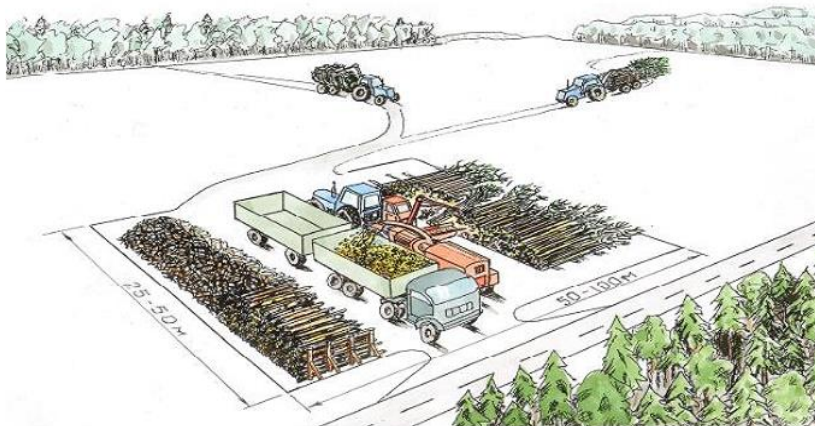


Рис. 4 – Технологічна схема подрібнення лісосічних відходів за допомогою пересувних рубальних машин з автономним двигуном

Сосна має густину в 510...520 кг/м³ (за різними джерелами). Мінімальна теплота згоряння сухої деревини складає 18,5 МДж/кг, що майже дорівнює аналогічному показнику хвойних порід.

При збиранні порубних залишків біобалером отримують тріску вологістю 50...53% з нижньою теплоотою згоряння 8 МДж/кг або 1900 ккал/кг. Цього достатньо для використання тріски в сучасних котлах на киплячому шарі, які сьогодні успішно починають використовувати в розвинених країнах. Якщо використовувати тріску тільки на виробництво тепла в невеликих водогрійних котлах (0,6...1 МВт), то для більш ефективного згоряння потрібно, щоб тріска мала вологість 35...40%. Цього можна досягнути за рахунок зберігання біомаси під накритим приміщенням з хорошою циркуляцією повітря.

Висновки. У контексті вище викладеного, враховуючи те, що обсяг заготовів держлігоспами України ліквідної деревини від усіх рубок у 2013 році склав 14,4 млн. м³, то запровадження пропонуваніх технологій матиме не тільки важливе значення щодо нагального

технічного переоснащення устаткування лісозаготівель, але й значний економічний ефект, зокрема і для лісового комплексу Волині.

Впровадження сучасних технологій збирання порубних залишків лісозаготівель в господарствах України дасть можливість збільшити виробництво твердого біопалива і буде поштовхом до розвитку відновлюваної енергетики в державі. На нашу думку, для поширення рулонної технології збирання порубних залишків лісозаготівель доцільним є створення універсального рулонного прес-підбирача (біобалера) зі змінними робочими органами, який би мав високі функціональні показники при збиранні різних рослинних матеріалів. А саме, щоб рулонний прес-підбирач за невеликого переобладнання в господарствах міг мати поєднання різних робочих органів, а конструкція машини дозволяла змінювати їх параметри та режими роботи. Наприклад, встановлений різальний чи підбиральний апарат, а пресувальна камера може бути змінного чи сталого об'єму тощо.

Література

1. Зима І.М., Малюгін Т.Т. Механізація лісгосподарських робіт. – К.: Інкос, 2006. – 486 с.

2. Миронов Е.И. Машины и оборудование лесозаготовок. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 430 с.

3. Шкіря Т.М. Технологія і машини лісосічних робіт. – Львів: Український державний лісотехнічний університет, “Тріада плюс”, 2003. – 352 с.

4. Біоенергетична асоціація України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.uabio.org/>. – Назва з екрану.

5. Technologie zbioru roślin energetycznych / [Chlebowski J., Klonowski J., Lisowski A., Nowakowski T., Strużyk A., Sypuła M.]; pod red. A. Lisowskiego. – Warszawa: SGGW, 2010. – 146 s.

Рецензент д.т.н. Г.А. Хайліс

УДК 664.61

© Ю.Л. Гунько, к.т.н., М.С. Шведик, к.т.н., В.В.Сахан
Луцький національний технічний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОЧОГО ПОЦЕСУ ТАРІЛЧАСТОГО ДОЗАТОРА

У статті наведені результати експериментальних досліджень процесів дозування тарілчастим дозатором матеріалів з різними фізико-механічними властивостями, а також обґрунтовано раціональне компоновання складових елементів тарілчастого дозатора

ДОЗУВАННЯ, ТАРІЛКА, ФОРМУВАЧ, СКРЕБОК, ТОЧНІСТЬ, ШВИДКІСТЬ, ГУСТИНА.

Постановка проблеми. Однією з основних технологічних операцій під час виконання робочих процесів виробництва харчових продуктів є дозування компонентів з необхідною точністю та їх однорідне змішування. Ці операції багато в чому визначають якісні показники продукції.

У харчовому виробництві розрізняють об'ємне і вагове дозування, кожне з яких може бути безперервним і дискретним. Для виконання об'ємного безперервного дозування застосовують тарілчасті, барабанні, шнекові, вібраційні, стрічкові, пневматичні, а також комбіновані, наприклад, віброшнекові та інші дозатори. За відносної простоти їх конструкції точність дозування за допомогою цих пристроїв зазвичай становить близько $\pm 3\%$ і змінюється у ще більших межах за умови зміни фізико-механічних властивостей продуктів, що дозуються, якщо в робочому процесі системи дозування не передбачено введення автоматичної корекції.

На точність дозування матеріалів у значній мірі впливає їх гігроскопічність, тобто, здатність матеріалу поглинати водяні пари з повітря в результаті адсорбції. Кількість адсорбованої води росте з підвищенням відносної вологості, зниженням температури і збільшенням тиску.

Такі продукти як цукор, борошно, сіль, що використовуються у хлібопекарському виробництві, здатні поглинати вологу з навколишнього середовища. Внаслідок накопичення адсорбованої вологи змінюються і властивості матеріалів, що дозуються, зокрема, кут природного відкосу. Це призводить до того, що сипкість матеріалу погіршується, він стає більш в'язким і процес дозування погіршується. Як правило, такий матеріал дозується не безперервним суцільним

поток, а з періодичною подачею неоднакових частин маси.

Тому необхідно прагнути до покращення ефективності роботи об'ємних дозаторів за рахунок вдосконалення їх конструктивних елементів, що дозволить зменшити вплив на точність дозування такого фактору як зміна фізико-механічних властивостей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним з найбільш поширених об'ємних дозаторів сипкого матеріалу є тарілчастий дозатор – горизонтальний диск, що обертається (таріль), висота шару матеріалу регулюється манжетною, яка перекриває вихідний патрубок бункера. Матеріал розміщується на тарілі конусом, розміри якого залежать від висоти розташування манжети. Тарілчасті дозатори працюють за принципом об'ємного дозування шляхом скидання скребком продукту з горизонтальної тарілки, що обертається, розташованої під випускним вікном бункера [2, 5]. При цьому недоліком даного дозатора є те, що матеріал, який дозується, залежно від водно-фізичних властивостей, зсипається з диску порціями. Це може спричинити відхилення у точності дозування.

Точність дозування характеризує величину відхилень фактичних доз від номінальних значень. Відхилення при дозуванні можуть мати систематичну і випадкову складові [5]. Системна похибка постійна за величиною і знаком або змінюється за певним законом під час виконання контрольних проб. Причинами появи систематичних похибок можуть бути неправильне встановлення дозатора на задану норму видачі, нехтування впливами температурних та динамічних факторів. Такі вищезазвані причини можна не тільки передбачати, але й усувати повністю.

На точність дозування впливають флуктуації фізико-механічних властивостей компонентів (об'ємна маса, вологість, в'язкість, текучість та інші). Характер таких впливів на точність дозування для кожної конструкції дозатора є досить різноманітним та індивідуальним [1], тому для зменшення величин похибок дозування необхідно проводити експериментальні дослідження роботи дозаторів.

Мета дослідження – підвищити ефективність робочого процесу дозування сипких матеріалів, що використовуються у харчовому виробництві, шляхом удосконалення конструкції тарілчастих робочих органів дозаторів.

Результати дослідження. Основні параметри дозатора, що досліджувався, наведено на розрахунковій схемі (рис.1).

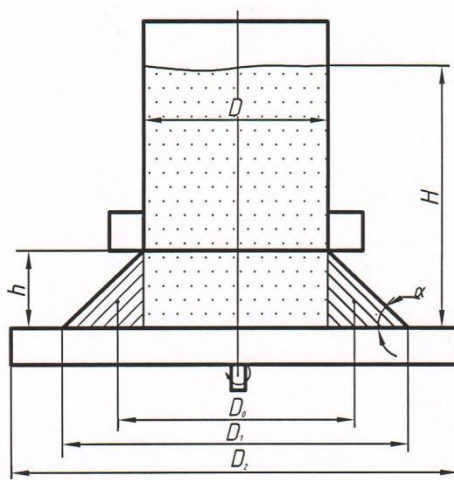


Рис.1 – Розрахункова схема дозатора

Відповідно до наведеної схеми можна розраховувати об'єм матеріалу, що знімається скребком за один оберт тарілки:

$$V_0 = \frac{h^2 \pi D_0}{2 \operatorname{tg} \alpha}, \quad (1)$$

де D_0 – діаметр по центрах тяжіння кільця, м;

α – кут природного відкосу матеріалу, град.

Частота обертання тарілки розраховується за формулою:

$$n = \frac{Q_v}{V_0}, \quad (2)$$

де Q_v – об'ємна продуктивність дозатора.

Під час роботи дозатора матеріал висипається з бункера на тарілку, що обертається, утворюючи усічений конус, твірна якого розміщена під кутом природного відкосу сипучого матеріалу. Від стабільності кута природного відкосу залежить стабільність дозування. Для уникнення впливу зміни кута природного відкосу встановлюємо формувач твірної конуса (рис. 2). Цей додатковий елемент формує контури конуса і забезпечує дозування відповідно до формули (1), але

замість значення кута природного відкосу матеріалу α необхідно записувати значення кута установки формувача β .

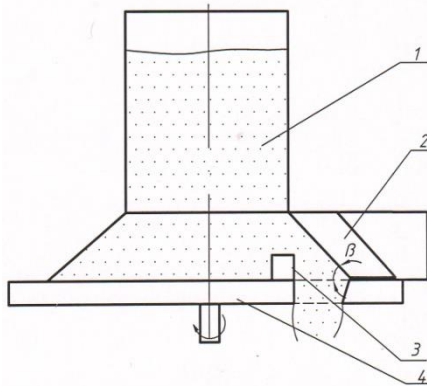


Рис.2 – Схема дозатора із формувачем контуру матеріалу, що дозується: 1 – бункер; 2 – формувач; 3 – скребок; 4 – таріль.

Точність дозування визначається за контрольними пробами із застосуванням методів математичної статистики. Випадкові похибки дозування, як правило, підлягають нормальному закону розподілу випадкових величин і величина густини розподілу ймовірностей визначається за відомою формулою:

$$f(m) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(m_i-a)^2}{2\sigma^2}}, \quad (3)$$

де a – математичне очікування;

m_i – поточне значення результату;

$m = \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{n}$ – середнє арифметичне n результатів;

σ – середнє квадратичне відхилення контрольних проб.

Середнє квадратичне відхилення контрольних проб визначається наступним чином:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i - m)^2}{n - 1}}. \quad (4)$$

У цьому разі величину середнього квадратичного відхилення можна також використовувати для кількісної оцінки випадкових похибок:

$$\Delta = \pm(2...3)\sigma, \quad (5)$$

а точність дозування оцінювати (y %) коефіцієнтом варіації:

$$K = \frac{\sigma}{m} \cdot 100. \quad (6)$$

Для порівняльного аналізу ефективності роботи дозаторів (базової конструкції та дозатора, обладнаного формувачем твірної контуру) було розроблено експериментальну установку (рис 3).



Рис. 3 – Експериментальна установка для дослідження робочого процесу дозатора

Задача досліджень полягала у визначенні точності дозування (коефіцієнта варіації) залежно від густини компонента та швидкості обертання диска. Точність дози вимірювали за допомогою електронних ваг (з точністю до 0,05г), висота насипу регулювалась з точністю до 0,5 мм, а швидкість обертання диска визначалась за допомогою електронного тахометра.

Для дослідження точності дозування було проведено експерименти щодо визначення впливу основних факторів на точність дозування. До цих факторів відносяться:

x_1 – густина компонента, г/см^3 ;

x_2 – кутова швидкість обертання диска, с^{-1} .

На основі експериментальних досліджень були одержані графічні залежності між основними факторами та точністю дозування (коефіцієнтом варіації К).

Після включення незначущих членів для 95% довірчої ймовірності отримано наступне рівняння регресії для базового дозатора (без формувача твірної):

$$y_x = 4,51 - 0,81 x_1 + 0,079 x_2 - 0,024 x_1 x_2 . \quad (7)$$

Для конструкції дозатора, обладнаного формувачем твірної, рівняння регресії має наступний вигляд:

$$y_x = 3,49 - 0,49 x_1 + 0,074 x_2 - 0,031 x_1 x_2 . \quad (8)$$

Результати дослідів свідчать, що для дозатора, який не обладнується формувачем твірної, густина матеріалу більш відчутно впливає на точність дозування у порівнянні з дозатором, обладнаним формувачем твірної, при цьому швидкість обертання тарілки практично не впливає на точність дозування для обох конструкцій.

Висновок. Результати експериментальних досліджень показали, що для забезпечення більш високої точності дозування сипких матеріалів дозатор тарілчастого типу доцільно обладнувати формувачем твірної усіченого конуса, який дозволяє стабілізувати процес дозування.

Література

1. Поляков С.И. Проблема достижения точности дозирования. «Актуальные проблемы лесного комплекса». Сб. научн. ст., вып. 11 – Брянск, 2005. – с. 145–148.
2. Хромеенков В.М. Оборудование хлебопекарного производства [Текст] / В.М.Хромеенков.-М.: Изд.центр «Академия», 2008. - 368 с.
3. Рогинский Г.А. Дозирование сипучих материалов/ Под ред.. Б.И. Мордковича – М.: «Химия», 1978. – 173 с.
4. Клейн Г. К. Строительная механика сыпучих тел. – М: Стройиздат, 1977. – 256 с.
5. Технологическое оборудование хлебопекарных и макаронных предприятий / Б.М. Азаров, А.Т. Лисовенко, С.А. Мачихин и др.: Под. ред. С.А. Мачихина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 263 с.

Рецензент д.т.н І.М. Дударев

УДК 677.11.021

© В.Ф.Дідух, д.т.н., В.В.Тарасюк, к.т.н., А.С.Оніщук, В.І.Соколовський
Луцький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАЛИВНИХ МАТЕРІАЛІВ СФОРМОВАНИХ З СТЕБЕЛ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

У статті подані результати досліджень підготовки та формування паливних матеріалів з стеблової частини врожаю льону олійного вирощеного в умовах Західного Полісся та наведені рекомендації для забезпечення умов їх ефективного виробництва

ЛЬОН ОЛІЙНИЙ, СТЕБЛО, ПАЛИВНІ МАТЕРІАЛИ, ПЕЛЕТИ, БРИКЕТИ, ПОДРІБНЕННЯ, ФОРМУВАННЯ, ВЛАСТИВОСТІ.

Постановка проблеми. Відродження галузі льонарства в Україні залежить від конкурентоздатності продукції, отриманої з даної культури на ринку. Історія вирощування льону показує, що при належному господарюванні він є культурою безвідходною виробництва. Таким чином, чим більший буде асортимент товарів, тим вищою буде рентабельність його вирощування.

З 2003 року в Україні спостерігається помітне збільшення посівних площ лише льону олійного. У структурі сівозмін зернової групи льон олійний стає конкурентом багатьом сільськогосподарським культурам. Зміна кліматичних умов через глобальне потепління, сприяє його вирощування у Північно – Західному регіоні. При цьому виробництво спрямовується лише на отримання високих врожаїв насіння, в основному, на експорт. Вартість 1 т товарного насіння льону олійного коливається залежно від попиту на ринку і, в середньому, становить 8...9 тис. грн. Конкурентоспроможність технічного насіння льону олійного на світовому ринку поступово падає через збільшення валового збору у різних країнах світу. За даними аналітиків ринку, в 2015-2016 рр. урожай олійного льону становив 300 тис. т, що більше на 20% порівняно з минулим сезоном [1].

Тому господарствам країни необхідно працювати на випередження потреб ринку. Серед основних напрямків розвитку льонарської галузі пріоритетними можуть стати: виробництво органічної продукції та пошук шляхів утилізації стеблової частини врожаю. Дослідження вказаних напрямків найбільш актуальні для регіонів Західного Полісся, адже природно – кліматичні умови даних територій сприяють в отриманні не тільки максимального біологічного

врожаю насіння, але значного стеблостою, який маже сягати більше одного метра, залежно від сорту льону.

У зв'язку з цим, розробка основних технологічних прийомів переробки стеблової частини врожаю льону олійного та виготовлення паливних матеріалів з врахування умов вирощування, є досить актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Порівняльний аналіз морфологічних показників льону олійного, вирощеного у різних кліматичних умовах показує, що він за урожайністю насіння значно переважає льон - довгунець і не поступається за висотою стеблостою. [1, 3].

Важливою характеристикою для лубоволокнистих культур є вміст волокна у стеблах. Проведені дослідження свідчать, що стебла льону олійного, вирощеного в умовах Західного Полісся України, містять 21-23% волокна. Причому прикоренева частина стебел льону олійного містить 8,9-12,6% волокна, середня частина – 26,1-29,0%, верхня частина – 21,0-23,3%. Як показує досвід останніх років, врожайність льону олійного, вирощеного в умовах Західного Полісся України може становити: насіння – до 20 ц/га, соломи – до 45 ц/га. Наявність значних об'ємів соломистої маси потребує її утилізації, де на сьогодні ринок виготовлення паливних матеріалів (пелетів, брикетів) потребує відповідної сировини.

Основним чинником, що визначає механічну міцність, водостійкість і калорійність брикету, є його щільність. Чим щільніше брикет, тим вище показники його якості. Чим нижче щільність брикетів, тим менше їх калорійність. Наприклад, при щільності брикету 650-750 кг/м³ калорійність брикетів дорівнює 12-14 МДж/ кг; при щільності 1200-1300 кг/м³ - 25-31 МДж/ кг. Якість брикетів в значній мірі залежить від вологості вихідної суміші. Оптимальна вологість становить 4-10%, при ній досягаються найкращі механічні характеристики брикетів

Відсутність технологій і устаткування, що дозволяють здійснювати глибоку переробку сировини луб'яних культур стримують відродження галузі льонарства в державі. З іншої сторони висока врожайність стеблової частини вказує до зміни підходів її утилізації. Процес утилізації необхідно розпочинати відразу після збирання насінневої частини [6, 7].

Один із напрямків утилізації може бути переробка стеблової частини на паливні матеріали, яким у останні роки у світі приділяється значна увага [8, 9]. Відсутність досліджень з виготовлення паливних матеріалів із стеблової частини врожаю вказує на проблему, яка гальмує розвиток галузі луб'яних культур.

Мета дослідження - запропонувати технологію виробництва паливних брикетів із стеблової частини врожаю льону олійного.

Результати дослідження. В основі процесу формування паливних матеріалів з органічної сировини є прес. Сьогодні існує кілька десятків виробників пресів з різних країн світу (СРМ, Andritz, Salmatec, Amandus Kahl, Buhler, Munch та багато інших). Всі преси конструктивно розрізняються за видами матриць.

Виробництво паливних брикетів потребує високого тиску, а в ряді випадків і нагрівання матеріалу до 250...350 С°. Одержувані паливні брикети не включають в себе ніяких зв'язувальних речовин, крім одного натурального - лігніну, що міститься в клітинах рослинних відходів. При використанні агросировини можливе також додавання в'язучої органічної речовини (рис.1). В такому випадку зусилля для формування брикетів значно менше, але дана технологія передбачає сушіння готової продукції, що впливає на її собівартість.



Рис.1 – Дослідження формування паливних матеріалів з додаванням в'язучої речовини – озерного сапропелю вологістю 83%

Основним недоліком такої технології є необхідність сушіння сформованого матеріалу, що призводить до зростання його собівартості. Аналіз зниження дослідних зразків із подрібненої трести до 10 мм льону олійного масою 5 гр з відповідним збільшенням в'язучої речовини – озерного сапропелю у грамах, шляхом сушіння при $t=120^{\circ}\text{C}$, вказує на потребу в значних затрат енергії (табл.1). Крім цього, такі паливні матеріали мають низьку щільність та не витримують навантажень, легко руйнуються. Але даний напрямок досліджень необхідно розвивати, у першу чергу, при виробництві брикетів.

Таблиця 1 - Приклад зміни маси експериментальних дослідних зразків паливних матеріалів

Варіант досліду/ час сушіння	0	20	40	60	80	100	120
5+10	15,81	11,73	9,81	8,16	7,15	6,34	5,28
5+20	20,68	15,73	12,45	9,65	7,73	6,53	5,73
5+25	26,85	22,17	19,07	16,22	13,08	12,12	10,59
5+30	31,14	26,21	22,50	18,46	15,52	13,23	11,45

Для виробництва брикетів застосовують поршневі і шнекові преси. Поршневий прес працює циклічно - при кожному ході поршня продавлюють певна кількість матеріалу через конічне сопло, на брикетах чітко помітні відповідні циклам шари. Шнековий прес легше поршневого, оскільки відсутні масивні поршні і маховики. Продукція виходить безперервно, тому її можна розрізати на потрібні шматки. Щільність вище, ніж у поршневих пресів. Шнекові преси менш шумні, завдяки відсутності ударних навантажень. До недоліків можна віднести більшу витрату енергії і швидкий знос шнека.

При виготовленні паливних матеріалів важливо враховувати величину подрібненої стеблової маси. Попередні дослідження показують, що стеблову масу льону олійного можна подрібнювати (рис.2, рис.3) будь якими різально-ударними пристроями. При цьому чітко проявляється розділення матеріалу на дві складові: костру і коротке неорієнтоване волокно з вмістом костриці у межах 35%. Виділені частинки довжиною 3-5 мм можна спрямовувати на виробництво паливних матеріалів, а волокно середньої довжини 30-50 мм, на доочищення.

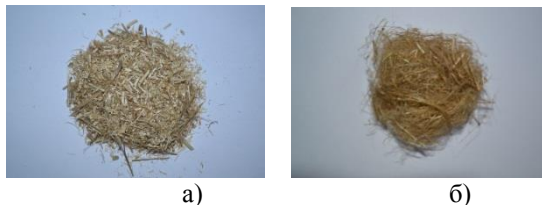


Рис. 2 – Складові стеблової частини льону олійного після подрібнення ударно-різальною установкою (рис.3): а) костра; б) волокно.



а)

б)

Рис.3 – Загальний вигляд установки для подрібнення льону олійного(а) та розміщення подрібнюючого пристрою у корпусі (б)

Дослідження процесу формування паливних матеріалів проводили на лабораторній установці, що представлена на рис. 4. Основні складові установки змонтовані на рамі 1. За силовий елемент використовували гідравлічний домкрат 2, який з'єднаний з манометром 3. У прес-матриці 6 передбачено отвір діаметром 20мм у який вставлено пуансон 5 та передбачено ізольована електроспіраль 4. Нижня частина отвору закрита заглушкою 8, яка підсилена прокладкою 9. У зоні контакту матеріалу з матрицею встановлена термопара 7, і з'єднана з потенціометром постійного струму. Зміна напруги дозволила міняти температуру нагрівання матеріалу.

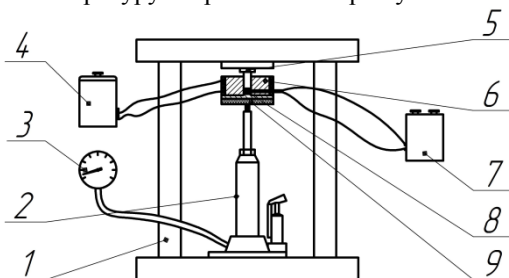


Рис.4 – Схема лабораторної установки з визначення властивостей паливних матеріалів

У даних дослідженнях особливу увагу було звернено на величину тиску формування зразків паливних матеріалів і склад суміші з костри стеблової частини льону олійного та замороженого озерного сапропелю. Початкова відносна вологість при цьому складала 13-15 % для костри і 12% сапропелю. На основі отриманих даних будувались графічні залежності (рис.5, рис.6). Основою вихідного матеріалу була костра, виділена механічним способом з стебел льону олійного у різному стані:

- 1- з свіжовибраних стебел на установці (рис.3);
- 2- з трести після 3-х недільного вилежування на установці (рис.3);
- 3- з свіжовибраних стебел трьохножовим барабаном;
- 4- з трести після 3-х недільного вилежування трьохножовим барабаном;
- 5- з стеблової маси після зернозбирального комбайна;
- 6- з трести на основі стеблової маси після 3-місячного вилежування у полі.

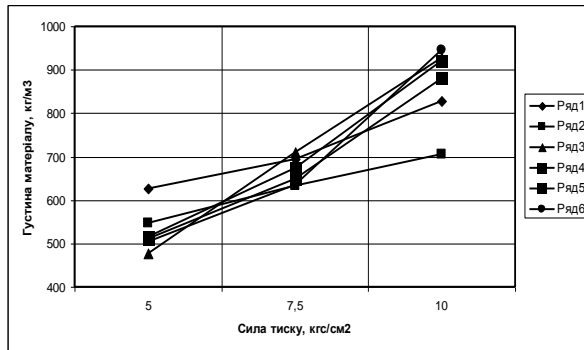


Рис.5 – Залежність густини сформованих паливних матеріалів від зусилля пресування

Формування паливних матеріалів створенням зусилля у межах 5-10 кгс/см² з додаванням замороженого сапропелю вказує на перспективу його використання у якості в'язучої органічної речовини. При цьому, відсоток у складі зразка не є визначальним, а щільність коливається у межах 1050 – 1250 кг/м³, що вказує на ефективне заповнення порового простору (рис. 6).

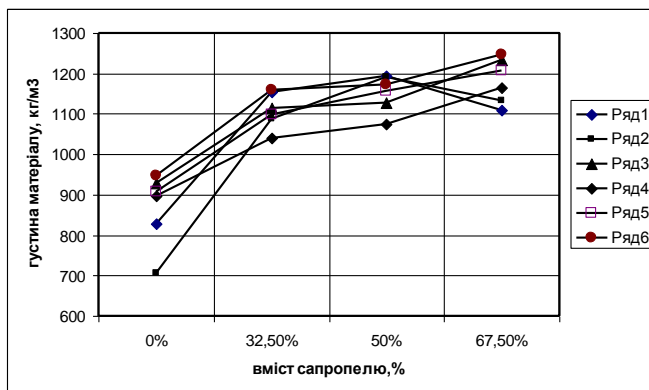


Рис.6 – Залежність густини сформованих паливних матеріалів від вмісту в'яжучої органічної сировини – замороженого озерного сапропелю

Висновки. Підсумовуючи проведений аналіз можна зробити висновки, що серед продукції, виготовленої на основі льону олійного важливе місце можуть зайняти паливні матеріали, які потребують детального вивчення. Особливо це стосується впливу на якісні параметри в'яжучої органічної речовини у вигляді замороженого озерного сапропелю, вибір технології їх формування в умовах льононосійних господарств Західного Полісся.

Література

1. Эксперты отмечают преимущества выращивания масличного льна – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.proagro.com.ua/news/ukr/4089979.html>
2. Альтернативная энергетика в действии: Украина может продавать топливные пеллеты в ЕС в неограниченном количестве [Электронный ресурс] – Режим доступу: <http://feostroy.crimea.ua/node/500>.
3. Дударев І.М. Теоретичні основи модернізації машин для виробництва льону: монографія / І.М. Дударев. – Луцьк: Ред.-вид.відділ Луцького НТУ, 2013. – 108 с.
4. Маслак О. Привабливість льону олійного. Ж-л «Агробізнес сьогодні» №4(299), 2015р.
5. 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.

6. Классен Н.П., Основы техники гранулирования / Классен Н.П., Гришаев И. Г., Шомин И.П. – М.: Химия, 1982. – 272 с.
7. Виробництво пелет в Україні: прибутковий варіант сталого розвитку. (серія консультативних робіт в рамках Німецько-Українського аграрного діалогу) / APD/PP/02/2012 / АннаКузнецова. – Київ, 2012. – 24с.
8. Использование физиологических растения льна масличного в селекции: рекомендации / Н.А. Дуктова [и др.]. – Горки: БГСХА, 2014. – 44 с.
9. Федорейко В.С. «Підвищення ефективності електротехнологічного комплексу для виробництва твердого біопалива з використанням нейроконтролера» / Федорейко В.С., Рутило М.І., Іскерський І.С. – Науковий вісник НГУ, – 2013, № 5. – 78-85 с.
10. Mahdi Mobini. Simulation of wood pellet production and distribution supply chains / Mahdi Mobini, Taraneh Sowlati, Shahab Sokhansanj // University of British Columbia, Department of Wood Science, Faculty of Forestry, Vancouver, Canada
11. 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 621.929:664

© І.М. Дударев, д.т.н.

Луцький національний технічний університет

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗМІШУВАЧА СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

У статті запропоновано конструкцію змішувача сипких матеріалів, що працює за принципом пересипання матеріалів. Теоретичним шляхом одержані залежності для обґрунтування конструктивних параметрів змішувача сипких матеріалів.

ЗМІШУВАЧ, СИПКИЙ МАТЕРІАЛ, КОНСТРУКТИВНІ ПАРАМЕТРИ, ПЕРЕСИПАННЯ МАТЕРІАЛУ, РІВНЯННЯ РУХУ.

Постановка проблеми. У різних галузях промисловості, зокрема переробній, харчовій та комбікормовій, широко

використовуються змішувачі різного конструктивного виконання для приготування сумішей з сипких матеріалів. У більшості конструкцій передбачена дія активних робочих органів (шнек, лопатки) на матеріали для забезпечення необхідного ступеня їх змішування. Така взаємодія активних робочих органів з сипкими матеріалами може призводити до їх пошкодження, що в більшості випадків є небажаним. Саме тому, розробка конструкції змішувача, який забезпечував би мінімальний негативний вплив робочих органів на змішувані матеріали, а також обґрунтування його конструктивних параметрів є надзвичайно актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розроблено різні конструкції змішувачів сипких матеріалів, зокрема лопатеві, шнекові, барабанні, конічні, кубічні, стрічкові, вібраційні, відцентрові та інші [1– 4]. Основним недоліком яких є пошкодження сипких матеріалів під час змішування внаслідок дії на них робочих органів. Перспективним є розробка змішувача, який би усував зазначений недолік, тобто зводив до мінімуму вплив робочих органів на змішувані матеріали. До таких можна віднести змішувачі, які працюють за принципом пересипання сипких матеріалів. Таким чином, необхідно проводити подальші дослідження у цьому напрямку, зокрема з метою розробки конструкції змішувача і обґрунтування його раціональних параметрів.

Мета дослідження – розробити конструкцію змішувача, що працює за принципом пересипання сипких матеріалів, та обґрунтувати його конструктивні параметри.

Результати дослідження. Пропонується конструкція змішувача сипких матеріалів (рис. 1), що містить корпус, який змонтовано на рамі. Всередині корпусу передбачені перегородки, які розділяють корпус на робочі камери змінного об'єму. Днищами робочих камер слугують рухомі полицки. Усі рухомі полицки, крім бокових, утворені двома похилими гранями. Бокові рухомі полицки утворені однією гранню, яка нахилена всередину корпусу. Всередині корпусу під робочими камерами розташовано два колінчастих вала з приводом. Рухомі полицки з'єднані з колінчастими валами за допомогою шатунів, причому таким чином, що якщо полицка знаходиться у крайньому верхньому положенні, то сусідні з нею полицки знаходяться в крайньому нижньому положенні. Таким чином, забезпечується зворотно-поступальний рух полицок між перегородками, що, у свою чергу, забезпечує зміну об'єму робочих камер.

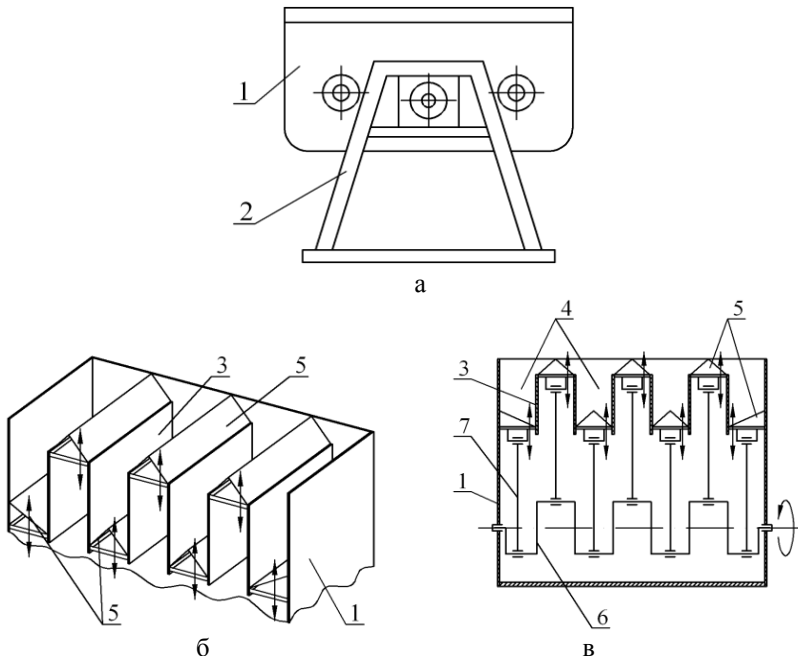


Рис. 1 – Змішувач сипких матеріалів (1 – корпус; 2 – рама; 3 – перегородка; 4 – робоча камера; 5 – рухома полицка; 6 – колінчастий вал; 7 – шатун): а – загальний вигляд змішувача; б – робочі камери змішувача; в – схема приводу полицок.

Перед пуском змішувача сипкі матеріали, які необхідно змішати, засипаються рівномірно в корпус змішувача. Сипкі матеріали заповнюють простір між перегородками, тобто робочі камери, в яких рухомі полицки перебувають в крайньому нижньому положенні. Після завантаження сипких матеріалів вмикають привод колінчастих валів. У результаті цього полицки починають рухатися вверх-вниз між перегородками. Під час руху кожної полицки вверх зменшується об'єм робочої камери, а під час руху вниз – збільшується. У результаті цього відбувається пересипання сипких матеріалів з однієї робочої камери, об'єм якої зменшується, в сусідні, об'єм яких збільшується. Таке пересипання з однієї робочої камери в інші відбувається багаторазово, наслідком чого є змішування сипких матеріалів. Таким чином, змішування сипких матеріалів відбувається шляхом їх багаторазового пересипання.

Запропоноване конструктивне рішення змішувача сипких матеріалів дозволяє забезпечити багаторазове пересипання сипких матеріалів, чим досягається інтенсивне перемішування усієї суміші сипких матеріалів без жодних силових дій на них, що унеможливило їх пошкодження.

Для обґрунтування конструктивних параметрів полички змішувача розглянемо переміщення сипкого матеріалу похилою гранню полички (рис. 2, а). Нехай висота підйому нижньої частини грані над перегородкою рівна радіусу колінчастого вала r (далі r – радіус кривошипа, м), відповідно, найбільша глибина робочої камери теж становитиме r . Необхідно встановити чи за час переміщення полички в крайнє верхнє положення з положення, коли нижня частина грані знаходиться на рівні верхнього кінця перегородки, тобто протягом переміщення кривошипа в квадранті II , відбудеться сходження з похилої грані полички усього сипкого матеріалу, тобто його пересипання у сусідню робочу камеру.

Сипкий матеріал пересипається з полички у сусідні робочі камери, коли поличка починає рухатися ввєрх, тобто під час переміщення кривошипа квадрантами I та II (рис. 2, б). Елементарний шар сипкого матеріалу, що контактує з поверхнею похилої грані полички, починає сходити з полички, коли нижня частина грані полички досягне рівня верхнього кінця перегородки, тобто, коли кривошип увійде в квадрант II . Таким чином, для ефективної роботи змішувача необхідно, щоб за час переміщення кривошипа квадрантом II відбулося сходження усього елементарного шару сипкого матеріалу, що знаходиться на поверхні грані, з полички.

Елементарний шар сипкого матеріалу, що знаходиться на поверхні грані полички, утворений з окремих частинок матеріалу. Останньою з полички зійде частинка матеріалу, яка знаходиться найвище на похилій грані. Надалі розглядатимемо переміщення саме цієї частинки сипкого матеріалу, прийнявши її за матеріальну точку. Початок системи рухомих координат xOy розташуємо у початковому положенні частинки матеріалу. Вісь x спрямуємо вздовж похилої грані полички вниз, а вісь y – перпендикулярно поверхні грані ввєрх.

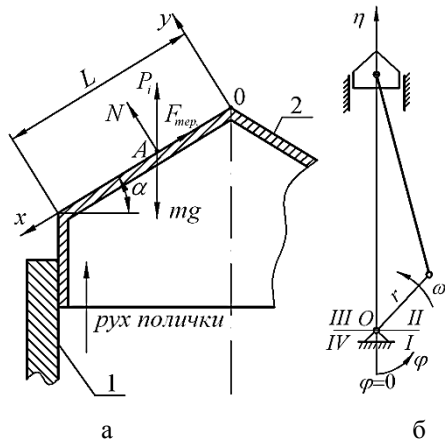


Рис. 2 – Розрахункові схеми: а – до визначення конструктивних параметрів полочки змішувача (1 – перегородка; 2 – рухома полочка); б – до визначення закону руху полочки.

На частинку матеріалу будуть діяти: сила ваги mg , Н (де m – маса частинки, кг; g – прискорення вільного падіння, m/c^2); сила тертя $F_{тер.}$, Н; нормальна реакція поверхні N , Н; сила інерції переносного руху P_i , Н. Під час переміщення кривошипа у квадранті II, сила інерції P_i буде спрямована вертикально вгору. Складемо диференціальні рівняння відносного руху частинки сипкого матеріалу поверхнею грані полочки, що нахилена під кутом α до горизонталі в площині рис. 2, а:

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} &= mg \sin \alpha - F_{тер.} - P_i \sin \alpha; \\ m\ddot{y} &= N + P_i \cos \alpha - mg \cos \alpha, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де \ddot{x} , \ddot{y} – прискорення частинки матеріалу вздовж осей x та y , m/c^2 .

Приймаємо умову, що переміщення частинки матеріалу полочкою відбувається без її відриву від поверхні, тобто $y = \dot{y} = \ddot{y} = 0$. Тоді, з другого рівняння системи (1), одержимо:

$$N = mg \cos \alpha - P_i \cos \alpha. \quad (2)$$

Визначимо силу тертя з врахуванням виразу (2):

$$F_{тер.} = fN = fmg \cos \alpha - fP_i \cos \alpha, \quad (3)$$

де f – коефіцієнт тертя частинки матеріалу по поверхні грані.

Підставляючи значення сили тертя у перше рівняння системи (1), після перетворень, матимемо:

$$m\ddot{x} = mg(\sin \alpha - f \cos \alpha) - P_i(\sin \alpha - f \cos \alpha). \quad (4)$$

Приймаємо, що поличка рухається за законом $\eta = r(1 - \cos(\omega t))$ (де ω – кутова швидкість кривошипа, яка є сталою, рад/с; t – час, с) (рис. 2, б). Тоді двічі диференціюючи це рівняння, відповідно, одержимо:

$$\dot{\eta} = r\omega \sin(\omega t) \text{ та } \ddot{\eta} = r\omega^2 \cos(\omega t). \quad (5)$$

Таким чином, сила інерції переносного руху буде:

$$P_i = m\ddot{\eta} = mr\omega^2 \cos(\omega t). \quad (6)$$

Причому, у квадранті II матимемо $\pi/2 \leq \varphi = \omega t \leq \pi$ (де φ – кут повороту кривошипа, рад.).

Підставляючи значення сили інерції переносного руху у рівнянні (4), отримаємо:

$$m\ddot{x} = mg(\sin \alpha - f \cos \alpha) - mr\omega^2(\sin \alpha - f \cos \alpha)\cos(\omega t). \quad (7)$$

Інтегруючи двічі рівняння (7) за початкових умов $t_0 = \pi/(2\omega)$, $\dot{x}_0 = x_0 = 0$, матимемо, відповідно, рівняння швидкості та переміщення частинки матеріалу поверхнею похилої грані полички:

$$\dot{x} = (\sin \alpha - f \cos \alpha) \left(g \left(t - \frac{\pi}{2\omega} \right) + r\omega(1 - \sin(\omega t)) \right), \quad (8)$$

$$x = (\sin \alpha - f \cos \alpha) \left(\frac{gt}{2} \left(t - \frac{\pi}{\omega} \right) + r \left(\omega t - \frac{\pi}{2} + \cos(\omega t) \right) + \frac{\pi^2 g}{8\omega^2} \right). \quad (9)$$

Таким чином, для забезпечення сходження з полички усього сипкого матеріалу довжина похилої грані L має бути не більше за шлях частинки матеріалу, який визначається з рівняння (9) при $t = \pi/\omega$. Тобто, має виконуватися умова $L \leq x(\pi/\omega)$.

Аналіз графічних залежностей на рис. 3 показує, що зі зростанням значення кута нахилу α грані полички та зменшенням кутової швидкості ω зростає шлях x , який проходить частинка матеріалу по грані полички.

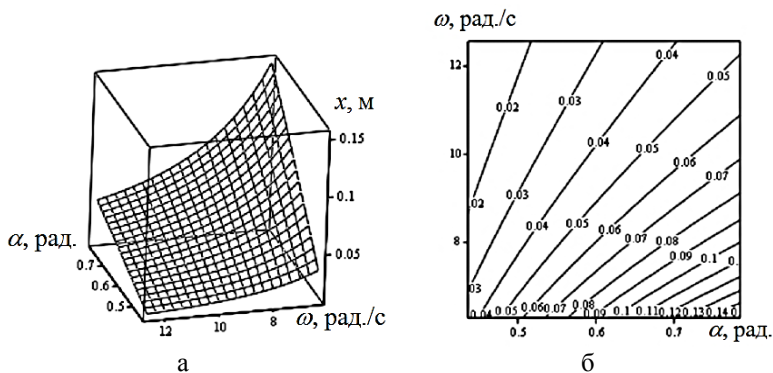


Рис. 3 – Поверхня відгуку переміщення частинки матеріалу поверхнею похилої грані $x = x(\alpha, \omega)$ (а) та її двовірні січення (б) при $r = 0,05$ м; $f = 0,35$; $t = \pi / \omega$

Визначимо дальність польоту частинки матеріалу, яка зійшла з грані полицки (рис. 4). Розташуємо нерухому систему координат $n\tau$ у початковому положенні частинки. На частинку сипкого матеріалу діятиме лише сила ваги mg . Рівняння руху частинки матеріалу:

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{n} &= 0; \\ m\ddot{\tau} &= mg; \end{aligned} \right\}, \quad (10)$$

де \ddot{n} , $\ddot{\tau}$ – прискорення частинки матеріалу вздовж осей n та τ , м/с^2 .

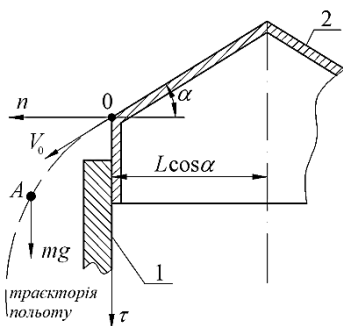


Рис. 4 – Розрахункова схема до визначення дальності польоту частинки сипкого матеріалу: 1 – перегородка; 2 – рухома полицка.

Інтегруючи двічі рівняння системи (10) за початкових умов $t_0 = 0$, $\dot{n}_0 = V_0 \cos \alpha$ (де V_0 – швидкість частинки матеріалу у момент її сходження з полицки, що визначається з рівняння (8)), $\dot{\tau}_0 = V_0 \sin \alpha$, $n_0 = 0$, $\tau_0 = 0$, матимемо, відповідно, рівняння швидкості та руху частинки матеріалу:

$$\left. \begin{aligned} \dot{n} &= V_0 \cos \alpha; \\ \dot{\tau} &= gt + V_0 \sin \alpha; \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

$$\left. \begin{aligned} n &= V_0 t \cos \alpha; \\ \tau &= \frac{gt^2}{2} + V_0 t \sin \alpha. \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

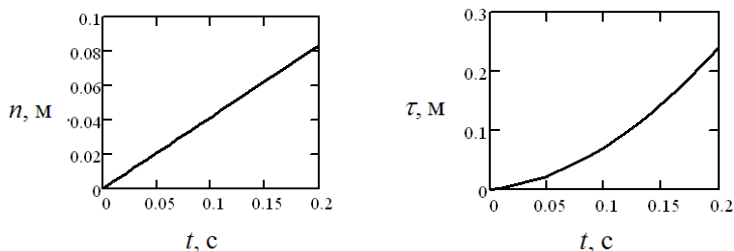


Рис. 5 – Графіки переміщення частинки матеріалу вздовж осей n (а) та τ (б) з часом t при $\alpha = 0,5$ рад.; $r = 0,05$ м; $f = 0,35$; $V_0 = 0,477$ м/с; $\omega = 2\pi$ рад./с; час для визначення V_0 за рівнянням (8) приймався рівним π/ω

На рис. 5 представлені графіки переміщення частинки матеріалу вздовж осей n та τ з часом t . Для того, щоб не відбувалося переміщення матеріалу далі, ніж у сусідню робочу камеру (матеріал має пересипатися для ефективного змішування лише між сусідніми робочими камерами) необхідно, щоб дальність польоту частинки матеріалу вздовж осі n не перевищувала значення $L \cos \alpha$, тобто, щоб виконувалася умова $n \leq L \cos \alpha$.

Висновок. За результатами аналізу конструкцій змішувачів сипких матеріалів запропоновано конструкцію змішувача, що працює за принципом пересипання сипкого матеріалу. Крім того, аналітичним шляхом одержано залежності, які дозволяють обґрунтувати

раціональні конструктивні параметри змішувача, зокрема розміри полицок.

Література

1. Основы расчета и конструирования машин и автоматов пищевых производств: учебное пособие для вузов. Труд. колл. авторов. Под редакцией д-ра техн. наук, проф. Соколова А.Я. – М.: Машиностроение, 1969. – 637 с.

2. Пат. №99264 Україна, МПК В01 F13/00. Змішувач сипких матеріалів / Н.В. Сергеева, Л.І. Шаповал, М.А. Михайленко; Заяв. 15.12.2014; опубл. 25.05.2015; Бюл. №10.

3. Пат. №80789 Україна, МПК В01 F7/08, В65 G33/00. Змішувач сипких матеріалів циклічної дії / Р.М. Рогатинський, І.Б. Гевко, А.Є. Дячун, Р.О. Любачівський, Р.І. Лотоцький; Заяв. 24.12.2012; опубл. 10.06.2013; Бюл. № 11.

4. Пат. №75086 Україна, МПК В01 F7/00. Змішувач сипких матеріалів / В.Й. Кричківський, Р.І. Розум, А.О. Вітровий, М.В. Буряк; Заяв. 02.04.2012; опубл. 26.11.2012; Бюл. № 22.

УДК 631.365:631.53.01:633.2

© В.О. Корнелюк, Л.Ю. Забродоцька, к.т.н.
Луцький національний технічний університет

© В.О. Хвесик, А.В. Хомич, к.т.н.

Любешівський технічний коледж Луцького національного технічного університету

МОДЕЛЮВАННЯ ОСЦИЛЮЮЧОГО РЕЖИМУ СУШІННЯ НАСІННЯ ТРАВ

У статті запропоновано як метод інтенсифікації сушіння насіння трав застосовувати осцилюючі режими, що полягають у почерговому вентилюванні шару матеріалу сушильним агентом і атмосферним повітрям. Представлено математичну модель, що описує осцилююче сушіння і дає змогу обґрунтувати режимні параметри процесу. Запропоновано заходи для зменшення енергетичних витрат на процес сушіння насіння трав.

СУШІННЯ, ОСЦИЛЮЮЧИЙ РЕЖИМ, НАГРІВ, ОХОЛОДЖЕННЯ, МОДЕЛЬ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ.

Постановка проблеми. Сушіння - основна технологічна операція з приведення зерна й насіння до стійкого стану. Тільки після того, як із свіжозібраної насінневої маси видалено всю надлишкову вологу і зернівки доведено до сухого стану, можна розраховувати на подальшу надійну збереженість продукції.

Усі способи сушіння насіння враховують сорбційні та інші його властивості. Насінина як об'єкт сушіння – це живий організм з капілярно-пористою структурою. Плодові оболонки насіння пронизані капілярами, тому є проникними для пари води. Насінневі оболонки й алейроновий шар, навпаки, є відносно малопроникними для пари води і за неправильного режиму сушіння можуть бути причиною здуття, спричиненого затримкою видалення водяної пари, яка накопичилась всередині ендосперму. Крім того, зародок містить дуже чутливі до температури водорозчинні білки – альбуміни. При температурі вище 41...42°C білки зародка денатурують, тобто насіння втрачає схожість. Білки клейковини більш термостійкі, однак температура нагрівання не повинна перевищувати 55°C. Сушіння – складний технологічний тепломасообмінний процес, який повинен забезпечити збереженість усіх властивостей речовин у насініні, що можливо за умови дотримання оптимальних параметрів цього процесу. Окрім того, особливу увагу слід приділяти енергоефективності процесу, адже це безпосередньо впливає на вартість отриманої продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед численних способів теплового сушіння, які різняться способом підводу тепла до насініни, найпоширенішим є конвективний. Суть його полягає в тому, що тепло передається конвекцією від теплоносія, який вбирає вологу, і видаляється в атмосферу. За таким принципом працюють шахтні, рециркуляційні, барабанні, стрічкові та інші типи сушарок. Процес сушіння ґрунтується на здатності зернівки випаровувати поверхнею вологу за умови, що тиск водяної пари в насініні вищий за тиск в зовнішньому повітрі.

Під час сушіння насіння відбуваються такі фізичні явища: передача тепла від агента сушіння до насініни; рух вологи з центральних шарів до поверхневих; випаровування вологи з поверхні зернівки та дифузія її в навколишнє середовище; переміщення вологи при наявності температурного градієнта внаслідок термо-вологопровідності.

Закономірності сушіння насіння такі [1,2]:

1) чим більша початкова вологість насіння, тим вища швидкість сушіння в початковий період і тим він коротший. У сирому вологому насінні є механічно зв'язана волога, яка видаляється в першу

чергу. Капілярна волога міцно зв'язана з білками. Тому процес сушіння насіння лімітується сушінням білкового комплексу;

2) під час сушіння насіння нагрівається швидше, ніж випаровується волога. Це й визначає доцільність застосування осцилюючого (з відлежуванням) способу сушіння;

3) сушіння можливе лише тоді, коли тиск пари всередині зернівки вищий, ніж в навколишньому середовищі, тобто відбувається її випаровування. Коли температура поверхні насінини дорівнює температурі середовища сушильної камери, процес сушіння (випаровування води) припиняється;

4) швидкість процесу сушіння залежить від вологості повітря; наприклад, 1 м³ повітря за температури 20°C поглинає 17г води, 30°C – 31г, 50°C – 90 г, 70°C – 200...250г, 90°C – 400 г і більше.

Ще одним дієвим способом інтенсифікації процесів сушіння сільськогосподарських матеріалів є використання осцилюючих температурних режимів сушіння [3-7]. Осцилюючий температурний процес сушіння сільськогосподарських матеріалів, який досягається шляхом почергового їх нагрівання і охолодження, дозволяє забезпечити умови інтенсивного переміщення вологи із внутрішніх шарів до поверхні.

Мета дослідження. Метою дослідження є вдосконалення та аналіз математичної моделі осцилюючого сушіння насіння трав з метою вибору раціональних параметрів процесу, що дозволить зменшити енерговитрати загалом.

Результати дослідження. Тривалість нагрівання матеріалів в процесі їх сушіння залежить від часу взаємодії із сушильним агентом. Підвищення температури сушильного агента у два рази дозволяє зменшити час нагрівання матеріалу до гранично допустимої температури за 1,5...6,0 с, але вологовіддача не перевищує 1% [8].

Сушіння насінневих сільськогосподарських матеріалів вимагає "м'яких" температурних режимів, які досягаються у сушарках з нерухомим шаром. Підвищення ефективності використання таких сушарок залежить від вдосконалення режимів сушіння. Воно полягає у використанні осцилюючого температурного процесу з метою інтенсифікації вологовіддачі у всіх періодах сушіння.

Теоретичний опис конвективного сушіння сільськогосподарських матеріалів можна здійснити шляхом складання інтегральних рівнянь тепло і масоперенесення. Такий метод є складним і не дає можливості використовувати результати при інженерних розрахунках елементів сушарок та вдосконаленні методів сушіння [3,4].

Для розв'язку ряду практичних задач, як правило, достатньо отримати загальну характеристику процесу шляхом побудови кривих сушіння, швидкості і температури. Аналіз кривих дозволяє отримати рівняння кінетики сушіння:

$$-\frac{dW}{d\tau} = K(W - W_k), \quad (1)$$

де $dW/d\tau$ - похідна вологості за часом;

K - коефіцієнт сушіння, який залежить від властивостей насіння та режиму сушіння, хв^{-1} ;

W_k - кінцева вологість матеріалу, %.

В свою чергу, коефіцієнт сушіння K прямо пропорційний швидкості сушіння і обернено пропорційний початковій вологості матеріалу W_n . Він визначається відносним коефіцієнтом сушіння χ як тангенс кута нахилу прямої $K = \chi N$.

$$\chi = \frac{1,8}{W_n}. \quad (2)$$

Сушіння матеріалу в кінцевому варіанті являє собою масообмін води між матеріалом і навколишнім середовищем. При цьому обов'язковим є також перенесення води із середини матеріалу до його поверхні. Активізація вказаних процесів у період постійної швидкості сушіння можлива при збільшенні рушійних сил, якими є градієнти перенесення води. Особливу увагу необхідно звернути на градієнт температур, як рушійну силу в процесах передачі тепла.

Для конвективного теплообміну швидкість сушіння в період постійної швидкості для капілярпористих колоїдних тіл, якими є насіння трав, можна визначити за формулою Ньютона [9].

$$\alpha_q(t_{ca} - t_n) = \frac{N \cdot \rho_0 \cdot R_v}{100}, \quad (3)$$

де α_q - коефіцієнт теплообміну; t_{ca} - температура сушильного агента; t_n - температура поверхні матеріалу, що піддається сушінню; ρ_0 - густина сухого матеріалу; R_v - відношення об'єму тіла до його поверхні.

Аналіз відомих моделей [5-8] показує, що для спрощення розрахунків можна зробити допущення, що періоди нагрівання і охолодження відбуваються за лінійним законом. Розрахункова схема процесу сушіння зображена на рис.1.

В процесі сушіння температура матеріалу при поперемінному його нагріванні і охолодженні поверхні визначатиметься як:

при $\tau \leq \tau_{нагр}$

$$t_n(\tau) = t_0 + \frac{\tau(t_{ca} - \Delta t - t_0)}{\tau_{нагр}}, \quad (4)$$

при $\tau \leq \tau_{охол}$

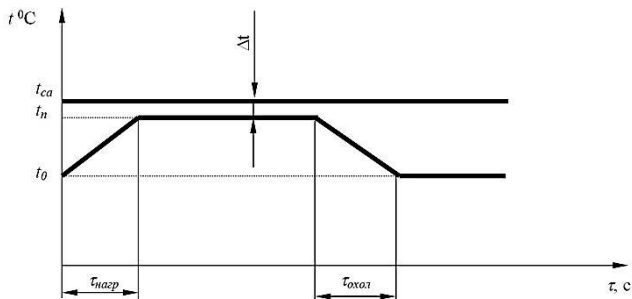


Рис.1 – Розрахункова схема осцилюючого процесу сушіння насіння трав: t_0 - температура навколишнього середовища; t_{ca} - температура сушильного агента; Δt - різниця температур сушильного агента і поверхні матеріалу в режимі нагріву; t_n - температура поверхні матеріалу при постійній швидкості сушіння; $\tau_{нагр}$ - час прогріву матеріалу; $\tau_{охол}$ - час охолодження матеріалу.

$$t_n(\tau) = t_0 + \frac{\tau(t_{ca} - t_0)}{\tau_{охол}}. \quad (5)$$

Інтегруючи (1) отримаємо:

$$W = W_k + (W_n - W_k)e^{-K\tau}. \quad (6)$$

З рівняння (3) швидкість сушіння визначатиметься як:

$$N = \frac{100\alpha_q(t_{ca} - t_n)}{\rho_0 \cdot R_v}, \quad (7)$$

тому з врахуванням (2) отримаємо:

$$W = W_k + (W_n - W_k)e^{-\frac{180\alpha_q(t_{ca} - t_n)}{W_n \cdot \rho_0 \cdot R_v}}, \quad (8)$$

де $t_n(\tau)$ визначається згідно (4) та (5).

Для перевірки теоретичних викладок та побудови графічних залежностей було розроблена програма на ЕОМ, що дозволила реалізувати модель осцилюючого температурного процесу для сушіння насіння трав.

При дослідженні процесу сушіння насіння у товстому нерухомому шарі, останній розбивався на і-елементарних шари. Розрахунок величин $t_n(\tau)$ проводився за допомогою I-d діаграми вологого повітря, шляхом приросту вологовмісту у сушильному агенті внаслідок його проходження крізь шар насіння, що піддавався сушінню.

Значення величин R_v , ρ_0 , α_q , N , $\tau_{нагр}$, $\tau_{охл}$ встановлювали експериментально та шляхом аналізу літературних джерел.

Побудова кривих сушіння проводилась при допущенні, що коефіцієнт сушіння K в межах інтервалу часу $\Delta\tau$ постійний.

Порівняльний аналіз результатів існуючих теоретичних досліджень та розрахунків за запропонованою моделлю проводився для двох методів: зниження вологості насіння від початкового значення $W=45,0\%$ до кондиційної $W=14,5\%$ під дією сушильного агента та використання осцилюючого температурного процесу. Для сушіння насіння трав висотою 0,01 м (рис.2, рис.3) тривалість у порівнянні з використанням осцилюючого температурного процесу збільшується у два рази. Аналогічний характер витрат сушильного агента спостерігається у шарах матеріалу за висотою (рис.4, рис.5).

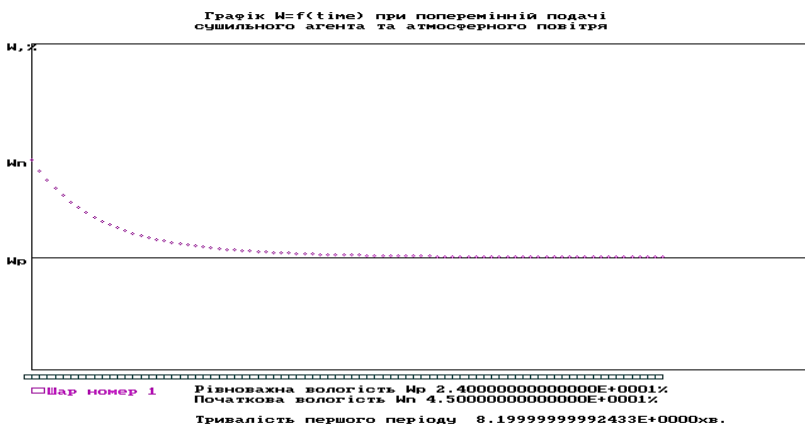


Рис. 2 – Кінетика сушіння при подачі сушильного агента в

елементарному шарі

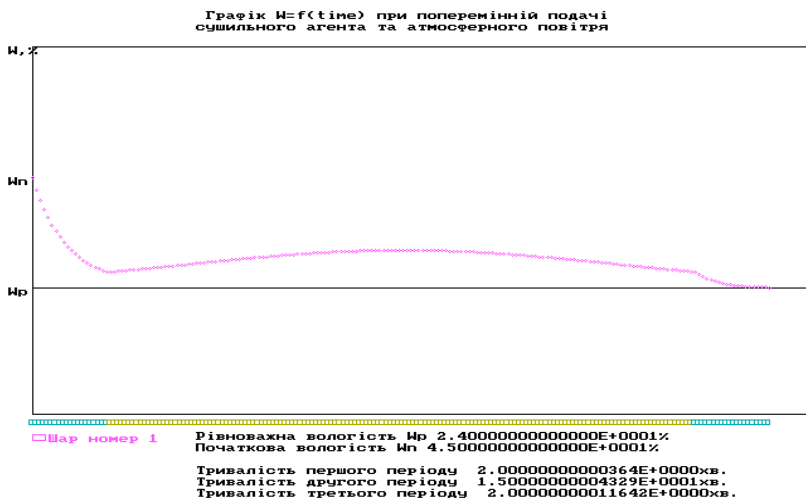


Рис.3 – Кінетика сушіння при осцилюючій подачі сушильного агента та атмосферного повітря в елементарному шарі

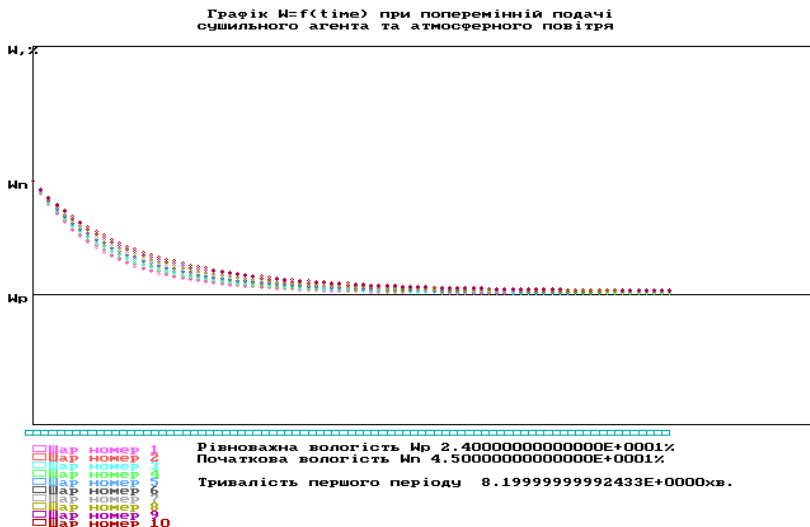


Рис.4 – Кінетика сушіння при подачі сушильного агента в

товстому шарі

Графік $M=f(\text{time})$ при поперемінній подачі сушильного агента та атмосферного повітря

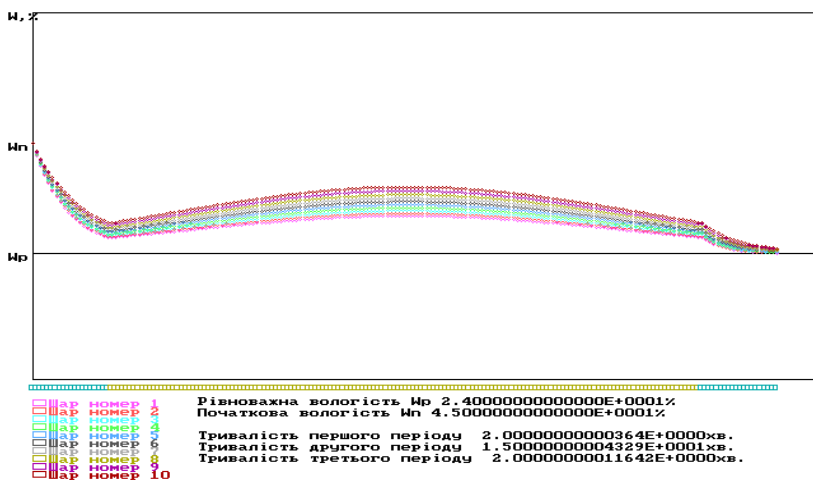


Рис.5 – Кінетика сушіння при осцилюючій подачі сушильного агента та атмосферного повітря в товстому шарі

Висновки. Теоретичний розрахунок за запропонованою вдосконаленою моделлю конвективного осцилюючого сушіння насіння трав свідчить про доцільність використання такого методу як засобу інтенсифікації процесу. Незважаючи на те, що загалом збільшується час сушіння за рахунок вентиляції атмосферним повітрям у 2.3 рази, суттєво зменшується час роботи теплогенераторів для формування сушильного агента (у 2.1 рази). Це призводить до економії паливних матеріалів і, як наслідок, здешевлює процес післязбирального обробітку насінневого матеріалу.

Модернізуючи існуючі у господарствах сушарки та доповнивши їх блоки підготовки сушильного агента пристроями зміни напрямку подачі повітря можливо суттєво вдосконалити технологію сушіння сільськогосподарських насінневих матеріалів.

Література

1. Особливості сушіння зерна окремих культур [Електронний ресурс]/ Режим доступу: http://studopedia.su/8_63585_osoblivosti-sushinnya-zerna-okremih-kultur.html

2. Особенности работы зерносушилок разного исполнения [Электронный ресурс] / Агропромэкс. Режим доступа до журналу:<http://agropromex.ru/stati-i-publikaczii/nauchnyie-stati/osobennosti-raboty-zernosushilok-raznogo-ispolneniya.html>
3. Дідух В.Ф. Підвищення ефективності сушіння сільськогосподарських матеріалів. Монографія. – Луцьк: ЛДТУ, 2002. – 165с.
4. Забродоцька Л.Ю. Дослідження та вдосконалення процесу сушіння вороху насіння трав: Монографія / Л.Ю. Забродоцька, Р.В. Кірчук. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2013. – 164 с.
5. Котов Б.І. До питання зниження енергоємності процесів сушіння зерна / Б.І. Котов, В.О. Лісецький // Перспективи розвитку механізації, електрифікації та технічного сервісу сільськогосподарського виробництва: матеріали міжнародної науково-технічна конференція. – Глеваха: ІМЕСГ, ІТС. – 1996. – С. 67.
6. Котов Б.І. Застосування імпульсно-періодичних режимів вентилявання при реалізації енергоощадної двостадійної технології сушіння зерна / Б.І. Котов, Р.А. Калініченко // Електрифікація та автоматизація сільського господарства: науково-виробничий журнал. – К, 2003 р. – № 2. – С. 69–74.
7. Котов Б.І. Аналітичне визначення динамічних тепловологісних режимів зерносушарок безперервної дії / Б.І. Котов, Р.А. Калініченко, М.І. Липунов // Конструювання, виробництво та експлуатація с.-г. машин.- Кіровоград, 2012. – №42. – с. 340 – 346.
8. Didukh V. Investigation of vibrating temperature process efficiency when drying agricultural materials / V.Didukh, R Kirchuk. Commission of motorization and energetics in agricultural. VolumeII. Lublin-2002,р.46-51.
9. Лыков А.В. Теория сушки. М., «Энергия», 1968. 472с. ил.

Рецензент д.т.н. В.Ф. Дідух

УДК 631.362.3

© Б.І. Котов, д. т. н.

Вінницький національний аграрний університет

© С.П. Степаненко к.т.н.

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

ЗАКОНОМІРНОСТІ РУХУ ЧАСТИНОК В ПНЕВМОГРАВІТАЦІЙНОМУ СЕПАРАТОРІ ПРИ ЗМІННІЙ ШВИДКОСТІ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ

Наведений математичний опис руху частинок зернової суміші в камері гравітаційно-повітряного сепаратора при дії горизонтального потоку повітря змінної швидкості. Отримано траєкторії руху частинок з різним розміром. Теоретичними дослідженнями встановлена можливість підвищення ефективності розділення зернових матеріалів за аеродинамічними характеристиками, шляхом зміни швидкості горизонтального потоку в напрямку руху при протитечівій подачі матеріалу.

СЕПАРАТОР, ПОВІТРЯНИЙ ПОТІК, ЗЕРНІВКА, ЗМІННА ШВИДКІСТЬ ПОВІТРЯ, ТРАЄКТОРІЯ, СИЛА ОПОРУ, КОЕФІЦІЄНТ ВІТРИЛЬНОСТІ.

Постановка проблеми. Повітряно-гравітаційні сепаратори зернових матеріалів використовуються в усіх галузях переробки зернових культур [1]. Практично усі типи відомих пневматичних сепараторів поділяють зернові продукти на дві-три фракції (з урахуванням пилової частини, тобто видалення запиленого повітря). При цьому, як показано у фундаментальних працях [2-4] при застосуванні вертикального каналу отримати регламентовану чистоту готового продукту практично неможливо. Закономірності руху матеріалу в горизонтальних потоках повітря досліджено недостатньо. Тому визначення параметрів і траєкторій руху частинок з різними властивостями на основі спрощених формул залишається актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відома достатня кількість наукових публікацій з питань дослідження руху зернового матеріалу в каналах зерносепараторів [2-8]. В роботі [4] розглянуто процеси переміщення частинок у вертикальному циліндричному каналі; в роботі [5] процеси сепарації у зигзагоподібному кільцевому каналі.

В роботі [6] отримані спрощені формули для визначення параметрів руху часток в нахиленому каналі .

В роботі [7] доведена ефективність попереднього розташування зерна перед подачею у горизонтальний повітряний канал. Але аналіз закономірностей руху часток в горизонтальному потоці при змінній швидкості повітря залишилися поза увагою.

Мета дослідження. Підвищення ефективності сепарування зернових сумішей шляхом визначення закономірностей переміщення часток в пневмогравітаційному сепараторі при дії повітряного потоку змінної швидкості.

Результати дослідження. Розглянемо прямокутний повітряний канал, площа поперечного перетину якого змінюється лінійно в напрямку руху горизонтального повітряного потоку. Вектор швидкості повітряного потоку V_0 приймаємо сталим і спрямованим вздовж стінок каналу. Траєкторію польоту часток будемо розглядати в прямокутній системі координат XOY (рис.1).

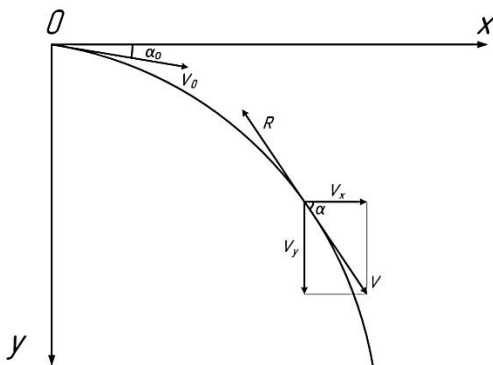


Рис. 1 - Розрахункова схема сепарації

Силу опору середовища руху частки запишемо у вигляді [2]:

$$R = \frac{1}{2} \cdot C(Re) \cdot \rho \cdot S \cdot (V_a + V_r)^2 \quad (1)$$

де $C(Re)$ – коефіцієнт аеродинамічного опору, як функція числа Рейнольдса;

ρ - густина повітря;

S – площа міделевого перетину частки;

V_r – швидкість руху частки;

V_a – швидкість повітряного потоку.

Враховуючи, що коефіцієнт опору залежить від форми частки, а величина S – від її орієнтації в напрямку руху, використовуємо для визначення сили взаємодії частки з рухомим повітряним потоком змінної швидкості $V(x)$ коефіцієнт вітрильності K_n .

Тоді рівняння (1) перепишемо у вигляді

$$R_x = K_n \cdot m \left[v(x) + \dot{x} \right]^2, \quad (2)$$

$$R_y = K_n \cdot m \cdot \dot{y}^2,$$

де $\dot{y} = \frac{dy}{dt}$ $\dot{x} = \frac{dx}{dt}$

Величина коефіцієнта K_n визначається експериментально в залежності від швидкості витання $V_{\text{вум}}$

$$K_n = \frac{q}{V_{\text{вум}}^2}.$$

Диференціальні рівняння руху частки в проєкціях на вісі Ox та Oy запишемо у вигляді:

$$m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = -R_x \cdot \cos \alpha; \quad (3)$$

$$m \cdot \frac{d^2y}{dt^2} = mg - R_y \cdot \cos \alpha; \quad (4)$$

$$v \cdot \cos \alpha = \frac{dx}{dt}; \quad v \cdot \sin \alpha = \frac{dy}{dt}; \quad (5)$$

$$v = \sqrt{\left(v_a + \frac{dx}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} \right)^2}, \quad v_a = v_a(x). \quad (6)$$

Подача матеріалу в канал сепаратора відбувається під кутом α_o до горизонту з початковою швидкістю V_o . Проєкції швидкості вводу часток в канал матимуть значення:

$$V_{ox} = v_o \cos \alpha_o, \quad V_{oy} = v_o \sin \alpha_o. \quad (7)$$

Початковий рух частки відбувається назустріч горизонтальному потоку повітря.

Швидкість повітря в горизонтальному напрямку в першому наближенні приймаємо змінною вздовж напрямку руху за лінійним законом:

$$v_a(x) = v - a \cdot x, \quad (8)$$

де a, ϵ – сталі коефіцієнти.

При цих припущеннях рух частки описується системою двох зв'язаних нелінійних диференціальних рівнянь:

$$\frac{d^2x(t)}{dt^2} = k_n \left(\frac{dx(t)}{dt} + \epsilon - ax \right) \sqrt{\left(\frac{dx}{dt} + v(x) \right)^2 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2}, \quad (9)$$

$$\frac{d^2y(t)}{dt^2} = q - k_n \frac{dy}{dt} \sqrt{\left(\frac{dx}{dt} + v(x) \right)^2 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2}. \quad (10)$$

Початкові умови до системи рівнянь (9) і (10) запишемо у вигляді:

$$t = 0; x = y = 0; \dot{x}(0) = x_o; \dot{y}(0) = y_o; \dot{x}_o = v_{ox}; \dot{y}_o = v_{oy} \quad (11)$$

В прийнятій системі координат проекції руху часток є розв'язком системи рівнянь (9-10) при початкових умовах (11). Результати розв'язку проведеного числовим методом в програмному середовищі Math CAD наведено на рис.2 і рис. 3 та рис.4 у вигляді траєкторій руху часток з зрізними значеннями коефіцієнтів вітрильності K_{Π} , якими характеризуються різні аеродинамічні властивості окремих зернин (вага, розмір).

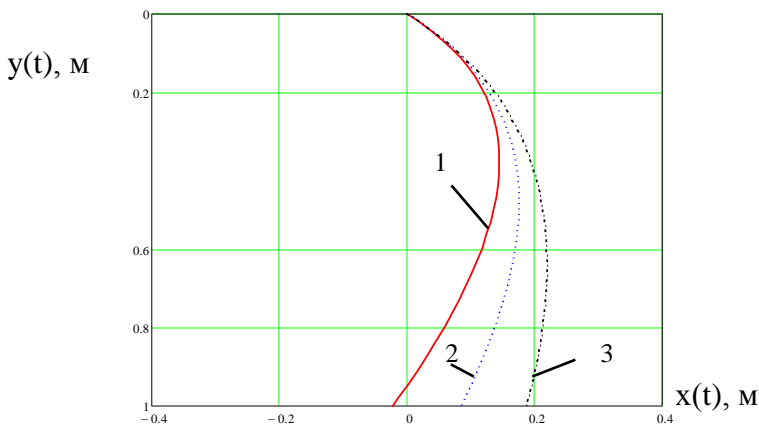


Рис.2 - Траєкторії руху фракцій при незмінній швидкості повітряного потоку: 1 – $K_{\Pi} = 0,212$; 2 – $K_{\Pi} = 0,174$; 3 – $K_{\Pi} = 0,174$.

Аналіз отриманих результатів показує, що використання зустрічного повітряного потоку зі змінною в напрямку руху швидкістю дозволяє суттєво збільшити величину розщеплення траєкторій руху часток і відповідно ефективність сепарації зернового матеріалу. В порівнянні з сепараторами які використовують вертикальні пневмоканили ефективність поділу зернового матеріалу збільшується на 20-24 %.

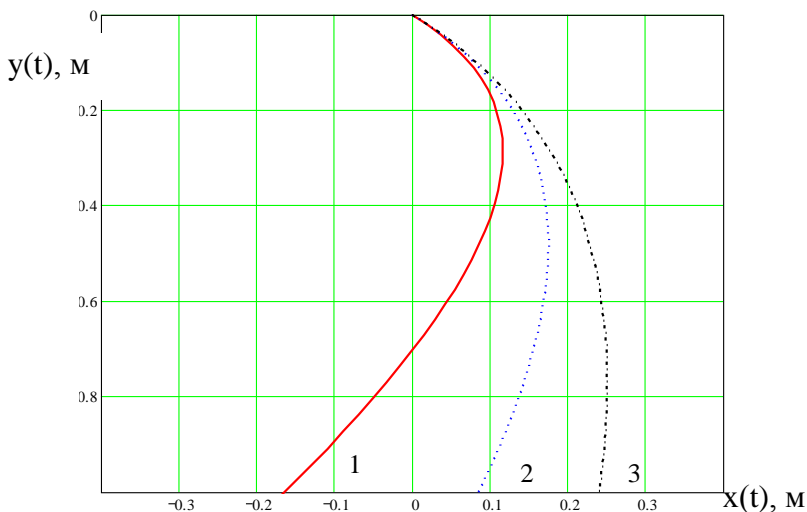


Рис.3 – Траєкторії руху фракцій при лінійному змінненні швидкості повітряного потоку по висоті: 1 – $K_{\Pi} = 0,212$; 1 – $K_{\Pi} = 0,174$; 1 – $K_{\Pi} = 0,174$.

Висновки. В результаті аналізу проведених теоретично досліджень встановлена можливість підвищення ефективності розділення зернових матеріалів за аеродинамічними характеристиками, шляхом зміни швидкості горизонтального потоку в напрямку руху при протитечієвій подачі матеріалу.

Література

1. Бурков А.И. Зерноочистительные машины. Конструкция, расчет, испытания. / А.И. Бурков, Н.П. Сычугов // - Киров. НИИСХ СВ. – 2000. – 261 с.

2. Малис А.Я. Машины для очистки зернавоздушным потоком / А.Я. Малис, А.Р. Демидов // – М. Машгиз. 1962. – 240 с.
3. Нелюбов А.О. Пневмосепарирующие системы сельскохозяйственных машин / А.О. Нелюбов, Е.Ф. Ветров//. – М. – Машиностроение. – 1977. – 192 с.
4. Колодій О.С. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів пневмогравітаційного сепаратора насіння соняшника / О.С. Колодій // Автореф. дис. канд. техн. наук. – Мелітополь, ТДАУ. – 2015. – 23 с.
5. Степаненко С.П. Дослідження процесу пневматичної сепарації насіння в кільцевому зигзагоподібному сепараторі / С.П. Степаненко // Вісник ХНУСГ. – Харьков. – 2008. – Вип.75, т.1. – С. 59-65.
6. Бакум М.В. До обґрунтування ефективності використання пневматичного сепаратора з нахиленим повітряним каналом для сепарації насінневих сумішей / М.В. Бакум, М.М. Крекот, М.М. Абдуєв та інш. // Вісник ХНУСГ. – Харьков. – 2010. – Вип.103. – С. 267-274.
7. Єрмак В.П. Шляхи збільшення ефективності сепарування насіння у горизонтальному повітряному потоці /В.П. Єрмак // Зб.наук.праць ЛНАУ. – Луганськ, 2004. - №42. – С.66-72.
8. Гортинский В.В. Вопросы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях / В.В. Гортинский, А.Б. Демский, М.А. Борискин // - М. – Колос. – 1980. – 304 с.

УДК 671.112.051

© Ю.Ф. Лачуга, д.т.н., М.М. Ковалев, д.т.н., А.П. Апыхин, к.т.н.
Всероссийский научно-исследовательский институт механизации
льноводства

© Н.Н. Толстушко, к.т.н., А.В. Назаривский
Луцкий национальный технический университет

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТРЯСИЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ ОБЕСКОСТРИВАНИЯ КОРОТКОГО ЛЬНОВОЛОКНА

Приведён анализ работы трясильных машин в куделеприготовительных агрегатах. Предложена комбинированная трясильная машина с нижними и с верхними гребенными валиками.

ОТХОДЫ ТРЕПАНИЯ, КУДЕЛЕПРИГОТОВИТЕЛЬНЫЙ АГРЕГАТ, ТРЯСИЛЬНАЯ МАШИНА, ГРЕБЕННЫЕ ВАЛИКИ, КОСТРА, КОРОТКОЕ ВОЛОКНО.

Постановка проблемы. В настоящее время основной причиной, ограничивающей расширение сферы использования короткого волокна, является его невысокое качество вследствие значительного содержания костры и сорных примесей. По действующим требованиям в коротком волокне допустимая массовая доля костры и сорных примесей составляет 29% [1, 2]. Поэтому снижение заостренности короткого волокна – задача актуальная.

Анализ последних исследований и публикаций. Куделеприготовительные агрегаты предназначены для получения короткого волокна из отходов трепания, а также из тресты низкого качества и путанины. Они включают в себя машины по формированию слоя, отделению присушенной и удалению несвязанной костры [1-4]. В известных исследованиях и публикациях мало проанализированы тенденции развития трясильных машин для обескостривания короткого льноволокна.

Цель исследования – проанализировать тенденции развития трясильных машин для обескостривания короткого льноволокна.

Результаты исследования. Во всех известных серийных куделеприготовительных агрегатах (рис. 1) для удаления несвязной костры используются трясильные машины, технологический эффект в которых получается в результате встряхивающих воздействий на материал со стороны гребенных валиков. На рис. 1 представлены принципиальные схемы куделеприготовительных агрегатов короткого льноволокна: а – Этрих III (Германия); б – КПАЛ (Россия); в – АКЛВ-1 (Россия); г – КПАЛ-И (Россия); д – Demaitere (Бельгия). Здесь: 1 – питающий конвейер; 2 – трясильная машина с нижним гребенным полем; 3 – слоеформирующий механизм; 4 – вальцовая мяльная машина; 5 – трепальная машина; 6 – трясильная машина с верхним гребенным полем; 7 – трепально-очистительная машина; 8 – механизм деления слоя.

Необходимо отметить, что технология, используемая в куделеприготовительных агрегатах, была предложена в 1913 году немецким инженером Этрихом (рис.1, а). С этого времени совершенствование куделеприготовительных агрегатов заключалось в устранении конструктивных недостатков, выявленных при их эксплуатации. Технологический процесс оставался неизменным, что позволяет говорить о том, что схема Этриха была достаточно логически верной, а текстильное производство приспособилось к качеству и цене короткого волокна и заказов по совершенствованию

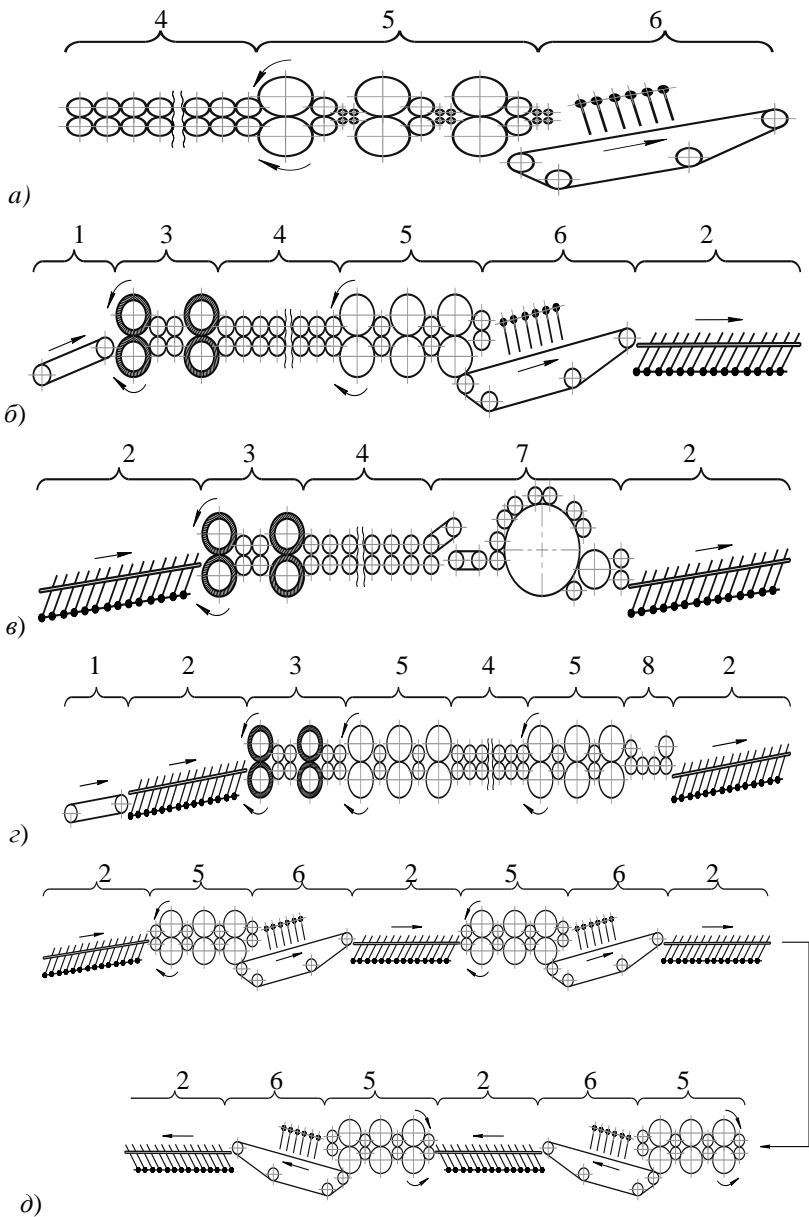


Рис. 1 – Принципиальные схемы куделеприготовительных агрегатов короткого льноволокна

технологии производства короткого волокна не формулировало [2, 3].

Известны трясильные машины двух типов – с нижним (рис. 2, а) и с верхним (рис. 2, б) гребенным полем, различающиеся расположением гребенных валиков относительно обрабатываемого материала.

В машинах с нижним гребенным полем поступательное перемещение материала осуществляется за счет асимметричного расположения угла размаха игл относительно колосниковой решетки, а в машинах с верхним гребенным полем такое перемещение материала достигается за счет движения колкового конвейера.

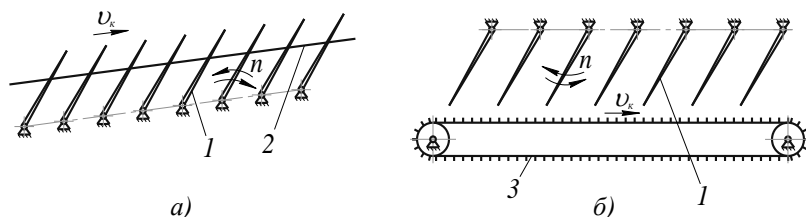


Рис. 2 – Принципиальные схемы трясильных машин с нижним (а) и верхним (б) гребенным полем: 1 – гребенной валик; 2 – колосниковая решетка; 3 – колковый конвейер.

Расположение трясильных машин в поточных линиях предопределяется их конструктивными особенностями. Машины с нижним гребенным полем устанавливаются в начале линии, поскольку верхняя часть в них открыта для приема дезориентированных волокнистых комплексов, поступающих от мяльно-трепального агрегата.

Отходы трепания, поступающие от мяльно-трепального агрегата на трясильные машины, имеют содержание костры до 70%, с большой неравноотой по плотности, малой инерционностью и значительной упругостью волокон. При этом толщина слоя отходов трепания составляет 150...300 мм при вылете игл валиков над плоскостью колосниковой решетки 48...102 мм [3]. Поэтому верхний слой отходов трепания оказывается вне зоны воздействия игл и не обрабатывается. Вместе с тем эти машины хорошо выравнивают слой по плотности, поэтому установка трясильной машины с нижним гребенным полем вначале куделеприготовительного агрегата (рис. 1, в, г, д) является рациональным решением.

Трясильные машины с верхним гребенным полем применяются для обогащенных (с малой закоротченностью) отходов трепания, обычно после трепальной секции.

Существенным недостатком трясильных машин с верхним гребенным полем является высокая вероятность повреждения и разрыва волокон в процессе обескостривания отходов трепания. Схема взаимодействия конца иглы с волокном, размещенным на планчатом транспортере, при положительной разводке ($\Delta = 2 \dots 15 \text{ мм}$) между иглами валиков и конвейера, представлена на рис. 3.

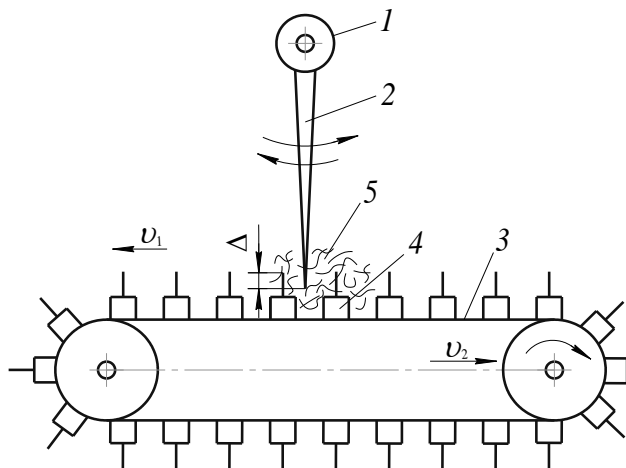


Рис. 3 – Схема взаимодействия конца иглы с волокном на планчатом транспортере: 1 – гребенный валик; 2 – игла; 3 – планчатый транспортер; 4 – планка с иглами; 5 – волокно.

Игла совершает 615...655 качаний в минуту, что соответствует линейной скорости конца иглы $v_1=347 \dots 370 \text{ м/мин}$. Линейная скорость планчатого транспортера $v_2=38 \text{ м/мин}$. В связи с этим при качании иглы в фазе, обратной движению транспортера, скорость воздействия иглы и транспортера на волокно составит 408 м/мин или 6,8 м/с, с периодичностью изменения вектора скорости иглы 11 раз/с. Поэтому волокна, зафиксированные в двух точках (игла транспортера и игла валика) разрываются.

Следует отметить, что на начальном этапе создания куделеприготовительных агрегатов предпочтение отдавалось

трясильным машинам с верхним расположением игольчатых валиков (рис. 1, а). Однако с учетом опыта эксплуатации и выявленных технологических недостатков при создании наиболее массового куделеприготовительного агрегата КПАЛ (рис. 1, б) в состав агрегата были включены трясильные машины и с верхним, и с нижним гребенными полями.

Таким образом, анализ показал, что на практике в поточных линиях получения короткого волокна обе машины используются одинаково успешно, вследствие чего предпочтение какой-то из них отдать невозможно.

Для выявления эффективности применения технологической операции трясения были выполнены эксперименты по определению степени обескостривания волокнистой массы с использованием наиболее распространённых агрегатов КПАЛ (рис. 1, б) и КПАЛ-И (рис. 1, г).

Эксперименты проводили с отходами трепания, полученными из переработки льнотресты № 0,75, с низкой пригодностью (0,7...0,68), крепостью 40...60Н, повышенной засоренностью и влажностью 6,9...8,4%. Результаты эксперимента показаны в таблице 1.

Анализ эксперимента показал низкую эффективность трясильных машин в технологической схеме агрегата КПАЛ: с верхним расположением гребенных валиков 2,5...7,3%; с нижним расположением гребенных валиков 1,3...1,9%.

Для повышения эффективности обеспечения отходов трепания была предложена новая технологическая схема получения короткого волокна, реализованная в модернизированном агрегате КПАЛ. Результаты сравнительных экспериментов приведены в табл. 2.

Проведенные исследования и производственная проверка оборудования показали, что применение трясильной машины с верхним расположением гребенных валиков оказалось малоэффективным. Удаление насыпной костры не превысило 1%.

Параллельно со сравнительными испытаниями разных модификаций агрегатов КПАЛ осуществлялся контроль состояния волокнистой массы в агрегате КПАЛ-И после прохождения ею трясильных машин с нижним расположением гребенных валиков (рис. 1, з). Контролю подвергались отходы трепания, полученные из тресты нормальной вылежки №1,25. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 1 – Удаление костры на трясильных машинах в агрегате КПАЛ

Наименование частей агрегата КПАЛ	Засоренность тресты, %					
	15			24		
	общее	насыпной +примеси	присущенной	общее	насыпной +примеси	присущенной
1	2	3	4	5	6	7
Колковый питатель	42	15,3	26,7	48,3	19,6	28,7
Трясильная машина с верхними игольчатыми валиками	28,9	–	–	29,1	–	–
Трясильная машина с нижними игольчатыми валиками	27	8,5	18,5	27,8	12,5	15,3
Абсолютное удаление костры, %	15	6,8	8,2	20,5	7,2	13,4

Таблица 2 – Абсолютное удаление костры и примесей куделеприготовительными агрегатами

Трясильные машины	Абсолютное удаление костры и примесей агрегатами, %			
	КПАЛ		модернизированный КПАЛ	
	при засоренности тресты, %			
	15	24	15	24
Трясильная машина: - с верхними гребенными валиками; - с нижними гребенными валиками	2,5	7,3	0,7	1
	1,9	1,3	4,4	4,5

Таблица 3 – Контроль отходов трепания в агрегате КПАЛ-И, полученных из тресты нормальной вылежки №1,25

Наименование	Содержание костры, %			% удаления костры
	общее	насыпная + сорняки	присушистая	
Агрегат КПАЛ-И (рис.1, з) Питающий транспортер	41,3	16,6	24,7	–
Первая трясильная машина	34,7	13,6	21,1	6,6
Вторая трясильная машина	13,7	6,4	7,3	1,7
Абсолютное удаление костры агрегатом	27,6	10,2	17,4	–

Экспериментом установлено, что агрегат КПАЛ-И обеспечивает высокий процент обескостривания отходов трепания – 27,6%, при конечной закостренности волокна 13,7%, что соответствует требованиям ГОСТ 9394-76 (волокно льняное короткое), для волокна №6. Высокий процент удаления несвязной костры достигнут в первой трясильной машине с нижним расположением гребенных валиков – 6,6%.

Исследованиями [4] было выявлено влияние типа куделеприготовительного агрегата на качество получаемого короткого волокна. Результаты оценки показаны в табл. 4.

С точки зрения качества обработки лучшие результаты получены на агрегате КПАЛ-И, что подтверждает вывод о рациональности технологического процесса.

Анализируя технологический процесс в агрегате Demaitere необходимо отметить, что он содержит четыре одинаковых модуля (рис. 1, д). Каждый модуль включает трепальную секцию и две трясильные машины, при этом на входе в первый модуль установлена дополнительная трясильная машина типа ТГ-135Л.

Таким образом, в ходе обработки отходов трепания происходит четырехкратное переформирование (сгруживание, вытяжка) волокнистой массы с неизбежным повреждением волокон. Это выражается в значительном снижении разрывной нагрузки скрученной ленточки, что является причиной снижения номера

короткого волокна с №6 до №4, и существенно сужает сферы его использования для производства конкурентоспособных изделий.

Таблица 4 – Результаты переработки отходов трепания разными куделеприготовительными агрегатами

Наименование показателей	Отходы трепания	Короткое волокно агрегаты:			
		КПАЛ	КПАЛ-И	АКЛІВ-І	Demaitere
		Разрывная нагрузка скрученной ленточки, Н	232	204	184
Массовая доля костры и сорных примесей, %	44	16	13	8	6
Номер короткого льноволокна	–	6	6	2	4

Необходимо отметить также, что последовательная установка трясильных машин в куделеприготовительных агрегатах приводит к увеличению их габаритов, материало- и энергоёмкости.

На основе проведенного анализа работы известных трясильных машин во ВНИИМЛ предложено новое техническое решение для удаления несвязной костры из отходов трепания (рис.4).

Трясильная машина имеет раму 1, привод 2 и нижнюю колосниковую решетку 3. Основная отличительная особенность предложенной машины заключается в том, что она дополнительно снабжена верхней колосниковой решеткой 4, установленной с возможностью перемещения в вертикальной плоскости относительно нижней колосниковой решетки 3, и верхними гребенными валиками 5, расположенными над верхней колосниковой решеткой 4, параллельно нижним гребенным валикам 6 со смещением / относительно их осей поворота. При этом колебания верхних 5 и нижних 6 гребенных валиков совпадают по фазе и синхронны, что обеспечивается специальным приводом 2 (показан частично). Зазор между концами игл нижних 3 и верхних 4 гребенных валиков не менее 10 мм.

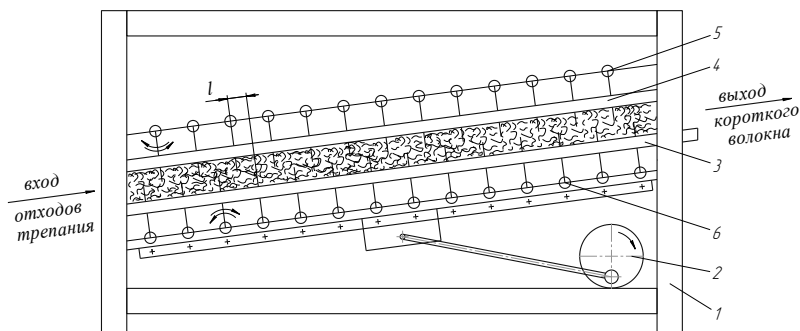


Рис. 4 – Принципиальная схема перспективной трясильной машины для удаления несвязной костры из отходов трепания

Отходы трепания пневмотранспортером подаются на нижнюю колосниковую решетку 3 и заполняют пространство, ограниченное верхней колосниковой решеткой 4. Под воздействием игл нижних 6 и верхних 5 гребенных валиков, которые совершают колебательные движения от привода 2, волокнистая масса начинает интенсивно встряхиваться. Костра и другие примеси через нижнюю колосниковую решетку 3 проваливаются вниз, в приёмный бункер, и удаляются системой пневмотранспорта. Комбинированное воздействие нижних 6 и верхних 5 гребенных валиков на обрабатываемый материал обеспечивает высокоэффективное его обескостривание.

Выводы:

1. Обескостривание отходов трепания с применением трясильных машин является неотъемлемой частью технологического процесса получения короткого волокна.

2. Место установки трясильных машин и эффективность их работы определяется схемой технологического процесса, реализованного в той или иной конструкции куделеприготовительного агрегата.

3. Для удаления несвязной костры, а также механизации загрузки отходов трепания, перед питателем куделеприготовительного агрегата целесообразно устанавливать трясильную машину с нижними гребенными валиками.

4. Применение трясильных машин с верхними гребенными валиками в куделеприготовительных агрегатах, с технологической схемой обработки отходов трепания подобной агрегату КПАЛ-И, нецелесообразно, ввиду её низкой эффективности.

5. В ближайшей перспективе трясильные машины с верхними и нижними гребенными валиками останутся основными в куделеприготовительных агрегатах удаления несвязной костры.

6. Для повышения эффективности удаления насыпной костры, уменьшения габаритов и материалоемкости необходимо создать комбинированную трясильную машину с нижними, и с верхними гребенными валиками.

Литература

1. Ковалёв М.М. Направления инновационной деятельности в льняном комплексе России: мат. Междунар. науч.-практич. конф. 27-28 июня 2013г. РУП Институт льна НППЦ НАН Беларуси по земледелию. – Могилев, 2013. – 224 с.

2. Дьячков В.А. Теоретические основы технологии производства лубяных волокон: монография. – Кострома: Изд-во Костром. гос. технол. унив-та, 2009. – 271 с.

3. Сидоров М.И. Общая технология переработки лубяных волокон / М.И. Сидоров, В.Н. Храмцов, З.Ф. Алексеева. – М.: Лёгкая индустрия, 1980. – 320 с.

4. Чеботарёв В.П. Сравнительный анализ оборудования для получения короткого льноволокна, применяемого на льнозаводах республики / В.П. Чеботарёв, В.М. Изоитко, А.Е. Лукомский, С.Г. Кривонос, А.В. Новиков: матер. Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 19-20 окт. 2012г.). Т.1. – Минск: НППЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2012. – 332 с.

УДК 631.35: 633.521

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

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЗБИРАННЯ СТЕБЕЛ КОНОПЛІ

У статті виконано аналіз технології збирання стебел коноплі після збирання насіння зернозбиральним комбайном та запропоновано конструкцію пристрою для збирання стебел коноплі.

ТЕХНОЛОГІЯ ЗБИРАННЯ, КОНОПЛЯ, СТЕБЛО.

Постановка проблеми. Підвищений комерційний інтерес до продукції з конопель потребує удосконалення існуючих та створення нових технологій її збирання. Для реалізації технологій використовується комплекс технічних засобів. Розвиток технологій збирання коноплі не можливий без впровадження сучасних технічних засобів у технологічні процеси.

Серед 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. Застосування ґрунтообробних котків та роторних граблів для збирання стеблової частини коноплі є причиною утворення нерівномірного валка з хаотичним розміщенням стебел у ньому, що ускладнює формування рулонів прес-підбирачем. А тому розробка та впровадження нових високопродуктивних засобів механізації збирання стебел коноплі в межах даної технології є перспективним напрямком досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Технології збирання коноплі можна умовно поділити на традиційні та прогресивні [1]. До традиційних технологій належить роздільна та комбайнова технології збирання коноплі на насіння та волокно, а також збирання зеленцевої коноплі на волокно [2, 3, 4, 5]. До прогресивних технологій належать технологія збирання коноплі зернозбиральними комбайнами, технологія збирання коноплі «Alpha» [4], технологія збирання коноплі кукурудоззбиральним комбайном з попереднім відчісуванням [6].

Для збирання стебел коноплі після зернозбиральних комбайнів використовуються різні способи. Зокрема, спосіб збирання стебел конопель, що містить операції зламування стебел ґрунтообробними котками, згрібання стебел у валок роторними граблями та формування рулонів з валка прес-підбирачем [7]. Недоліками цього способу є необхідність застосування окремого агрегату для виконання кожної операції, нерівномірність сформованого валка та хаотичність розміщення стебел у ньому, що ускладнює формування рулонів з валка прес-підбирачем.

Мета дослідження – розробити конструкцію пристрою для збирання стебел коноплі, що забезпечить зламування стебел, утворення рівномірного валка з паралельним розміщенням стебел у ньому, спростить формування рулонів з валка прес-підбирачем та покращить якість отриманої сировини.

Результати дослідження. Альтернативою традиційній технології збирання коноплі на волокно і насіння є використання зернозбиральних комбайнів [7]. Значна висота стебел коноплі та

наявність в них високоміцного волокна обумовлює вимоги до висоти піднімання жатки зернозбирального комбайна, яким відповідають як комбайни відомих світових виробників «Claas», «Case», «John Deere», «Massey Ferguson», так і вітчизняних, зокрема «Дніпро-350».

Після збирання насіння коноплі зернозбиральним комбайном зрізана частина стебел залишається на полі до весни. Під впливом кліматичних факторів за цей період відбувається відділення волокон та підгнивання прикореневої частини рослин коноплі, що дає можливість збирати їх шляхом зламування. Збирання таких стебел можна виконувати з використанням сільськогосподарських машин загального призначення. Зокрема, для реалізації даної технології використовують комплекс машин загального призначення: модернізований водоналивний каток для зламування стебел та проминання їх у валку, роторні граблі (рис. 1) для зламування стебел і формування валків, рулонний прес-підбирач (рис. 2) для формування рулонів.



Рис. 1 – Збирання стебел коноплі роторними граблями

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. Наявна технологія має також і недоліки. Зокрема, нерівномірність валка, сформованого роторними граблями, та хаотичність розміщення стебел ускладнює виконання наступної операції – формування рулонів з валка прес-підбирачем.



Рис. 2 – Формування рулонів стебел прес-підбирачем

Запропонований пристрій для збирання стебел конопель після осінньо-зимового приготування трести забезпечить утворення рівномірного валка паралельно розміщених стебел, а отже покращить якість сформованих рулонів.

Схема пристрою для збирання стебел конопель зображена на рис.3.

Пристрій містить раму 1, зварену із круглих труб, карданну передачу 2, ланцюгову передачу 3, конічний редуктор 4, ведучий шків 5, вал 6, шків 7, паси 8, 9 з пальцями 10, ведені шківів 11, 12 та натяжні пристрої 13, 14. Пальці 10 розміщені на пасах 8 та 9 в шаховому порядку.

Пристрій для збирання стебел коноплі працює наступним чином. Рама 1 пристрою навішується на трактор, а карданна передача 2 з'єднується з валом відбору потужності. Обертання від вала відбору потужності через карданну передачу 2, ланцюгову передачу 3 та конічний редуктор 4 передається на ведучий шків 5, що жорстко з'єднаний за допомогою вала 6 зі шківом 7. На ведучому шківі 5 та шківі 7 встановлено паси 8 та 9, натяг яких забезпечується натяжними пристроями 13 та 14 ведених шківів 11 та 12 відповідно. Під час переміщення пристрою по полі стебла коноплі потрапляють між пальці 10 пасів 8 та 9, затискаються між пальцями 10, зламуються в прикореневій частині, транспортуються та розстеляються збоку від пристрою, формуючи рівномірний валок паралельно розміщених стебел.

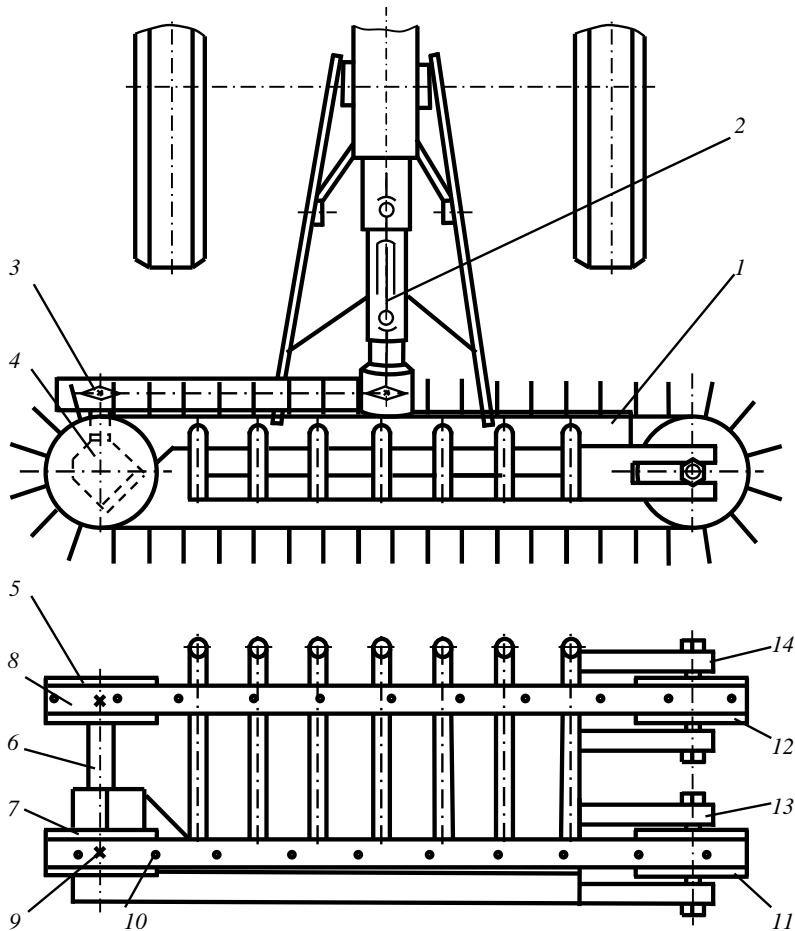


Рис. 3 – Пристрій для збирання стебел конопель

Висновки. Технології збирання стебел коноплі після збирання насіння зернозбиральним комбайном дозволяє повністю виключити ручну працю під час проведення збиральних робіт, проте хаотичність розміщення стебел після формування валка роторними граблями ускладнює виконання наступної операції – формування рулонів з валка прес-підбирачем.

Завдяки застосуванню запропонованого пристрою для збирання стебел конопель зменшується нерівномірність валка та

підвищується паралельність розміщення стебел в ньому. Це, в свою чергу, спрощує формування рулонів з валка прес-підбирачами та покращує якість отриманої сировини.

Література

1. Налобіна О.О. Огляд технологій та технічних засобів для збирання коноплі / Налобіна О.О., Герасимчук О.П., Ковальчук Р.В. // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. – 2016. – Вип. 34. – С. 83-94.

2. 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.

3. 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.

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

5. 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.

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

7. Патент України 47837 UA, МПК А01D 91/00. Спосіб збирання стебел конопель після збирання насіння зернозбиральним комбайном / П.А. Голобородько, Р.Н. Гілязетдінов, О.П. Рябченко, П.В. Лук'яненко, В.І. Макаєв, О.А. Примаков; заявник і патентовласник Інститут луб'яних культур УААН. – № u200909179; заяв. 07.09; опубл. 25.02.10, Бюл. №4.

УДК 664.723

© С.Г.Панасюк, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ СУШІННЯ ЗЕРНА ТА КАЧАНІВ КУКУРУДЗИ

Приведено аналітичні залежності для визначення швидкості сушіння зерна та качанів кукурудзи. Висвітлено результати експериментальних досліджень, що дають змогу встановити параметри, які впливають на швидкість сушіння качанів кукурудзи.

СУШІННЯ, КАЧАН КУКУРУДЗИ, ЗЕРНО, ВОЛОГОВІСТЬ, ВОЛОГОПРОВІДНІСТЬ, ШВИДКІСТЬ СУШІННЯ.

Постановка проблеми. Вміст вологи в зерні кукурудзи визначає терміни його зберігання. У зерні високої вологості створюються сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів, активується процес дихання, прискорюється обмін речовин, що в кінцевому результаті викликає втрату якісних та кількісних показників. Тривале зберігання зерна кукурудзи можливе при введенні його у стан анабіозу, при якому процеси життєдіяльності зерна будуть загальмовані або сповільнені. Стійкого до зберігання стану можна добитися зниженням вологості зерна шляхом сушіння.

Сушіння зерна кукурудзи є досить складним тепломасообмінним процесом. Щоб розкрити його сутність, а також виявити вплив на якісні характеристики зерна, необхідно враховувати будову, хімічний склад зернини, а також види зв'язку вологи в зернині.

Крім того, сушіння вимагає великих витрат енергії і є дорого вартісним процесом. Зменшити витрати на сушіння дозволить врахування особливостей будови зерна кукурудзи, дослідження процесу тепломасообміну в шарі зерна та правильний вибір режимів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженню процесу конвективного сушіння зерна та качанів кукурудзи присвячені роботи С.Д.Птіцина, М.Г.Голіка, В.С.Уколова, В.І.Атаназевича, С.Д.Черних, Н.Сулейменова, С.Р.Кіріницького та багатьох інших [1-5]. Вони дозволили встановити технологічні параметри процесу сушіння в нерухомому товстому шарі, вплив температури сушильного агента на тривалість сушіння.

На теперішній час розроблено багато рекомендацій щодо технології та режимів сушіння зерна кукурудзи різного призначення. Разом з тим існує необхідність пошуку шляхів зниження енерговитрат

на проведення процесу з врахуванням особливостей сушіння зерна та качанів кукурудзи.

Мета дослідження – провести дослідження швидкості сушіння зерна та качанів кукурудзи з метою встановлення шляхів зниження енерговитрат на проведення процесу.

Результати дослідження. Головна особливість сушіння зерна кукурудзи полягає у його низькій вологовіддачі порівняно із зерном інших зернових культур, яка обумовлена будовою та хімічним складом зерна. Волога в зернині розподіляється нерівномірно і її кількість змінюється залежно від ступеню зрілості зерна. Структура плодової оболонки зерна кукурудзи дуже щільна, що перешкоджає випаровуванню вологи.

Випаровування вологи із зерна кукурудзи проходить переважно через зародок, розташований біля основи зернини у місці її кріплення до стрижня [2]. У кожній зернині відбуватиметься процес видалення вологи аналогічно об'ємним тілам (рис. 1).

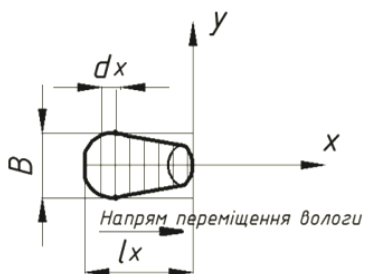


Рис. 1 – Схема переміщення вологи у зерні кукурудзи

Вологовміст зернини в зоні сушіння визначатиметься за формулою [6]:

$$X = \frac{m_{\text{вк}}}{m_{\text{сх}}}, \quad (1)$$

де $m_{\text{вк}}$ - маса вологи в зернині, кг;

$m_{\text{сх}}$ - маса сухої речовини в тій самій зернині, кг.

Для обґрунтування процесу конвективного сушіння зерна кукурудзи необхідно встановити його фізичні закономірності. У перший період сушіння буде відбуватися перерозподіл вологи

всередині зернини [7]. У результаті капілярного перенесення вологи у зону її випаровування буде виникати різниця вологовмісту у різних точках зернини. Для цього періоду сушіння процес вологоперенесення можна виразити диференційним рівнянням:

$$\frac{d^2 X}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{dX}{dr} = \frac{1}{\chi} \frac{dX}{d\tau}, \quad (2)$$

де r – середній радіус зернини, м;

χ – коефіцієнт вологопровідності, м²/год;

τ – час сушіння, год.

Вологовміст зерна кукурудзи в певний період часу, враховуючи його початковий вологовміст, можна отримати з розв'язку рівняння (2), попередньо прийнявши швидкість випаровування вологи з поверхні матеріалу сталою величиною:

$$X = X_0 - \frac{g_{D1}}{2\chi\gamma \cdot r'} r^2 - \frac{3g_{D1}}{\gamma \cdot r'} \tau, \quad (3)$$

де γ – об'ємна вага сухого матеріалу, кг/м³;

r' – радіус найвіддаленішої точки зернини, м,

g_{D1} – швидкість сушіння зерна кукурудзи у першому періоді, яка визначиться, як:

$$g_{D1} = -\chi\gamma \left[\frac{dX}{dr} \right] \quad (4)$$

Для цього періоду характерним є те, що швидкість сушіння є величиною постійною.

У другому періоді сушіння волога у вигляді пари буде дифундувати всередині зернини та переміщатися у зону випаровування. Швидкість сушіння буде поступово падати.

При сушінні качанів кукурудзи їх слід розглядати як двокомпонентні тіла. Особливості будови качанів кукурудзи при їх сушінні вимагають значних витрат сушильного агента, які залежать від різниці вологовмісту стрижня X_c і зерна X_z у місці видалення вологи із зерна.

Швидкість сушіння можна визначити за формулою [8]:

$$-\frac{dX}{d\tau} = K_c (\xi X_n - X_p), \quad (4)$$

де K_c – коефіцієнт сушіння качанів кукурудзи;

X_p – біжуче значення вологовмісту у матеріалі, кг/кг;

X_p – значення вологовмісту, яке є рівним критичному вологовмісту матеріалу у першій критичній точці, кг/кг.

Вираз для визначення коефіцієнта сушіння матиме вигляд:

$$K_c = - \frac{\ln \left(\frac{\xi X_2 - X_p}{\xi X_1 - X_p} \right)}{\Delta \tau} \quad (5)$$

де $\Delta \tau$ – час вирівнювання вологовмісту за висотою качана, год.

ξ – коефіцієнт, який враховує початкові значення вологовмісту окремих складових качана (зерна та стрижня). Його можна розрахувати за формулою:

$$\xi = \frac{X_c \cdot (1 - \lambda) + X_s \cdot \lambda}{X_s} \quad (6)$$

де X_c і X_s – відповідно початковий вологовміст стрижня та зерна качана кукурудзи, кг/кг;

λ – коефіцієнт, який враховує відношення мас зернової та незернової частин качана кукурудзи:

$$\lambda = \frac{m_s}{m_s + m_c} \quad (7)$$

де m_s і m_c – середні значення мас зерна та стрижня, кг.

З метою встановлення шляхів зниження енерговитрат на проведення процесу сушіння качанів кукурудзи було проведено дослідження швидкості сушіння цілих качанів кукурудзи, частинок качанів, довжиною співрозмірною з їх діаметром, та обрушеного зерна. За результатами проведених досліджень було отримано графічні залежності, які відображають процес їх сушіння (рис.2).

Дослідженням було встановлено, що найвищою є швидкість сушіння обрушеного зерна, а найнижчою – цілих качанів кукурудзи. Але обрушування зерна при високій початковій вологості призводить до значних механічних пошкоджень, тому необхідно проводити сушіння зерна кукурудзи в качанах. Отримані результати показали, що на швидкість сушіння впливають геометричні параметри матеріалу.

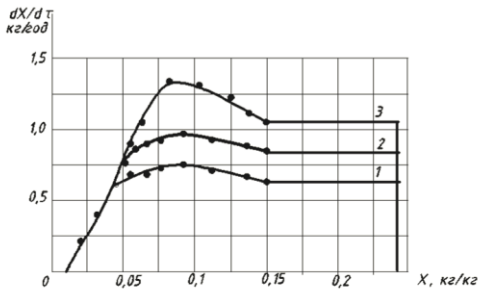


Рис. 2 – Криві швидкості сушіння: 1 – цілих качанів кукурудзи; 2 – частинок качанів довжиною, співрозмірною з їх діаметром; 3 – обрешеного зерна.

Висновки. Для зменшення енерговитрат на процес сушіння качанів кукурудзи пропонується виконувати їх попередню підготовку до сушіння шляхом поділу на частини довжиною, співрозмірною з їх діаметром. Це забезпечить збільшення площі контакту матеріалу з сушильним агентом та дозволить збільшити швидкість його сушіння.

Література

1. Атаназевич В.І., Станкевич Г.М. Сушіння зерна. – Київ: Либідь, 1997. – 352с.
2. Голик М.Г. Хранение и обработка початков и зерна кукурузы. – М.: Колос. –1968. – 331 с.
3. Кирницкий С.Р. Определение предельно допустимых температур нагрева зерна при противоточном способе сушки и переменных режимах сушки початков кукурузы // Зб. наук. праць. Т.ІХ. – К.: Видавництво НАУ, 2000. – с. 298-305.
4. Сулейменов Н. Энергосберегающий способ сушки кукурузы в початках. Автореф. дис... канд.тех наук: 05.20.01. – М.:1990 – 23 с.
5. Уколов В.С. Сушка кукурузы.- М.: Колос, 1964.
6. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. – М.: Пищевая промышленность. –1979. – 528 с.
7. Кришер О. Научные основы техники сушки. – М.: Изд-во иностранной литературы. –1961. – 535 с.
8. Дідух В.Ф., Панасюк С.Г. Дослідження технологічних параметрів процесу сушіння качанів кукурудзи // Вібрації в техніці та технологіях. №4. –2005. – С.22-23.

Рецензент д.т.н. В.Ф. Дідух

УДК 621.825.5/7

© В.О. Проценко, к.т.н., О.Ю. Клементьєва,
Херсонська державна морська академія

ШВИДКОДІЯ ЗАПОБІЖНОЇ МУФТИ З КАНАТАМИ ХОРДАЛЬНОГО РОЗТАШУВАННЯ

Запропоновано конструкцію пружно-запобіжної муфти з торцевою установкою хордально розташованих канатів. Обґрунтовано параметри швидкодії роботи муфти та сформульовані умови можливості виконання муфтою запобіжних функцій.

МУФТА, КАНАТ, ШВИДКОДІЯ, ЗАПОБІЖНІ ФУНКЦІЇ.

Постановка проблеми. Приводи всіх машин працюють в умовах динамічних навантажень, проте деякі з них можуть сприймати ще й рідкі перевантаження в рази більші за робочі, що можуть спричинити поломку машини чи її елементів. Не виключенням є сільськогосподарські машини [1], що і визначає широке розповсюдження в їх конструкціях запобіжних муфт. У випадку рідких перевантажень приводи найчастіше обладнують запобіжними пристроями з руйнівними елементами, наприклад муфтами зі зрізним штифтом [2]. Такі муфти в одинарному виконанні фактично подібні до глухих муфт [3], а в умовах сполучення неспіввісних валів вони повинні бути складовим елементом пружно-запобіжних муфт здатних виконувати одночасно і компенсуючі функції. Такі муфти, щоправда мають складну конструкцію, а відтак і високу вартість. Тому розроблення нових конструкцій пружно-запобіжних муфт, що мають просту конструкцію та здатні працювати в умовах неспіввісності, а також обґрунтування їх параметрів становить значний резерв для удосконалення приводів машин, в тому числі сільськогосподарських.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Авторами розроблена та запатентована [4] муфта з канатними пружними елементами, що здатна реалізувати запобіжні функції. Устрій цієї муфти зрозумілий з рис. 1. Муфта складається з двох напівмуфт ведучої 1 і веденої 2, що сполучені за рахунок пружних елементів, якими є канати 3, кожен з яких закріплений одним кінцем в пальці 4 встановленому у ведучій напівмуфті 1, а іншим кінцем в пальці 5 встановленому у веденій напівмуфті 2. Пальці 4 і 5 пропущені в осьові отвори 6 втулок 7 та отвори 8 фланців ведучої і веденої напівмуфт 1 і 2 та затягнуті гайками 9, що встановлені на їх різьбові кінці 10. Канати пропущені в пази чи отвори 11 втулок 7 і пази чи отвори 12 пальців 4 і 5. Гайки пальців 4 встановлені з упором на пружини 13 через шайби

14. При збільшенні моменту опору на веденій напівмуфті 2, пальці 4 ведучої напівмуфти 1 переміщуються в напрямку до веденої напівмуфти 2, стискаючи пружини 13. При цьому канати 3 висмикуються з пазів 11 та 12 і роз'єднують напівмуфти 1 і 2, а відтак кінематичний ланцюг машини де встановлена пропонована муфта, унеможлиблюючи її перевантаження та поломку.

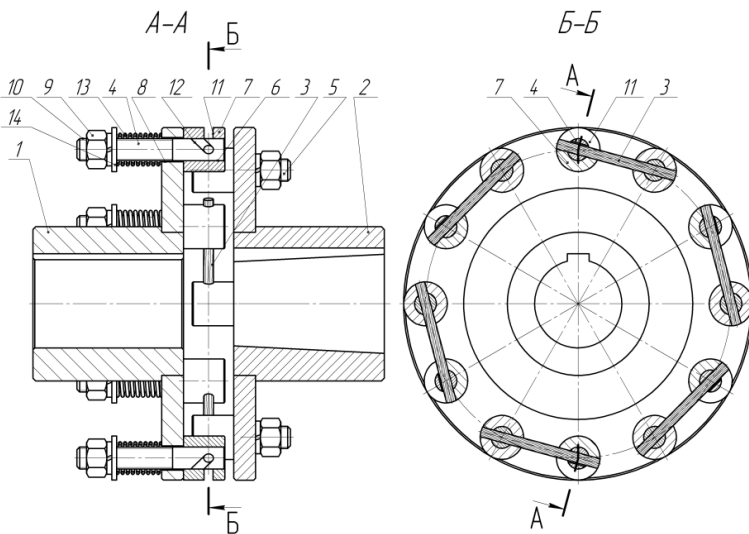


Рис. 1 – Загальний вид пружно-запобіжної муфти з торцевою установкою канатів хордального розташування

Для цієї муфти характерні основні геометричні та силові співвідношення отримані раніше для постійної муфти з хордальними канатами, але функціональне призначення та конструкція цієї муфти обумовлює деякі особливості її розрахунку, зокрема оцінки параметрів пружин які затискають канати.

Мета дослідження - розкриття механізму спрацьовування роботи муфти та оцінка параметрів швидкості її роботи.

Виклад основного матеріалу. Для розкриття механізму спрацьовування муфти розглянемо її розрахункову схему, показану на рис. 2 та рис. 3. При роботі муфти в стопорному режимі (найбільш небезпечний варіант) втулки 2, що належать веденій напівмуфті залишаються нерухомими, а втулки 1, що належать ведучій

напівмуфті, рухаються ним назустріч. Для виконання муфтою запобіжних функцій за час удару t_y , коли точка G_1 втулки 1 дійде до точки G_2 втулки 2 (в цьому положенні відбудеться їх удар) палець 3 втулки 2 повинен бути екстрагований (за час t_e) з її осьового отвору та отвору фланця веденої напівмуфти разом із шайбами та гайкою за рахунок стисненої при складанні муфти пружини 6 (рис. 3). Таким чином можна записати рівняння можливості виконання муфтою своїх функцій (рівняння швидкодії муфти):

$$t_y \geq t_k + t_e. \quad (1)$$

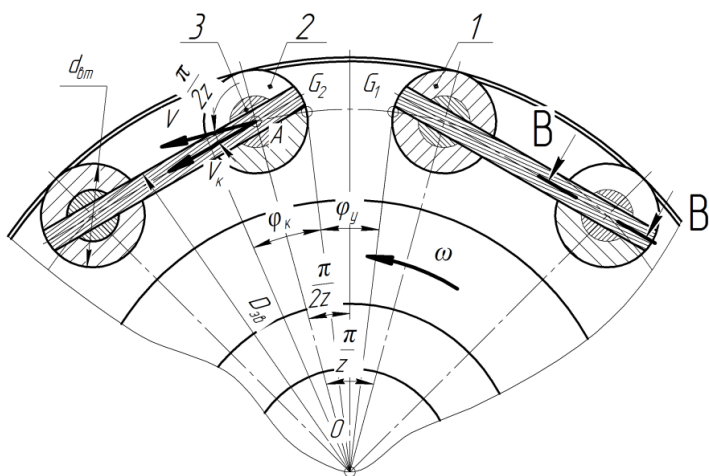


Рис. 2 – Розрахункова схема муфти

Для отримання подальших викладок прийемо такі припущення:

- 1) ведена муфта нерухома, а ведуча обертається з постійною кутовою швидкістю ω ;
- 2) пальці та втулки встановлені з однаковим кутовим кроком;
- 3) між пальцями, отворами фланців та отворами втулок наявні гарантовані зазори;
- 4) всі z канатів мають однакову довжину;
- 5) деталі муфти абсолютно жорсткі;
- 6) осі напівмуфт співпадають;
- 7) спрацьовування муфти відбувається настільки швидко, що можна вважати рух деталей при цьому рівномірним.

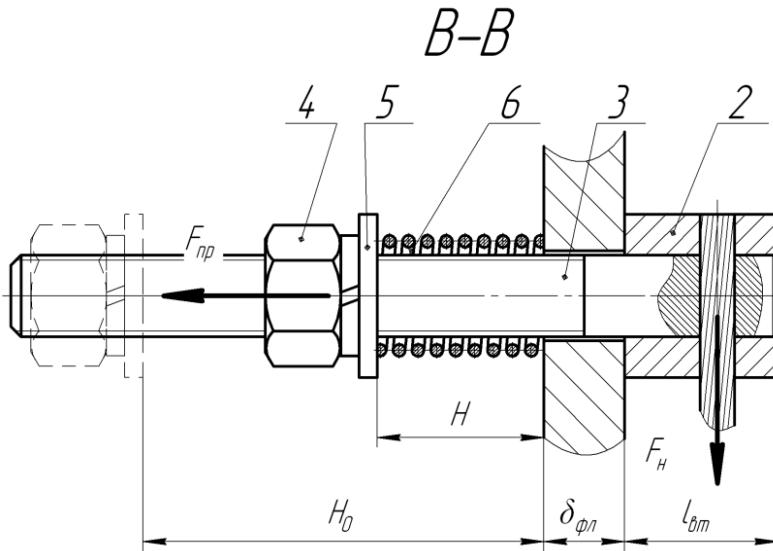


Рис. 3 – Розрахункова схема пальця

Тоді можна записати вираз для визначення часу удару:

$$t_y = \frac{\varphi_y}{\omega}, \quad (2)$$

де φ_y – кут на який повернется ведуча напівмуфта до удару (кут удару).

До екстракції пальця та сполучених з ним деталей канат 3 повинен повністю вийти з контакту зі втулкою 2 та пальцем 3, на це витрачається час t_k :

$$t_k = \frac{d_{em}}{V_k}, \quad (3)$$

де d_{em} – діаметр втулки;

V_k – швидкість руху каната.

$$V_k = \frac{V}{\cos \frac{\pi}{2z}} = \frac{0,5D_{30}\omega}{\cos \frac{\pi}{2z}}. \quad (4)$$

Тоді

$$t_k = \frac{d_{em} \cos \frac{\pi}{2z}}{0,5D_{36} \omega} \quad (5)$$

З (1) потрібний час екстракції пальця:

$$t_e^{nomp} \leq t_y - t_k \quad (6)$$

Вираз для наближеного обчислення кута $\varphi_{\hat{e}}$ отримаємо розглянувши трикутник OAG_2 (рис. 2):

$$\varphi_k = 2 \arcsin \frac{d_{em}}{D_{36}} \quad (7)$$

Тоді:

$$\varphi_y = \frac{\pi}{z} - 2 \frac{\varphi_k}{2} = \frac{\pi}{z} - \varphi_k \quad (8)$$

Після підстановки виразів (8) та (7), рівняння (6) набуде вигляду (9):

$$t_e^{nomp} \leq \frac{\frac{\pi}{z} - \varphi_k}{\omega} - \frac{d_{em} \cos \frac{\pi}{2z}}{0,5D_{36} \omega} = \frac{\frac{\pi}{z} - 2 \arcsin \frac{d_{em}}{D_{36}}}{\omega} - \frac{d_{em} \cos \frac{\pi}{2z}}{0,5D_{36} \omega} \quad (9)$$

Для визначення дійсного часу екстракції пальця і сполучених з ним деталей розглянемо їх рух, використавши теорему про зміну кінетичної енергії [5]. Згідно цієї теореми зміну кінетичної енергії рухомих деталей спричиняють роботи сил стисненої пружини та сил тертя рухомих деталей, що відображає рівняння (10).

$$0,5m_{n2}V_n^2 = 0,5c(H_0 - H)^2 - gf(m_{em}l_{em} + m_{n2}\delta_{фл}), \quad (10)$$

де m_{n2} – маса рухомих деталей;

V_n – швидкість пальця;

c – швидкість пружини;

$(H_0 - H)$ – деформація пружини;

g – прискорення вільного падіння;

f – коефіцієнт тертя між пальцем та сполученими з ним деталями;

m_{em} – маса втулки;

l_{em} – довжина втулки;

$\delta_{фл}$ – товщина фланця.

Тоді швидкість пальця під час екстракції:

$$V_n = \sqrt{\frac{c(H_0 - H)^2 - 2gf(m_{em}l_{em} + m_{n2}\delta_{фл})}{m_{n2}}} \quad (11)$$

Звідки отримаємо вираз для обчислення розрахункового часу екстракції:

$$t_e^{розр} = \frac{l_{ем} + \delta_{фл}}{V_n} = \frac{l_{ем} + \delta_{фл}}{\sqrt{\frac{c(H_0 - H)^2 - 2gf(m_{ем}l_{ем} + m_{нз}\delta_{фл})}{m_{нз}}}}. \quad (12)$$

Слід відзначити, що екстракція пальця зі фланця та втулки може бути гарантовано забезпечена коли деформація пружини $(H_0 - H)$ більше або дорівнює сумі товщин втулки та фланця $(l_{ем} + \delta_{фл})$, а відтак жорсткість пружин можна обчислювати за формулою $c = F_{np} / (l_{ем} + \delta_{фл})$.

Тоді формула (12) набуде вигляду (13):

$$t_e^{розр} = \frac{l_{ем} + \delta_{фл}}{\sqrt{\frac{c(l_{ем} + \delta_{фл})^2 - 2gf(m_{ем}l_{ем} + m_{нз}\delta_{фл})}{m_{нз}}}}. \quad (13)$$

Чисельний розрахунок для натурального зразка муфти у якій $z = 4$, $m_{ем} = 0,043$ кг, $m_{нз} = 0,112$ кг, $l_{ем} = 0,016$ м, $\delta_{фл} = 0,008$ м, $d_{ем} = 0,024$ м, $D_{зв} = 0,145$ м, $c = 31250$ Н/м, $f = 0,15$, показав, що у формулі (13) складова пов'язана з роботою сили тертя складає лише 0,03% від складової енергії стисненої пружини, тому якщо знехтувати тертям, то формулу (13) можна перетворити до компактного вигляду (14).

$$t_e^{розр} = \frac{l_{ем} + \delta_{фл}}{\sqrt{\frac{c(l_{ем} + \delta_{фл})^2}{m_{нз}}}} = \sqrt{\frac{m_{нз}}{c}}. \quad (14)$$

З виразу (9) можна отримати формулу для розрахунку граничної частоти обертання при якій муфта здатна виконувати свої запобіжні функції при відомих її розмірах:

$$\omega \leq \frac{\frac{\pi}{z} - 2 \arcsin \frac{d_{ем}}{D_{зв}}}{t_e} - \frac{d_{ем} \cos \frac{\pi}{2z}}{0,5D_{зв}t_e}. \quad (15)$$

Підставляючи вираз (14) у (15) запишемо:

$$\omega \leq \sqrt{\frac{c}{m_{нз}}} \left(\frac{\pi}{z} - 2 \arcsin \frac{d_{ем}}{D_{зв}} - \frac{d_{ем} \cos \frac{\pi}{2z}}{0,5D_{зв}} \right). \quad (16)$$

Можна отримати і дещо простіше рішення, якщо вважати наближено:

$$t_k = \frac{\varphi_k}{\omega}. \quad (17)$$

Тоді

$$t_y \geq t_k + t_e, \quad (18)$$

$$t_e^{nomp} \leq t_y - t_k = \frac{\varphi_y - \varphi_k}{\omega}. \quad (19)$$

Після підстановки (7) та (8) у (19), отримуємо вираз (20):

$$t_e^{nomp} \leq \frac{\frac{\pi}{z} - 2\varphi_k}{\omega} = \frac{\frac{\pi}{z} - 4 \arcsin \frac{d_{gm}}{D_{36}}}{\omega}. \quad (20)$$

Підставляючи вираз (14) у (20) можна отримати формулу для наближеного розрахунку граничної частоти обертання:

$$\omega_{набл} \leq \sqrt{\frac{c}{m_{nz}}} \left(\frac{\pi}{z} - 4 \arcsin \frac{d_{gm}}{D_{36}} \right). \quad (21)$$

Розрахунки за формулами (20) та (21) (0,012 с та 64,63 рад/с) для модельної муфти, в порівнянні з формулами (14) та (16) (0,015 с та 77,74 рад/с) дають результати відмінні приблизно на 17%. Проте для наближеної оцінки параметрів швидкодії муфти вони цілком придатні, оскільки забезпечують запас.

Отримані залежності для оцінки швидкодії муфти доцільно застосовувати після перевірки умови (22) геометричної (конструктивної) можливості роботи муфти як запобіжної.

$$\varphi_y \geq \varphi_k. \quad (22)$$

Користування отриманими виразами може виконуватись в наступним чином:

а) при відомих з виконаного розрахунку на міцність розмірах та частоті обертання муфти можна перевіряти можливість її роботи як запобіжної, обчислюючи розрахунковий час екстракції пальця за формулою (13) та порівнювати його з потрібним часом екстракції (9);

б) при тих же умовах, обчислення допустимої кутової швидкості муфти за формулою (16) чи (21) та порівняння її з проектною кутовою швидкістю також дасть можливість відповісти на запитання чи здатна муфта виконувати свої запобіжні функції.

Висновки. В результаті виконаних досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Отримані залежності, що дозволяють оцінити геометричні та кінематичні можливості роботи муфти з канатами хордального розташування як запобіжної. Отримані формули для

обчислення часу спрацьовування муфти та критичної частоти обертання при якій муфта здатна виконувати свої запобіжні функції.

2. Показано, що під час розрахунку часу екстракції пальця впливом тертя на швидкість та час екстракції можна знехтувати.

3. Встановлено, що деформацію пружин муфти доцільно приймати більше або рівною суми товщин втулки та фланця напівмуфти, а відтак жорсткість пружин можна обчислювати за формулою $c = F_{np} / (l_{вт} + \delta_{фл})$.

Напрямки подальших досліджень:

1. Оцінка швидкодії запобіжної муфти з хордальними канатами при її роботі в умовах неспіввідності.

2. Експериментальне дослідження швидкодії та ефективності роботи запобіжної муфти з хордальними канатами.

3. Оцінка точності спрацьовування запобіжної муфти з хордальними канатами.

Література

1. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. К.: Каравела, 2015. – 552 с.
2. Дьяченко С.К., Киркач Н.Ф. Предохранительные муфты. – К.: Гостехиздат УССР, 1962. – 122 с.
3. Малащенко В.О. Муфти приводів. Конструкції та приклади розрахунків / В.О. Малащенко. – Львів: Видавництво національного університету «Львівська політехніка», 2009. – 208 с.
4. Патент на корисну модель МПК F16D 3/00 // F16D 43/00, № 106426. Пружно-запобіжна муфта з торцевою установкою прямих канатів. Патентовласник: Херсонська державна морська академія. Авт.: Проценко В.О., Плечій І.А., заявка u201510570 від 29.10.2015, опубл. 25.04.2016, Бюл. №8.
5. Теоретична механіка : Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Ч. 2. Динаміка / В. Векерик, М. Лисканич, П. Огородніков, О. Петрук, І. Цідило; Івано-Франк. нац. техн. ун-т нафти і газу. - Івано-Франківськ: Факел, 2002. - 342 с.

Рецензент д.т.н. В.Ф. Дідух

УДК 677.11.021

© В.А. Сай, к.т.н., Д.А. Мельник
Луцький національний технічний університет

ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ І ПРИДАТНІСТЬ ВОЛОКНА ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ВИРОЩЕНОГО В УМОВАХ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

У статті наводяться результати дослідження розривного навантаження і лінійної щільності однотипного волокна льону олійного вирощеного в кліматичних умовах Полісся України. Згідно отриманих показників якості встановлена його придатність для виготовлення виробів різного функціонального призначення.

ЛЬОН ОЛІЙНИЙ, ВОЛОКНО, РОЗРИВНЕ НАВАНТАЖЕННЯ, ЛІНІЙНА ЩІЛЬНІСТЬ, ПРИДАТНІСТЬ

Постановка проблеми. Льон олійний є однією з безвідходних сільськогосподарських культур широкого спектра використання. До останнього часу його вирощували переважно в південному регіоні України як культуру для отримання насіння, яке переробляють на олію. На теперішній час льон олійний успішно культивують і в інших регіонах країни, в тому числі і на Поліссі.

Господарську придатність має також солома льону олійного, яка залишається після обмолоту насіння. У ній міститься в середньому 10...20 % волокна. Крім цього, солома, яка містить до 50 % целюлози, є сировиною для виробництва різних сортів паперу: цигаркового, банкнотного, фільтрувального, картону. В середньому з кожного гектара льону можна отримати до 300 кг паперової сировини, що забезпечить збереження цінної деревини. З відходів первинної переробки стебел льону олійного, костриці, виготовляють меблеві та будівельні плити, утеплювачі, гранулят для будівництва доріг і іншу продукцію [3, 4]. Тому дослідження технологічних властивостей волокна льону олійного і його придатності є надзвичайно актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню дослідження технологічних властивостей волокна льону олійного присвячено багато уваги [2–5]. Основні з них виконані науковцями Херсонського національного технічного університету [5]. Проте ними досліджувалися властивості однотипного волокна льону олійного, культивованого в південних областях України. А на формування властивостей волокна в значній мірі впливають природно-кліматичні умови вирощування льону олійного та способи отримання трести.

Метою дослідження є визначення технологічних властивостей волокна льону олійного вирощеного в умовах Західного Полісся України з отриманням трести способом росяного мочіння та встановлена його придатності для виготовлення виробів різного функціонального призначення.

Результати дослідження. Проведені дослідження показують, що стебла льону олійного, вирощеного в кліматичних умовах Західного Полісся України, містять 21...23 % волокна. Причому прикоренева частина стебел льону олійного містить 8,9...12,6 % волокна, середня частина - 26,1...29,0 %, верхня частина - 21,0...23,3 %.

Важливими показниками технологічної цінності волокна є розривне навантаження і лінійна щільність.

Розривне навантаження є показником якості волокна, від значення якого залежить міцність пряжі, що виготовляється з волокна та стабільність технологічного процесу виготовлення пряжі. Міцність волокна багато в чому залежить від якості вихідної трести і режимів механічної обробки.

Лінійна щільність показує, яку масу має волокно певної довжини, а також його поперечні розміри. Чим тонше волокно, тобто чим менше його лінійна щільність, тим більше його буде в поперечному перерізі даної пряжі і тим міцніше буде пряжа. З іншого боку, чим тонше волокно, тим більш тонку пряжу з нормальною міцністю можна з нього отримати.

Для визначення технологічних властивостей використовували сланцеву тресту, отриману з стебел соломи, вибраних у фазі жовтої стиглості таких сортів льону: Лірина, Південна ніч, Блакитно-помаранчевий. Тресту обробляли за спрощеною технологією переробки лляної сировини з отриманням однотипного волокна [3]. У процесі отримання волокна спостерігалось, що костриця легше відділялася при обробці прикореневої і середньої частин стебел. У волокні верхньої частини після проминання і протрушування залишаються домішки, які досить важко відділяються від волокна. Ці домішки являють собою залишки кінцівок розгалуженої частини стебла. Таким чином, цей факт викликає необхідність додаткової обробки верхівок стебел. Або технологічний процес первинної переробки повинен забезпечувати первинне змішування стебел і багатократне знекострювання. Особливу увагу слід приділяти ефективному змішуванню волокна, виділеного з різних частин стебел з метою отримання однорідної за властивостями суміші. Зразки отриманого волокна представлено на рис. 1.



Волокно прикореневої частини



Волокно середньої частини



Волокно верхньої частини

Рис. 1 - Зразки волокна льону олійного

Дослідження розривного навантаження і лінійної щільності волокна льону олійного проводилися за стандартними методиками [1]. Результати досліджень наведені в табл. 1.

Отримані результати досліджень свідчать, що більші числові значення розривного навантаження має волокно середньої і прикореневої частини стебел. Для сортів льону олійного Південна ніч і Блакитно-помаранчевий волокно середньої частини відповідає 6-му номеру, а прикореневої – 4-му номеру згідно ДСТУ 5015: 2008. А для сорту Лірина волокно прикореневої і середньої частин відповідає 4-му номеру. Волокно верхньої частини стебел всіх досліджуваних сортів льону олійного відповідає 3-му і 2-му номерам.

Значення показника лінійної щільності волокна льону олійного майже не відрізняється від короткого волокна льону-довгунця і може використовуватися в якості сировини для текстильної промисловості.

Середній вміст костриці і смітних домішок в волокні становило 10...15 %, а середня масодовжина – 60...90 мм.

Таблиця 1 – Технологічні властивості волокна льону олійного

Сорт льону	Частина стебла	Разривне навантаження, даН	Лінійна щільність, текс
Лірина	прикоренева	13,9	5,42
	середня	14,8	5,78
	верхня	13,1	6,06
Південа ніч	прикоренева	14,6	5,56
	середня	17,6	5,84
	верхня	13,5	6,26
Блакитно-помаранчевий	прикоренева	15,7	6,62
	середня	17,0	7,10
	верхня	10,1	7,24

Придатність волокна льону олійного за показниками якості для виготовлення виробів різного призначення наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Показники придатності однотипного волокна з льону олійного для виготовлення різних виробів

Вид виробу	Нормативний документ	Показники якості			Потреба в додатковій обробці волокна льону олійного
		вміст костриці і смітних домішок, %	лінійна щільність, текс	середня масодовжина, мм	
1	2	3	4	5	6
Кручені вироби	ГОСТ 17308-88 “Шпагаты. Технические условия”, ГОСТ 1868-88 “Веревки технические и хозяйственные. Технические условия”	24,0...26,0	4,2...6,9	50,0...60,0	не потребує

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6
Нетканні матеріали	ГОСТ 26604-85 “Полотна нетканые (подоснова) анти-септированные из волокон всех видов для теплозвукоизоляции. Технические условия”.	24,0...26,0	3,9...4,2	50,0...60,0	не потребує
Нетканні матеріали	ГОСТ 28867-90 “Покрытия и изделия ковровые нетканые машинного способа производства. Общие технические условия”	24,0...26,0	3,9...4,2	50,0...60,0	не потребує
Текстильні матеріали	ГОСТ 10078-85 “Пряжа чистольняная, льняная и льняная с химическими волокнами. Общие технические условия”	3,0...5,0	4,2...6,0	51,0...90,0	не потребує
	ГОСТ 10078-85 “Пряжа чистольняная, льняная и льняная с химическими волокнами. Общие технические условия”	3,0...5,0	4,2...6,0	51,0...90,0	потребує

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6
Текстильні матеріали	ГОСТ Р 51703-2001 “Пряжа смешанная из смеси хлопкового, льняного и химических волокон. Технические условия”	1,0...3,0	0,9...1,0	25,0...36,0	потребує
Текстильні матеріали	ГОСТ 9092-81 “Пряжа хлопчатобумажная для трикотажного производства. Технические условия”	1,0...3,0	0,9...1,0	25,0...36,0	потребує

Висновки. Підсумовуючи проведені дослідження, можна зробити висновки, що стебла льону олійного після обмолоту зерна доцільно переробляти на однотипне волокно. Таке волокно можна використовувати для виробництва нетканих матеріалів і кручених виробів, а після додаткової обробки на чесальних машинах в суміші з бавовною, шерстю і хімічними волокнами – для виготовлення модних тканин і літнього верхнього трикотажу.

Література

1. Волокно лляне коротке. Технічні умови: ДСТУ 5015:2008. – [Чинний від 01-01-2009]. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 14 с. – (Національний стандарт України).
2. Голуб И.А. Льноводство Беларуси / И.А. Голуб, А.З. Чернушок – Борисов.: Борисовская укрупненная типография имени 1 Мая, 2009. – 245 с.
3. Сай В.А. Отримання однотипного неорієнтованого волокна із льону / В.А. Сай, Т.О. Кузьміна // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2010. – №1(37).– С. 162–165.
4. Пашин Е.Л., Технологическое качество и переработка льна-межеумка / Е.Л. Пашин, Н.М. Федосова – Кострома, ВНИИЛК, 2003. – 85 с.
5. Чурсіна Л. А. Наукові основи комплексної переробки стебел та насіння льону олійного : монографія. / Л.А. Чурсіна, Г.А. Тіхосова, О.О. Горач, Т.І. Янюк. - Херсон, 2011. – 354 с.

Рецензент д.т.н., В.Ф. Дідух

УДК 621.92

© В.В. Сацюк, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

МАСА ПРОБИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ОДНОРІДНОСТІ СКЛАДУ СУМІШІ

У статті запропоновано методикау визначення маси проби органо-мінеральної суміші (ОМС), яку необхідно відбирати, для дослідження однорідності її складу, при виробництві гранульованих органо-мінеральних добрив (ОМД). Методика базується на забезпеченні кожної рослини заданою, згідно агрономог, нормою поживних елементів.

СУМІШ, ОДНОРІДНІСТЬ, КОНЦЕНТРАЦІЯ, МАСА, ПРОБА, РОСЛИНА

Постановка проблеми. З агротехнічної точки зору, при виробництві ОМД, важливим є не тільки введення в їх склад елементів живлення рослин, в заданому співвідношенні, але й необхідно щоб вони були рівномірно розподілені у всьому об'ємі добрив. Однорідність ОМД забезпечує їх однакову поживну цінність при внесенні в ґрунт. Особливо важливим є добре розподілення в масі компонентів, які вводяться в невеликих кількостях і мають високу агрохімічну активність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ю.І. Макаров у своїй роботі [1] відмічає цілий ряд показників, запропонованих різними авторами, в якості критеріїв оцінки однорідності сумішей. Значення цих показників суттєво залежать від маси дослідної проби.

Аналіз робіт присвячених даній тематиці показує, що в світовій практиці немає чіткої науково-обґрунтованої думки, щодо визначення маси дослідної проби, для оцінки однорідності складу суміші. Так Н.П. Зеленський у праці присвяченій дослідженню та обґрунтуванню основних параметрів змішувача для приготування вологих мішалок [2], зазначає, що маса проби при дослідженні однорідності складу суміші повинна бути в межах 80-150 грам. В свою чергу, Г.П. Вирясов рекомендує відбирати проби ОМС, для дослідження однорідності її складу, масою не більше 5 грам [3]. Але автор, при цьому не наводить будь-якого обґрунтування, щодо вибору даного обмеження.

Найбільш обґрунтованими являються рекомендації, щодо визначення маси дослідної проби для дослідження однорідності складу

суміші мінеральних добрив [4]:

$$m = \frac{d * 100}{(\alpha_N + \alpha_{P_2O_5} + \alpha_{K_2O}) * n}, \quad (1)$$

де m – маса дослідної проби;

α_N – концентрація N у суміші в %;

$\alpha_{P_2O_5}$ – концентрація P₂O₅ у суміші в %;

α_{K_2O} – концентрація K₂O у суміші в %;

d – норма внесення елементів живлення виражена в кг суми N+P₂O₅+K₂O на 1 га;

n – кількість рослин, що культивується на площі в 1 га.

Дана залежність придатна для визначення маси проби при дослідженні однорідності сумішей лише мінеральних добрив, при їх змішуванні перед безпосереднім внесенням в ґрунт. Використання виразу (1), в такому вигляді, для визначення маси проби для дослідження однорідності складу ОМС при виробництві ОМД є недоцільним, оскільки не враховуються особливості виробництва даних добрив.

Мета дослідження - обґрунтування маси проби, яку необхідно відібрати, для дослідження однорідності складу ОМС, при виробництві ОМД.

Результати дослідження. При обґрунтуванні маси дослідної проби керуємось тим, що на площу живлення рослини, при умові рівномірного внесення ОМД в ґрунт, повинна припадати задана, згідно агрономічного, норма елементів живлення (N, P₂O₅, K₂O). Тому за масу наважки будемо брати масу ОМС, яка необхідна для приготування дози ОМД, що припадає на площу живлення однієї рослини.

На основі вище викладених положень, технології виробництва гранульованих ОМД та загально відомої залежності для визначення вологості матеріалу, можна записати наступну рівність:

$$m_o(1 - 0,01W_2) = m_c(1 - 0,01W_1), \quad (2)$$

де m_o – фізична маса ОМД, яка необхідна для живлення однієї рослини, кг;

m_c – фізична маса ОМС, яка необхідна для виробництва гранульованих ОМД масою тд, кг;

W_2 – вологість готових гранульованих ОМД, %;

W_1 – вологість приготовленої ОМС для виробництва гранульованих ОМД, %.

Звідки

$$m_c = m_o \frac{(1 - W_2)}{(1 - W_1)} = m, \quad (3)$$

де m – маса дослідної проби для визначення однорідності складу ОМС, кг.

Фізичну масу ОМД, яка необхідна для живлення однієї рослини, можна виразити через норму внесення добрив на одиницю площі:

$$m_o = \frac{M}{n}, \quad (4)$$

де M – норма внесення ОМД на 1 га (в кг фізичної маси);

n – кількість рослин, що культивується на площі 1 га.

Для зручності подальших розрахунків, норму внесення M гранульованих ОМД в ґрунт, знаходимо в перерахунку на масу абсолютно сухої речовини. При цьому використаємо наступне співвідношення:

$$M = \frac{M'}{(1 - 0,01W_2)}, \quad (5)$$

де M' – норма внесення гранульованих ОМД, в перерахунку на масу абсолютно сухої речовини, кг/га.

Тоді на основі (3) з врахуванням виразів (4) та (5), отримаємо:

$$m = \frac{M'}{n * (1 - 0,01W_1)}. \quad (6)$$

Масу ОМД, в перерахунку на масу абсолютно сухої речовини, що вноситься на 1 га, можна визначити використовуючи наступну залежність:

$$M' = \frac{100a}{\delta_N} (1 - 0,01W_N) + \frac{100b}{\delta_{P_2O_5}} (1 - 0,01W_P) + \frac{100c}{\delta_{K_2O}} (1 - 0,01W_K) + \frac{v}{100 - v} * \left(\frac{100a}{\delta_N} (1 - 0,01W_N) + \frac{100b}{\delta_{P_2O_5}} (1 - 0,01W_P) + \frac{100c}{\delta_{K_2O}} (1 - 0,01W_K) \right), \quad (7)$$

де a , b , c – норми внесення поживних елементів N, P_2O_5 , K_2O , відповідно, в ґрунт, кг/га;

δ_N , $\delta_{P_2O_5}$, δ_{K_2O} – процентний вміст діючих речовин N, P_2O_5 , K_2O , відповідно, у мінеральних добривах, які використовуються для виробництва ОМД, %;

W_N , W_P , W_K – вологість азотних, фосфорних та калійних добрив, відповідно, які використовуються для виробництва ОМД, %;

v – процентний вміст органічної речовини (сапропелю) в ОМД.

Введемо позначення:

$$B = \frac{v}{100-v} * \left(\frac{100a}{\delta_N} (1-0,0IW_N) + \frac{100b}{\delta_{P_2O_5}} (1-0,0IW_P) + \frac{100c}{\delta_{K_2O}} (1-0,0IW_K) \right), \quad (8)$$

де B – маса сапропелю, що вноситься із ОМД на 1 га, при його процентному вмісту v у цих добривах, в перерахунку на масу абсолютно сухої речовини.

Тоді формула (7) з врахуванням даного позначення набере вигляду:

$$M' = \frac{100a}{\delta_N} (1-0,0IW_N) + \frac{100b}{\delta_{P_2O_5}} (1-0,0IW_P) + \frac{100c}{\delta_{K_2O}} (1-0,0IW_K) + B \quad (9)$$

На основі попереднього виразу, при врахуванні процентного вмісту поживних елементів, що входять до складу сапропелів, можна написати наступну залежність:

$$M' = \frac{100a - B * \beta_N}{\delta_N} (1-0,0IW_N) + \frac{100b - B * \beta_{P_2O_5}}{\delta_{P_2O_5}} (1-0,0IW_P) + \frac{100c - B * \beta_{K_2O}}{\delta_{K_2O}} (1-0,0IW_K) + B, \quad (10)$$

де $\beta_N, \beta_{P_2O_5}, \beta_{K_2O}$ – процентний вміст у сапропелях поживних елементів N, P₂O₅, K₂O, відповідно, в перерахунку на масу абсолютно сухої речовини.

Підставивши (10) у вираз (6), одержимо:

$$m = \frac{I}{(1-0,0IW_1)n} \left[\frac{100a - B * \beta_N}{\delta_N} (1-0,0IW_N) + \frac{100b - B * \beta_{P_2O_5}}{\delta_{P_2O_5}} (1-0,0IW_P) + \frac{100c - B * \beta_{K_2O}}{\delta_{K_2O}} (1-0,0IW_K) + B \right]. \quad (11)$$

Вираз (11) дозволяє визначити масу наважки ОМС, яку слід відібрати для дослідження однорідності її складу, при виробництві ОМД залежно від: вологості суміші, властивостей компонентів, які при цьому використовуються, співвідношення поживних елементів та норми їх внесення в ґрунт, що залежить від культури під яку вносяться добрива.

В суміші, можлива велика різноманітність взаємного положення частинок, тому співвідношення компонентів в довільних точках суміші – величина випадкова. В результаті цього, сучасні методи оцінки якості суміші оснований на методах статистичного

аналізу. На практиці статистичний матеріал аналізують по одній випадковій величині, тобто по розподіленню одного із компонентів. Для оцінки однорідності складу суміші, приймаємо допущення що суміш являється двох компонентною. Для цього виділяємо один компонент (ключовий), решта об'єднуємо в другу групу (умовний). По степені розподілення ключового компонента в умовному, аналізуємо однорідність складу суміші. Оскільки удобрювальна цінність ОМД, залежить від вмісту поживних елементів, то в якості ключового компонента ОМС, необхідно брати один із цих елементів (N, P₂O₅, K₂O). В такому випадку однорідність складу ОМС будемо оцінювати по розподіленні одного із поживних елементів в суміші. У випадку, якщо маса проби по розрахунках за формулою (11), отримається менша мінімально-необхідної наважки для визначення вмісту (вибраного ключовим) поживного елемента, то значення маси *m* необхідно збільшити до величини цієї наважки.

Використовуючи приведену методику, визначимо масу проби ОМС, для дослідження однорідності її складу, при виробництві ОМД під деякі культури для дерново-підзолистих, ясно-сірих та сірих опідзолених ґрунтів Волинської області. Розрахунки проведемо для органо-мінеральних сумішей, складовими компонентами яких являються: сечовина, гранульований суперфосфат, калімагnezія, сапрпель. Для досліджень використовуємо органічний тип сапрпелю добутий на озері Синово Старовижівського району, для якого вміст поживних елементів в перерахунку на масу абсолютно сухої речовини становить: $\beta_N = 2,40\%$, $\beta_{P_2O_5} = 0,43\%$, $\beta_{K_2O} = 0,83\%$ [5]. Суміш досліджуємо при вологості 18% та 24%.

Відповідно до рекомендацій по ефективному використанню добрив під сільськогосподарські культури в господарствах Волинської області, для забезпечення урожаю зернових культур 30...40 центнерів з гектара, цукрових буряків – 350...400, картоплі – 150...200, льоноволокна –6-10 [6], необхідно вносити дози поживних елементів згідно табл. 1.

Аналіз рекомендацій показує, що для виробництва ОМД під більшість культур, для повноцінного живлення їх рослин, у склад цих добрив в найменшій кількості, із основних поживних елементів (N, P₂O₅, K₂O), необхідно вводити P₂O₅. Однорідність ОМС будемо визначати по розподіленню поживного елемента, масова доля якого у суміші найменша, тобто P₂O₅. Для цього застосовуємо хімічний аналіз проб, як найбільш точний. Фосфору у цих витяжках, в перерахунку на масову долю P₂O₅ у суміші. Отримання витяжок із ОМС, здійснюємо за допомогою 20% розчину соляної кислоти HCl. Для цього методу

отримання витяжок, мінімально необхідна маса наважки становить 2г. [7].

Таблиця 1- Дози внесення поживних елементів під основні сільськогосподарські культури

Культури	Дерново-підзолисті, ясно-сірі та сірі ґрунти			
	N, кг/га	P ₂ O ₅ кг/га	K ₂ O, кг/га	кількість рослин, що культивується, штук/га*10 ⁶
Озима пшениця	90	60	90	4,5-5,5
Озиме жито	60	40	90	5,0-5,5
Ярі зернові	60	40	60	3,5-4,5
Кукурудза	150	90	90	0,035–0,045
Зернобобові	20	40	60	1,1-1,3
Гречка	40	30	40	2,5–3,5
Картопля	90	60	120	0,05–0,055
Льон	45	60	120	20-25
Цукрові буряки	180	120	200	0,1–0,12

На основі формули (11) побудовані графічні залежності маси проби для дослідження однорідності складу ОМС, при виробництві ОМД, від вмісту сапропелю. Отриманий результат відображений на рисунку 1. Із залежностей видно, що маса проби зростає із збільшенням процентного вмісту сапропелю. Зміна вологості ОМС суттєво не впливає на масу проби.

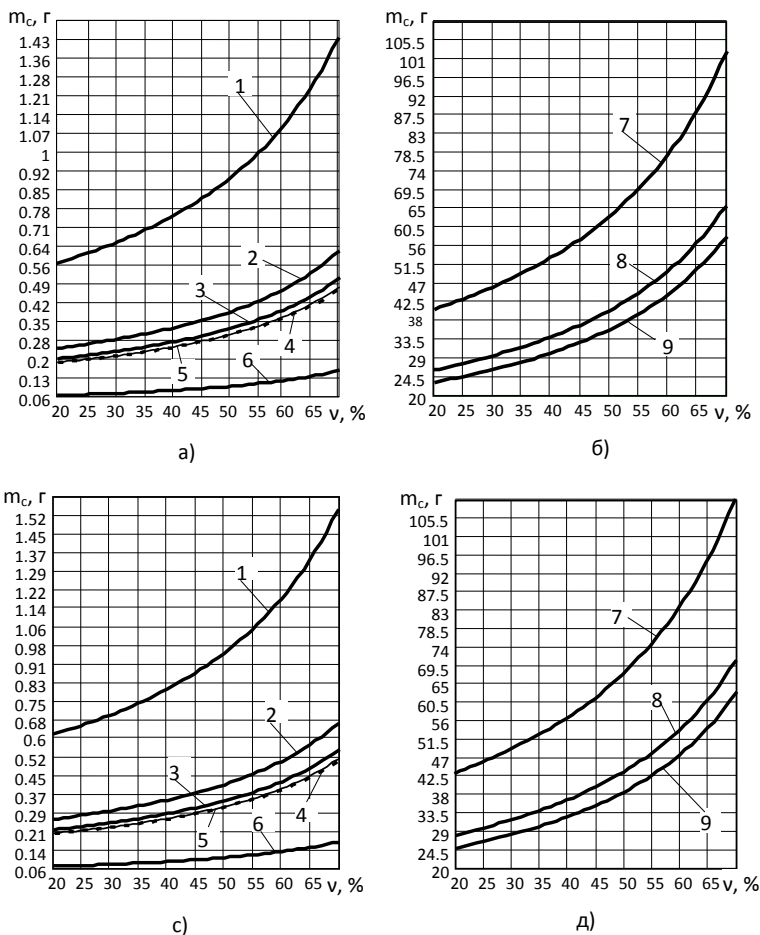


Рис.1 – Графічні залежності зміни маси проби m ОМС для дослідження однорідності її складу вологістю $W=18\%$ (а, б) та $W=24\%$ (с, д), від процентного вмісту сапропелю, при виробництві ОМД під культури із вузькорядним посівом а, с та широкорядним – б, д: 1-зернобобові; 2-озима пшениця; 3-ярі зернові; 4-гречка; 5-озиме жито; 6- льон; 7- кукурудза; 8-картопля; 9-цукрові буряки.

Висновки. Для виробництва ОМД, під культури із вузькорядним способом посіву (озима пшениця, озиме жито, ярі зернові, зернобобові, гречка, льон) маса проби розрахована за

залежністю (11) не перевищує мінімально-необхідну масу наважки ОМС для визначення вмісту в ній P_2O_5 , яка становить 2г. Тому при виробництві ОМД під ці культури, необхідно відбирати пробу ОМС, для дослідження однорідності її складу, масою 2 г. При виробництві ОМД під культури із широкорядним способом посіву (картопля, цукровий буряк, кукурудза) масу дослідної проби ОМС необхідно визначати користуючись формулою (11).

Література

1. Макаров Ю.И. Аппараты для смешивания сыпучих материалов. М.:Машиностроение, 1973. –216с.
2. Зеленский Н.П. Исследование и обоснование основных параметров смесителя непрерывного действия для приготовления увлажненных мешалок: Дис. канд. техн. наук.– К., 1968.– 121с.
3. Вирясов Г.П. Процессы смешивания минеральных компонентов с торфом. // Новое в технике и технологии добычи торфу и комплексном его использовании. Труды ВНИИТП Выпуск 37 Ленинград 1976.
- 4.Лестов Н. Е. Физико-химические свойства зернистых и порошкообразных химических продуктов. М.: Из-во Академии наук СССР. 1947. – 250с.
5. Озерні сапропелі України: Збірник технологій і рекомендацій щодо використання сапропелів, у т. ч. на забруднених радіонуклідами землях, нормативних актів, довідкових матеріалів /Шевчук М.Й., Дегедюк Е.Г. і ін.; За ред. Дегедюка Е.Г., Шевчука М.Й. – Луцьк: Надстир'я, 1996. – 187с.
6. Методичні рекомендації по ефективному використанню добрив під сільськогосподарські культури в господарствах Волинської області. А.К.Зозуля, В.В. Мерленко, В.З.Лящук, М.П. Петрук, Є.М. Кузнецов. Луцьк: Волинська обласна друкарня. 1987. – 52с.
7. Практикум по агрохимии/ Б.А. Ягодин, И.П. Дерюгин, Ю.П.Жуков и др.; Под ред. Б.А, Ягодина. –М.Агропромиздат, 1987. – 512с.: ил.

Рецензент д.т.н., В.Ф. Дідух

УДК 621.92

© В.В. Сацюк, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

ОЦІНКА ЗГЛАДЖУЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ ЗМІШУВАЧІВ БЕЗПЕРЕВНОЇ ДІЇ

Наведено методика оцінки згладжуючої здатності змішувачів. Отримано залежність для визначення розподілу зміни концентрації потоку суміші при проходженні її через змішувач.

ЗМІШУВАЧ, КОНЦЕНТРАЦІЯ, ОДНОРІДНІСТЬ, СУМІШ, КОМПОНЕНТ, ЗГЛЯДЖУВАННЯ, ФУНКЦІЯ

Постановка проблеми. Продуктивність дозуючих пристроїв, що подають компоненти в змішувач, величина не постійна, а коливається в деяких межах. Для забезпечення заданого співвідношення компонентів у приготівленій суміші змішувач, поряд із якісним перемішуванням компонентів, повинен забезпечувати згладжування флуктуацій вхідного потоку. При визначенні згладжуючої здатності змішувача безперервної дії, останній розглядається як перетворювач сигналів. В результаті дії перетворювача подана в нього функція $x(t)$ трансформується в іншу функцію $y(t)$, що фіксується на виході [1]:

$$y(t) = W(p)x(t), \quad (1)$$

де $W(p)$ - передаточна функція.

Встановлення передаточної функції спрощується у випадку коли змішувач можна розбити на декілька типових ланок із відомими передаточними функціями. Якщо структура потоку в середині змішувача невідома, то знайти її передаточну функцію аналітичним шляхом неможливо. В такому випадку, для знаходження передаточної функції необхідно провести дослідження динамічних властивостей змішувача.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні основи дослідження структури потоку матеріалу методом імпульсного збурення викладені в працях В.В. Кафарова [2, 3, 4]. Але в даних дослідженнях не враховується зміна щільності матеріалу у змішувачі. Крім того, при визначенні концентрації у вхідному потоці матеріалу використовується залежність виду:

$$C_0 = \frac{g}{V}, \quad (2)$$

де g - кількість введеного індикатора;

V - об'єм змішувача.

Аналіз приведеної залежності (2) дозволяє стверджувати, що вона справедлива для механізмів ідеального змішування із коефіцієнтом їх заповнення $k=1$. В даних механізмах частинки матеріалу миттєво рівномірно розподіляються по всьому його об'ємі.

Мета дослідження - встановлення залежностей для визначення основних характеристик розподілу потоку компонентів суміші у змішувачі.

Результати дослідження. Для встановлення основних характеристик розподілу елементів потоку матеріалу під час перебування його в змішувачі, застосовуємо метод імпульсного збурення. При дослідженнях, приймаємо допущення, що поведінка індикатора в середині змішувального пристрою тотожна поведінці компонентів суміші.

Доля індикатора, який вийшов із змішувача за час від t до $t+dt$ при миттєвому його введенні становить:

$$dp = \frac{dg}{g} = \frac{V_{m.e.} C(t) dt}{\int_0^{\infty} V_{m.e.} C(t) dt}, \quad (3)$$

де dg - кількість індикатора, час перебування якого в змішувачі змінюється від t до $t+dt$, г;

g - загальна кількість введеного індикатора, г;

$V_{m.e.}$ - масова швидкість потоку ОМС на виході із змішувача, г/с;

$C(t)$ - концентрація індикатора на виході із змішувача, г/г;

Для порівняння декількох функцій розподілу трансформуємо їх у безрозмірний вид.

Введемо безрозмірний час θ та безрозмірну концентрацію $C(\theta)$:

$$\theta = \frac{t}{\bar{t}}; \quad (4)$$

$$C(\theta) = \frac{C(t)}{C_0}, \quad (5)$$

де t - поточне значення часу, с;

\bar{t} - середній час перебування індикатора у змішувачі, с;

C_0 - концентрація індикатора на вході у змішувач.

Для визначення середнього часу \bar{t} перебування індикатора у змішувачі, можна записати залежність:

$$\bar{t} = \frac{m_{\text{зм.}}}{V_{\text{м.в.}}}, \quad (6)$$

де $m_{\text{зм.}}$ - маса суміші, що знаходиться у змішувачі під його роботи, г.

Початкову концентрацію індикатора у вхідному потоці визначаємо із наступного співвідношення:

$$C_0 = \frac{g}{V_{\text{м.вх.}} \cdot t_l}, \quad (7)$$

де $V_{\text{м.вх.}}$ - масова швидкість вхідного потоку компонентів суміші у змішувач, г/с;

t_l - тривалість введення індикатора, с.

На основі (5) використовуючи (7) отримаємо:

$$C(t) = C(\theta) C_0 = C(\theta) \frac{g}{V_{\text{м.вх.}} \cdot t_l}. \quad (8)$$

Використовуючи залежність (4) можна записати:

$$dt = \bar{t} d\theta. \quad (9)$$

Із врахуванням (6) вираз (9) набере вигляду:

$$dt = \frac{m_{\text{зм.}}}{V_{\text{м.в.}}} d\theta. \quad (10)$$

Після підстановки виразів (8), (10) у формулу (3) маємо:

$$dp = \frac{V_{\text{м.в.}} C(\theta) \frac{g}{V_{\text{м.вх.}} \cdot t_l} \frac{m_{\text{зм.}}}{V_{\text{м.в.}}} d\theta}{g}. \quad (11)$$

Після спрощення отримаємо:

$$dp = C(\theta) \frac{m_{\text{зм.}}}{V_{\text{м.вх.}} \cdot t_l} d\theta. \quad (12)$$

Звідки визначаємо $C(\theta)$:

$$C(\theta) = \frac{dp V_{\text{м.вх.}} \cdot t_l}{m_{\text{зм.}}} d\theta. \quad (13)$$

Підставивши (3) у (13) отримаємо:

$$C(\theta) = \frac{\int_0^{\infty} V_{m.в.} C(t) dt}{m_{зм.} d\theta} V_{m.в.} t_l. \quad (14)$$

Виразимо із (9) $d\theta$ та підставимо у (14), отримаємо:

$$C(\theta) = \frac{V_{m.в.} t_l}{m_{зм.}} \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt} \bar{t}. \quad (15)$$

Отримана залежність (15) дозволяє визначити безрозмірну концентрацію індикатора у вихідному потоці. Безрозмірна концентрація $C(\theta)$ являється функцією відгуку системи на збурення по складу потоку.

Висновки. Використання отриманих залежностей дозволяє побудувати С-криву. Аналіз С-кривої дає можливість визначити розподіл зміни концентрації потоку суміші при проходженні її через змішувач. Величина кута нахилу дотичної до С-кривої характеризує згладжуючу здатність змішувача. Чим менший кут нахилу дотичної до С-кривої, тим вища згладжуюча здатність змішувача.

Література

1. Макаров Ю.И. Аппараты для смешивания сыпучих материалов. - М.: Машиностроение, 1973. - 216с.
2. Кафаров В.В. и др. Принципы математического моделирования химико-технологических систем. Введ. в системотехнику хим. производств. - М.: Химия, 1974. - 344 с.
3. Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое проектирование основных процессов химических производств. - М.: Высш. шк., 1991. - 400 с.
4. Кафаров В.В. и др. Моделирование и системный анализ биохимических производств. - М.: Лесная промышленность, 1985. - 280 с.

Рецензент д.т.н., В.Ф. Дідух

УДК 633.854.54

© І.В. Тараймович, к.т.н., доц., М.С. Душук
Луцький національний технічний університет

УДОСКОНАЛЕНА ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ НАСІННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО З ОТРИМАННЯМ ПРОДУКТІВ РІЗНОГО ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.

У статті розглянуто основні напрями використання насіння льону олійного в Україні та зокрема, на Поліссі, проаналізовано доцільність вирощування льону олійного в умовах Західного Полісся в розрізі сучасних умов економічного функціонування України, запропоновано комплексну технологію переробки насіння з отриманням продуктів різного функціонального призначення.

ЛЬОН ОЛІЙНИЙ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, НАСІННЯ, РОСЛИННИЙ БЛОК.

Постановка проблеми. В Україні проблема, яка пов'язана з якістю та характером харчування, є багатогранною та характеризується цілим рядом факторів, серед яких стресовий ритм життя, низька купівельна спроможність більшості населення для забезпечення повноцінного харчового раціону, недостатня поінформованість населення країни щодо принципів здорового харчування [1, 2].

За останні двісті років харчування людини зазнало великих змін. У результаті інтенсифікації аграрного виробництва у ХХ столітті відбулося виснаження ґрунтів, а масове застосування хімічних добрив призвело до зміни хімічного складу продуктів рослинництва. Знижена кількість вітамінів, мікроелементів, різних вуглеводів та амінокислот поєднується в цих продуктах із підвищеним вмістом нітратів, отрутохімікатів та важких металів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На основі результатів визначення вмісту вітамінів та мікроелементів у рослинних продуктах харчування, яке здійснювалося різними вченими протягом останніх десяти років, встановлено, що показники їх хімічного складу приблизно на 30...40% нижче зазначених у нормативній, довідковій та науковій літературі 1970-х років [3–5]. До того ж зменшення частки ручної праці у всіх сферах діяльності за рахунок розвитку техніки та автоматизації виробництва призвело до зниження фізичного навантаження організму. Якщо раніше дорослій людині для нормальної життєдіяльності потрібно було 3500 ккал на добу, то сьогодні достатньо лише 2000...2500 ккал. Зниження енергетичної цінності харчового раціону шляхом зменшення кількості продуктів

харчування, що споживаються, призводить до того, що організм людини недоотримує до 20% необхідної кількості нутрієнтів для нормальної життєдіяльності.

Враховуючи всі ці причини, скласти раціон харчування з відповідною енергетичною, харчовою та біологічною цінністю, керуючись традиційним набором продуктів, на сьогодні практично неможливо [6]. Приведення раціону харчування у відповідність до реальних фізіологічних потреб людини вимагає нових підходів та рішень.

На сьогодні у світі визначено два основних шляхи корегування харчового раціону людини:

– регулярне споживання дієтичних добавок до їжі, що містять вітаміни, мінеральні речовини, харчові волокна та інші необхідні речовини;

– регулярне споживання продуктів харчування з підвищеною харчовою цінністю [7, 8].

Іншим перспективним шляхом корегування харчового раціону є забезпечення у продуктах щоденного харчування підвищеного вмісту однієї або комплексу необхідних для функціонування організму людини речовин.

Метою дослідження є вивчення споживчих властивостей та розробка комплексної технології використання насіння льону олійного, вирощеного в умовах Західного Полісся, пошук оптимальних способів його переробки та використання у виробництві харчових продуктів.

Результати дослідження. Сучасні тенденції формування здорового раціону харчування диктують необхідність створення нових продуктів з підвищеною біологічною та фізіологічною цінністю. Важливу роль в даному випадку відіграє можливість використання сировини, що росте в безпосередній близькості від місць її переробки. Це дозволяє помітно скоротити витрати на транспортування і зберігання сировини, розширити асортимент продуктів харчування.

Першим етапом створення продуктів харчування підвищеної харчової цінності є вибір продукту, що підлягає збагаченню. Вибір продукту для збагачення здійснюють з урахуванням його поширеності та доступності для більшості населення. Як свідчать дані літератури, до перспективних продуктів для збагачення належать продукти масового споживання, такі як хлібобулочні, молочні продукти, напої, продукти дитячого харчування [9, 10].

В даний час активно ведуться роботи з пошуку рослинної сировини, здатного підвищити харчову цінність хлібобулочних і кондитерських виробів, поліпшити їх якість при збереженні традиційних споживчих властивостей. Така сировина повинна мати

невисоку вартість, бути доступною для використання в промислових масштабах, містити фізіологічно функціональні інгредієнти.

На сьогоднішній час льон знову привертає увагу багатьох, хто задумується про здорове харчування. Насіння льону є неперевершеним дієтичним продуктом підвищеної біологічної цінності, що застосовується і в лікувальних цілях, і в кулінарії. Цей продукт все частіше з'являється в раціоні значної кількості людей, тому що засноване на насінні льону здорове харчування дозволяє зберегти молодість, красу і здоров'я [5].

В даний час насіння льону використовуються, в основному, в якості сировини для виробництва лляної олії. В той же час кількісний та якісний склад білків насіння льону свідчить про перспективність їх застосування в якості джерела білка для підвищення біологічної цінності хлібобулочних та кондитерських виробів. Однак білкові продукти з насіння льону на території України практично не виробляються.

Насіння льону та продукти їх переробки відрізняються за своїми технологічним і функціональними властивостями від традиційної сировини хлібопекарського та кондитерських виробництв. У зв'язку з цим необхідні наукові та практичні дослідження щодо їх впровадження в харчові технології. Використання насіння льону та продуктів їх переробки: борошна з різним вмістом ліпідів та білку, білкового концентрату, дозволить розширити сировинну базу, перш за все, хлібопекарської та кондитерської галузі, збільшити асортимент хлібобулочних та кондитерських виробів функціонального призначення.

Насіння льону можна використовувати цілими, а також отримувати з них борошно та білкові продукти [11]. Льяне борошно можна отримувати шляхом розмелювання льяного насіння, а також харчової льяної макухи або шроту. Залежно від джерела отримання льяне борошно поділяють на незнежирене (з насіння), напівзнежирене (з макухи) та знежирене (зі шроту). З цих же джерел після глибокого фракціонування можна отримувати білкові продукти – компоненти для підвищення біологічної цінності харчових продуктів.

Переробка насіння льону в льяне борошно являє послідовність ряду технологічних стадій. Поетапне видалення олії з насіння льону сприяє підвищенню білка в кінцевому продукті.

Технологічний цикл в цьому випадку можна представити таким чином:

подрібнення природнього насіння льону – видалення олії методом «холодного» пресування – подрібнення льяної макухи – видалення залишкової олії методом екстракції – подрібнення льяного

шроту. При цьому для цілей харчового виробництва необхідне проведення промивання та термообробки сировини, в даному випадку насіння льону. Промивання насіння льону ускладнюється наявністю добре розчинного у воді слизу і значної кількості водорозчинних білків.

Особливості структури насіння льону визначають своєрідність технологічного процесу отримання кінцевого продукту. Насіння льону відносяться до дрібно насінневих, оболонка яких щільно прилягає до ядра, тому в технологічний процес не вводять стадії фракціонування та обрушення. Оболонка насіння льону містить значну кількість цінних харчових компонентів. На відміну від інших насіння олійних культур в оболонці насіння льону міститься незначна кількість целюлози (не більше 18% в перерахунку на суху речовину) і до 62% інших вуглеводів, в першу чергу слизу, що представляють собою легко диспергуючі в воді вуглеводи, а також жири, протеїни, мінеральні речовини. Збереження всього комплексу харчових речовин насіння льону кінцевому продукті підвищує його харчову та біологічну цінність.

Насіння проходить потрійне очищення: очищення від металоманітних домішок в металоманітному сепараторі; очищення від органічних домішок на повітряно-ситовому сепараторі; видалення мінеральних домішок на вібропневматичному каменевідбірнику.

У запропонованому способі отримання харчового борошна з льняного насіння для підвищення чистоти сировини вводиться попереднє промивання насіння льону. Як показують дослідження, для запобігання втрат білка, насіння слід промивати не більше 5-10 хв. При такому промиванні вихід слизу на поверхню насіння незначний, що не ускладнює подальшу їх переробку та запобігає їх склеюванню внаслідок набрякання слизу, що, в свою чергу, сприяє підвищенню якості харчового борошна.

Вологе насіння льону потім піддають термообробці. Ця технологічна операція спрямована на обмеження активності ферментів насіння, перш за все окисної дії та сприяє підвищенню стабільності властивостей насіння. Термообробку проводили конвективним способом при температурі не більше 70°C.

Насіння льону після промивання і термообробки подрібнювали і одержували повножирне льняне борошно та лігнанвмісну фракцію (насінневі оболонки).

Для отримання напівзнежиреного борошна з насіння льону методом пресування на шнекових пресах здійснюють віджим олії, яка використовується для харчових потреб. Оскільки при використанні методу «холодного» пресування олії сировина не вимагає попередньої

підготовки: нагрівання, пропарювання, прожарювання, то отримане знежирене насіння зберігає свій білковий комплекс в природному стані.

Льняну макуху подрібнюють й вона є сировиною для отримання знежиреного харчового борошна. З метою збільшення вмісту білка з льняної макухи видаляли залишкову олію екстракційним способом. Шрот подрібнювали для отримання знежиреного льняного борошна й на ситі з діаметром отворів 0,5 мм відокремлювали насіннєві оболонки.

Таким чином, технологічна схема включає в себе наступну послідовність основних стадій:

- очищення льняного насіння від мінеральних, органічних та металомангнітних домішок;
- короткочасне промивання насіння льону протягом 5-10 хв;
- термообробка насіння льону конвекційним способом при T 70°C протягом 5 хв;
- подрібнення харчового насіння для отримання повножирного льняного борошна;
- видалення харчової олії з насіння льону методом «холодного» пресування;
- подрібнення знежиреного насіння льону (льняної макухи) для отримання напівзнежиреного льняного борошна;
- додаткове видалення технічної олії з льняної макухи екстракцією;
- подрібнення льняного шроту для отримання знежиреного льняного борошна;
- просіювання перемеленого насіння послідовно на ситах з діаметром отворів 2 мм, 1 мм та 0,5 мм.

Кінцевими продуктами при цьому є наступні продукти: харчове насіння льону, повножирне, напівзнежирене та знежирене ляне борошно. Для використання фракції оболонок з високим вмістом лігнанов в якості сировини для біологічно активної добавки до їжі потрібно її додатково подрібнити до розмірів не більше 0,4 мм (технологічні особливості подальшої переробки).

Висновки. Отже, технологічні рішення, запропоновані в даній роботі (рис.1), дозволяють створити технологію комплексної переробки насіння льону, в межах якої вторинні продукти однієї стадії стають сировиною наступної, а всі кінцеві продукти, в тому числі природне насіння льону олійного використовуються для харчових продуктів функціонального призначення.

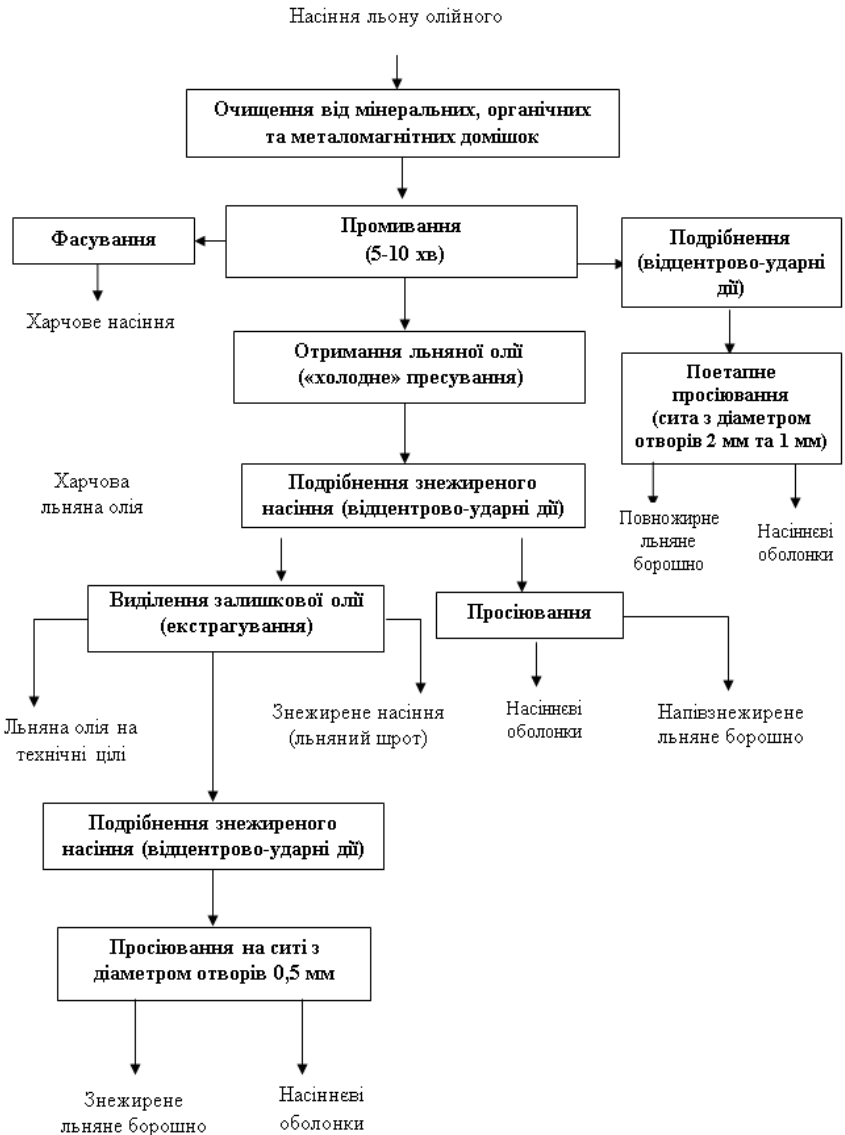


Рис.1 – Технологічна схема комплексної переробки насіння льону олійного з отриманням продуктів різного функціонального призначення

Література

1. Корзун В. Н. Вимоги до якості харчування населення в умовах екологічного неблагополуччя / В. Н. Корзун // Екологічний вісник. – 2006. – № 6. – С. 10–14.
2. Смоляр В. І. Основні тенденції в харчуванні населення України / В. І. Смоляр // Проблеми харчування. – 2007. – № 4. – С. 3.
3. Цимбаліста Н. В. Стан фактичного харчування населення та аліментарно обумовлена захворюваність / Н. В. Цимбаліста, Н. В. Давиденко // Проблеми харчування. – 2008. – № 12. – С. 32–35.
4. Смоляр В. І. Сучасне обґрунтування нормативів харчування / В. І. Смоляр // Проблеми харчування. – 2006. – № 3. – С. 24–30.
5. Басюркіна Н. Й. Дослідження проблем забезпечення продовольчої безпеки держави / Н. Й. Басюркіна // Розвиток наукових досліджень 2008 : Міжнар. наук.-практ. конф.: матеріали / ПДПУ, 2008. – С. 34–39.
6. Матасар І. Про наукове обґрунтування та розробку норм фізіологічних потреб дорослого працездатного населення України в основних харчових речовинах та енергії / І. Матасар, Н. Салій // Ліки України. – 2007. – № 12. – С. 61–63.
7. Збагачення харчових продуктів вітамінами та мінералами як важливий фактор оптимізації харчування населення України / О. С. Мартинова, Н. В. Гордієнко, А. Є. Подрушняк, В. П. Кульчицька // Актуальні питання гігієни харчування та безпечності харчових продуктів : IV Міжнар. наук.-практ. конф. – К., 2006. – С. 60–61.
8. Про якість та безпеку харчових продуктів та продовольчої сировини [Електронний ресурс]: закон України. – Режим доступу: <<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2809-15>>.
9. Технологічні аспекти створення хлібобулочних і кондитерських виробів спеціального призначення / Г. М. Лисюк, С. Г. Олійник, О. В. Самохвалова, З. І. Кучерук // Харчова наука і технологія. – 2009. – № 1 (6). – С. 25–30.
10. Васильченко А. Н. Состояние и перспективы развития хлебопекарной промышленности в Украине / А. Н. Васильченко // Харчова наука і технологія. – 2009. – № 1 (6). – С. 5–8.
11. Миневи́ч И.Э. Разработка технологических решений переработки семян льна для создания функциональных пищевых продуктов: автореф. дис. на соискание уч. степ. канд. техн. наук: спец. Специальность 05.18.01 «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства» / И. Э. Миневи́ч. – М., 2009. – 27 с.

Рецензент д.т.н., В.Ф. Дідух

УДК 677.027

© О.Л.Ткачук, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

© О.В. Остапчук

Приватне акціонерне товариство «Едельвіка»

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ ЛЬОНОВМІСНОЇ ТКАНИНИ

В статті проаналізовано вплив компонентів відварювальної ванни та їх концентрацій на показники якості сумішевої льоновмісної тканини. Розроблено склад для відварювання, що забезпечує високу якість текстильного матеріалу та дозволяє зберегти природне забарвлення льону.

ТЕКСТИЛЬНИЙ МАТЕРІАЛ, ЛЬОН, ВІДВАРЮВАННЯ

Постановка проблеми. Тенденції ринку до оновлення продукції потребують створення нового асортименту тканин з високими споживчими властивостями. Виникає необхідність розроблення нових текстильних матеріалів з комбінацій натуральних та хімічних компонентів. Продукція з льону користується великим попитом завдяки унікальному комплексу властивостей таких як: гігієнічність, висока міцність, еластичність, низький електричний опір, природна бактерицидність. Перспективними є сумішеві тканини з льону бавовни та поліестеру.

Використання текстильних матеріалів із сумішею волокон потребує створення спеціальної технології оздоблення. Під час розробки технології необхідно враховувати властивості кожного волокнистого компонента.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пошук нових складів тканин зумовлений необхідністю забезпечення найкращого поєднання фізико-механічних, санітарно-гігієнічних та експлуатаційних властивостей виробів. Якісний склад сумішей та кількісне співвідношення компонентів визначають технологію оздоблення, включаючи підготовку. Комбінування лляного волокна з поліефірним забезпечує стабільність розмірів виробів і зниження здатності утворювати складки та заломы. Разом із тим підвищується міцність та стійкість до стирання. Найбільш перспективним, з врахуванням вимог гігієни та екологічної безпеки, є використання лляних волокон для виробництва білизняних тканин, тканин побутового призначення та літнього одягу [1, 2]. Сучасний асортимент лляних та льоновмісних платтяно-костюмних тканин представлений як

в модному колористичному оформленні, так і в нефарбованому натуральному вигляді. Класична технологія підготовки целюлозовмісних текстильних матеріалів включає кілька процесів: розсліхтовування, відварювання, відбілювання [3, 4]. Для збереження природних кольорових речовин, які надають льону бежевого кольору відбілювання проводити недоцільно, тому технологія підготовки досліджуваної тканини буде включати лише операцію відварювання.

Мета дослідження – проаналізувати вплив компонентів відварювального розчину та їх концентрацій на показники якості тканини із суміші волокон та розробити склад для відварювання, який забезпечить максимальне збереження комплексу цінних властивостей льоновомісного текстильного матеріалу та його природне забарвлення.

Результати дослідження. Дослідження проводилися на тканині арт. ТПК-11 виробництва ПрАТ «Едельвіка» (м. Луцьк). Характеристика тканини представлена в табл. 1.

Таблиця 1 – Фізико-механічні показники тканини

Показники	Величина
Склад сировини, %	50 Поліестер + 30 Бавовна + 20 Льон
Розривне навантаження, Н	
основа	569
уток	542
Поверхнева щільність, г/м ²	152,3

Технологічний процес відварювання здійснювався в лабораторних умовах періодичним способом за температури 95°C протягом 1 год., модуль ванни становив М=1:10. Якість тканини оцінювали за такими показниками як капілярність через 1 год. (мм), гігроскопічність (%), змочуваність (с), розривне навантаження (Н), ступінь білості (%).

Гігроскопічність та капілярність визначали за ДСТУ ГОСТ 3816:2009 (ИСО 811–81) «Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотгаливающих свойств. (ГОСТ 3816–81 (ИСО 811–81), ИДТ)». Гігроскопічність визначали за вологості 98±1% протягом 4 год. Капілярність вимірювали на приладі PU-4. Розривне навантаження визначали за ГОСТ 3813-72 «Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении» на розривній машині РМ-250М.

Традиційно для відварювання текстильних матеріалів використовують розчини, які містять гідроксид натрію (NaOH), ПАР

бісульфіт натрію (NaHSO_3) та силікат натрію ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) [4]. Силікати натрію мають суттєві недоліки – осідаючи на поверхні волокна і обладнання призводять до пошкодження тканин та забруднення обладнання.

В якості лужного агента для відварювання бавовни найчастіше застосовують гідроксид натрію. Карбонат натрію більше використовують для відварювання льону. В літературі приведені дані про застосування для відварювання льонівмісних тканин гідроксиду натрію і карбонату натрію разом у співвідношенні 2:1 [5]. Представляло інтерес дослідити вплив природи лужного агенту на процес відварювання сумішевої поліестеро-бавовняно-лляної тканини. Результати дослідження впливу концентрацій гідроксиду натрію та карбонату натрію на фізико-механічні показники досліджуваної тканини представлено в табл. 2 та 3.

Таблиця 2 – Вплив концентрації NaOH на показники якості тканини

Назва препарату	Концентрація препарату, г/л				
	Варіанти складів				
	1	2	3	4	5
Гідроксид натрію	20,0	15,0	10,0	7,5	5,0
ПАР (Коловет АН)	2	2	2	2	2
Фізико-механічні показники відвареної тканини					
Капілярність, мм	189	188	180	175	170
Змочуваність, с	0,5	0,5	0,7	1,0	1,2
Гігроскопічність, %	11,0	10,9	10,6	10,3	10,1
Розривне навантаження (уток), Н	562	570	574	583	601

Аналіз отриманих даних показав, що за збільшення концентрації гідроксиду натрію від 5 г/л до 15 г/л підвищується капілярність текстильного матеріалу від 170 мм до 188 мм, покращується також змочуваність та гігроскопічність. Збільшення концентрації NaOH від 15 г/л до 20 г/л незначно впливає на зміну показників капілярності, гігроскопічності та змочуваності, а отже не є доцільним. З підвищенням концентрації їдкого натру спостерігається зниження міцності тканини, про що свідчить зміна показника розривного навантаження з 601 Н до 562 Н.

Збільшення кількості карбонату натрію в відварювальній ванні від 15 г/л до 25 г/л сприяє підвищенню капілярності тканини від 160 мм до 178 мм, покращенню змочуваності і гігроскопічності. Подальше збільшення концентрації Na_2CO_3 від 25 г/л до 40 г/л мало

впливає на зміну показників капілярності, гігроскопічності та змочуваності. Зі збільшенням концентрації карбонату натрію від 15 г/л до 40 г/л показник розривного навантаження знижується з 622 Н до 580 Н.

Таблиця 3 – Вплив концентрації Na_2CO_3 на показники якості тканини

Назва препарату	Концентрація препарату, г/л				
	Варіанти складів				
	1	2	3	4	5
Карбонат натрію	40,0	30,0	25,0	20,0	15,0
ПАР (Коловет АН)	2	2	2	2	2
Фізико-механічні показники відвареної тканини					
Капілярність, мм	180	179	178	170	160
Змочуваність, с	1,8	1,8	2,0	2,3	3,0
Гігроскопічність, %	10,4	10,3	10,2	10,0	9,8
Розривне навантаження (уток), Н	580	583	594	611	622

Порівняння впливу обох лужних агентів показує, що підвищення концентрації гідроксиду натрію призводить до більш інтенсивного зростання капілярності, гігроскопічності та покращення змочуваності, але й до більшого зниження міцності тканини, про що свідчить показник розривного навантаження.

Результати, представлені в табл. 2 та табл. 3 свідчать, що максимальні показники капілярності та гігроскопічності а також найкраща змочуваність досягаються за концентрації гідроксиду натрію 15 г/л, а карбонату натрію – 10 г/л. Для подальших досліджень дані лужні агенти застосовували при вказаних концентраціях.

Під час лужного відварювання за високої температури, виникає небезпека окислювальної деструкції целюлози. Для запобігання деструкції в відварювальну ванну вводять антиоксиданти, найчастіше застосовують відновники [4]. З метою визначення впливу різних відновників на якість підготовки текстильного матеріалу в відварювальній розчині вводили бісульфіт натрію та дітїоніт натрію.

Склади відварювальних ванн, а також показники якості тканини представлені в табл. 4.

Як видно з табл. 4. застосування відновників бісульфіту натрію та дітїоніту натрію незначно впливає на зміну показників капілярності, змочуваності та гігроскопічності, однак сприяє підвищенню показника розривного навантаження.

Таблиця 4 – Вплив концентрації відновника на фізико-механічні показники досліджуваної тканини

Назва препарату	Концентрація препарату, г/л					
	Варіанти складів					
	1	2	3	4	5	6
Гідроксид натрію	15	15	-	-	13	13
Карбонат натрію	-	-	25	25	7	7
ПАР (Коловет АН)	2	2	2	2	2	2
Бісульфіт натрію (NaHSO ₃)	5	-	5	-	5	-
Дітіоніт натрію (Na ₂ S ₂ O ₄)	-	5	-	5	-	5
Фізико-механічні показники відвареної тканини						
Капілярність, мм	190	189	181	181	186	185
Змочуваність, с	0,5	0,5	2,1	2,0	1,5	1,4
Гігроскопічність, %	10,9	10,8	10,2	10,1	10,5	10,5
Розривне навантаження (уток), Н	585	580	605	598	594	589
Ступінь білості, %	52	56	54	58	53	57

Порівняння впливу двох відновників на показники ступеня білості та розривного навантаження, дозволяють зробити висновок, що дітіоніт натрію сприяє більшому відбілюванню текстильного матеріалу та менше захищає від окислювальної деструкції. Тому більш раціональним для відварювання досліджуваної тканини буде застосування бісульфіту натрію.

Як видно з табл. 4, тканина, відварена з застосуванням лужно-содового розчину (варіант 5), характеризується нижчою капілярністю, гігроскопічністю та змочуваністю, проте більшою міцністю в порівнянні з обробкою з застосуванням гідроксиду натрію (варіант 5).

Застосування різних показників оцінювання якості відвареної тканини дозволяє однозначно визначити вплив компонентів відварювального розчину і їх концентрацій та розробити склад, який забезпечить максимальне збереження комплексу цінних властивостей льоновомісного текстильного матеріалу та його природного забарвлення. Тому, з врахуванням отриманих даних, можна рекомендувати наступний склад для відварювання досліджуваної тканини, що містить: гідроксид натрію – 13 г/л, карбонат натрію – 7 г/л, ПАР (Коловет АН) – 2 г/л, бісульфіт натрію – 5 г/л.

Висновки. В результаті проведеного дослідження рекомендовано склад для відварювання поліестеро-бавовняно-лляної тканини, що забезпечує високі показники гігієнічних та споживчих

властивостей текстильного матеріалу зі збереженням його природного забарвлення.

Література

1. Фомченкова Л.И. Рынок льняных тканей и льноволокна / Л.И. Фомченкова// Текстильная промышленность. – 2003. – №3. – С.85-87.

2. Нестеренко Л.В. Сучасні тенденції розвитку лляної галузі/ Л.В. Нестеренко// Проблеми легкой и текстильной промышленности Украины. – 2004. – №1. – С.121-123.

3. Кричевский Г.Е., Никитков В.А. Теория и практика подготовки текстильных материалов (из целлюлозных волокон). – М.: Легпромбытиздат, 1989. – 208 с

4. Кричевский Г. Е. Химическая технология текстильных материалов / Кричевский Г. Е., Корчагин М. В., Сенахов А. В. – М.: Легпромбытиздат, 1985. – 640 с.

5. Садов Ф.И. Химическая технология волокнистых материалов / Ф.И. Садов, М.В. Корчагин, А.И. Матецкий. – Легкая индустрия, 1968. – 784 с.

Рецензент д.т.н. О.О.Налобіна

УДК 631.303

© Г.А. Хайлис, д.т.н., П.А. Пех, к.т.н., Н.А. Толстушко

Луцкий национальный технический университет

© В.В. Шевчук, к.т.н.

Уманский национальный университет садоводства

© М.В. Шевчук

Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЧВЫ ПРИ ЕЕ ОБРАБОТКЕ ИГОЛЬЧАТОЙ БОРОНОЙ

В статье рассмотрено определение силы сопротивления почвы при ее обработке игольчатой бороной.

СИЛА, ДВИЖЕНИЕ, ДИСК, ИГЛА, ИГОЛЬЧАТАЯ БОРОНА, ПОЧВА, ОСЬ, СЕКЦИЯ, ЦЕНТР, СОПРОТИВЛЕНИЕ, ОБРАБОТКА.

Постановка проблемы. Для обработки почвы применяются игольчатые бороны. Эти рабочие органы исследованы рядом авторов [1– 6], однако вопросы определения движущей силы и сопротивления почвы выяснены недостаточно. Ввиду этого, исследование работы этих борон представляет значительный интерес.

Анализ последних исследований и публикаций. По работе игольчатых борон проведено много исследований [1-7], но силы, действующие на иглы борон при движении машины исследованы недостаточно; недостаточно также исследован характер изменения движущей силы.

Цель исследования – определить закономерности изменения силы сопротивления почвы при ее обработке игольчатой бороной.

Результаты исследования. Рассматриваемая нами борона представляет собой устройство, совершающее качение по почве в продольно-вертикальной плоскости. В этой плоскости движутся диски с иглами, которые углубляются в почву и производят ее рыхление. Схема диска бороны с прямолинейными иглами представлена на рис. 1.

Каждая игла в нижнем положении значительно углубляется в почву. Это углубление зависит от состояния почвы, ее влажности и плотности, а также от давления бороны на почву. Еще влияет на это углубление угол между двумя соседними иглами на диске. Чем больше этот угол, тем больше сила давления конца каждой иглы на почву, и тем больше углубление иглы в почву. По агротехническим требованиям глубина иглы должна быть 6...8 см. Внешний диаметр диска с иглами у существующих машин находится в пределах от 290 до 310 мм. В среднем можно считать, что этот внешний диаметр диска с иглами равен около 300 мм. Число игл у диска, как правило, составляет 12, из чего следует, что угол между иглами на диске составляет $360^\circ/12$, т.е. 30° . Длина иглы составляет 70...80 мм, т.е. 7...8 см, что позволяет удовлетворить требования агротехники.

При таких параметрах диска с иглами углубление иглы в почву начинается при касании конца иглы A_1 поверхности почвы $e-e$ (рис. 1); в положении CA_2 игла заканчивает прокол почвы, а в положении CA_3 игла выходит из почвы. Диск с иглами давит на почву с силой G , приложенной в центре C диска по вертикали, а движение диска с иглами по горизонтали обеспечивается благодаря действию горизонтально силы P_0 , давящей на центр C диска с иглами по

горизонталі. Центр C рухається со швидкістю v_c , являючої швидкістю руху агрегату.

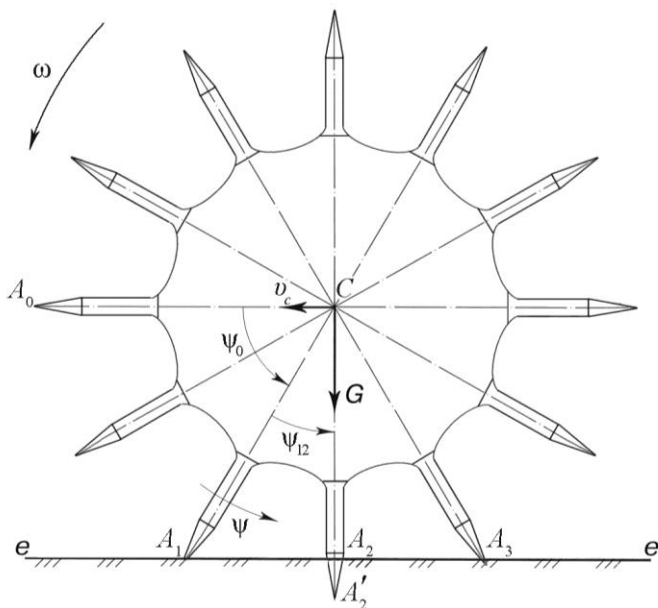


Рис. 1 – Схема диска борони с иглами при его движении влево и повороте

Раніше проведеними теоретическими дослідженнями [6] виведена наступна залежність сили P_o від впливаючих факторів:

$$P_o \approx \kappa \cdot (h_n / \psi_{12}) \cdot \psi \cdot \cos(\psi_0 + \psi), \quad (1)$$

де κ – коефіцієнт, залежний від опору ґрунту внедренню в неї иглы, конусності иглы и твердості ґрунту; визначається он опытным путем, Н/м;

ψ – угол поворота иглы в сторону ее вращения (ψ – переменная величина);

ψ_{12} – угол A_1CA_2' (т.е. угол до вертикального положения иглы);

h_n – глубина A_2A_2' погружения иглы в почву (в вертикальном положении);

ψ_0 – угол A_0CA_1 , т.е. угол, характеризующий положение иглы CA_1 в момент соприкосновения ее конца A_1 с поверхностью $e-e$ почвы.

Величини h_n , ψ_0 и ψ_{12} являются постоянными при одном проколе почвы, а во время прокола меняется лишь угол ψ от 0 при соприкосновении конца A_1 иглы с почвой до ψ_{12} при окончании прокола почвы. Таким образом, сила P_ϕ является функцией угла ψ . Для упрощения записи обозначим произведение $\kappa \cdot h_n / \psi_{12}$ через B . Тогда

$$P_\phi \approx B \psi \cos(\psi_0 + \psi), \quad (2)$$

где

$$B = \kappa \cdot h_n / \psi_{12}.$$

Для определения максимального значения силы P_ϕ при прокалывании почвы иглой бороны воспользуемся вышеприведенной формулой (2) и определим первую и вторую производные данной функции при условии, что переменной величиной является угол ψ , а величины B и ψ_0 постоянны.

Первая производная будет:

$$\begin{aligned} \frac{dP_\phi}{d\psi} &\approx B \{ \cos(\psi_0 + \psi) + \psi [-\sin(\psi_0 + \psi)] \} = \\ &= B [\cos(\psi_0 + \psi) - \psi \sin(\psi_0 + \psi)]. \end{aligned} \quad (4)$$

Вторая производная будет:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 P_\phi}{d\psi^2} &\approx B \{ -\sin(\psi_0 + \psi) - \sin(\psi_0 + \psi) - \psi \cos(\psi_0 + \psi) \} = \\ &= -B [2 \sin(\psi_0 + \psi) + \psi \cos(\psi_0 + \psi)]. \end{aligned} \quad (5)$$

Вторая производная получилась со знаком «-». Ввиду этого можно приравнять первую производную нулю и решением полученного таким образом уравнения относительно ψ находим угол ψ , при котором сила P_ϕ достигает максимального значения. Тогда в соответствии с равенством (4), приравненным нулю, получаем уравнение:

$$B [\cos(\psi_0 + \psi) - \psi \sin(\psi_0 + \psi)] = 0, \quad (6)$$

откуда

$$\operatorname{ctg}(\psi_0 + \psi) - \psi = 0. \quad (7)$$

Так выглядит уравнение, где неизвестным является угол ψ , соответствующий максимальному значению силы $P_{\phi \max}$. Обозначим

этот угол ψ_p . Он находится решением следующего уравнения, вытекающего из равенства (7):

$$\operatorname{ctg}(\psi_0 + \psi_p) - \psi_p = 0. \quad (8)$$

где угол ψ_p перед знаком равенства будет в радианах.

Решить это уравнение точно трудно. Решим его приближенно путем нахождения таких значений угла ψ_p , при которых левая часть равенства (8) равна нулю или хотя бы близка к нулю. Для этого составим несколько вариантов значений угла ψ_p , при которых в одних случаях левая часть равенства (8) близка к нулю, но положительная, а в других случаях левая часть равенства (8) также близка к нулю, но отрицательна. Из этих двух случаев находим угол ψ_p , при котором левая часть равенства (8) весьма близка к нулю или равна нулю (данный порядок вычислений является одним из вариантов метода последовательных приближений).

Покажем это на примере, когда угол $\psi_0 = 60^\circ$, а угол ψ_p составляет 10° , 15° , 20° и 25° , т.е. когда имеем четыре варианта уравнений (8); тогда получим:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{ctg}(60^\circ + 10^\circ) - \frac{10}{57,2} &\approx 0,36 - 0,18 = 0,18; \\ \operatorname{ctg}(60^\circ + 15^\circ) - \frac{15}{57,2} &\approx 0,27 - 0,26 = 0,01; \\ \operatorname{ctg}(60^\circ + 20^\circ) - \frac{20}{57,2} &\approx 0,18 - 0,35 = -0,17; \\ \operatorname{ctg}(60^\circ + 25^\circ) - \frac{25}{57,2} &\approx 0,09 - 0,43 = -0,34. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

В этих равенствах цифра 57,2 представляет собой приближенное значение числа градусов в одном радиане.

Из равенств (9) видно, что с точностью до 0,01 в равенстве (8) угол ψ_p равен 15° . Если такая точность расчетов для нашего случая не достаточна, то составим еще два равенства, аналогичных второму равенству (9), но при углах ψ_p равных $15^\circ 30'$ и 16° :

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{ctg}(60^\circ + 15'30'') - \frac{15,5}{57,2} &\approx 0,26 - 0,27 = -0,01; \\ \operatorname{ctg}(60^\circ + 16'') - \frac{16}{57,2} &\approx 0,25 - 0,28 = -0,03. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Из приведенных равенств (9) и (10) самыми близкими друг к другу является второе равенство (9) и первое равенство (10). Из этих двух равенств следует, что $\operatorname{ctg}(60^\circ + 15^\circ) - \frac{15}{57,2}$ больше нуля на 0,01, а $\operatorname{ctg}(60^\circ + 15'30'') - \frac{15,5}{57,2}$ меньше нуля на 0,01. Из-за таких малых расхождений между этими двумя величинами будем считать, что в рассматриваемом случае угол ψ_p приблизительно равен 15° . В этом случае получим, что $\psi_p \approx \frac{\psi_{12}}{2}$, где ψ_{12} , как уже указывалось, является углом A_1CA_2' , равным $\frac{\pi}{2} - \psi_0$. Таким образом находим, что

$$\psi_p \approx \frac{1}{2} \left(\frac{\pi}{2} - \psi_0 \right), \quad (11)$$

а

$$\psi_0 + \psi_p \approx \psi_0 + \frac{1}{2} \left(\frac{\pi}{2} - \psi_0 \right) \approx \frac{\pi}{4} + \frac{\psi_0}{2}. \quad (11')$$

Так как максимальное значение силы P_θ , которую обозначим $P_{\theta \max}$, будет при угле ψ , равном ψ_p , то для получения зависимости этой силы от влияющих факторов подставим в формулу (2) значения углов ψ_p и ψ_0 в соответствии с равенствами (11) и (11'); тогда получим:

$$P_{\theta \max} \approx \frac{1}{2} B \left(\frac{\pi}{2} - \psi_0 \right) \cos \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\psi_0}{2} \right). \quad (12)$$

где B определяется по формуле (3).

Выводы. Определено максимальное значение силы, необходимой для прокола почвы иглой игольчатой бороны при ее движении по полю. Сила эта P_θ действует по горизонтали на центр C диска с иглами и в начале движения центра C , когда нижний конец очередной иглы только коснулся поверхности почвы и $\psi = 0$, сила эта

по формуле (2) равна нулю. Затем по мере дальнейшего движения центра C сила эта возрастает, максимальное ее значение будет при таком повороте и углублении иглы, когда угол ψ_p ее поворота окажется равным $\sim \frac{1}{2} \left(\frac{\pi}{2} - \psi_0 \right)$, а сумма углов $\psi_0 + \psi_p$ равна $\sim \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\psi_0}{2} \right)$. При дальнейшем движении центра C диска сила P_0 уменьшается и становится равной нулю, когда угол ψ становится равным ψ_{12} , т.е. когда игла становится в вертикальном положении.

Литература

1. Заика П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1 (частина 1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: ОКО, 2001. – 444 с.
2. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. Изд. 3-е допол. и перераб. – М.: Колос, 1994. – 751 с.
3. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.
4. Хайлис Г.А. Основы теории и расчета сельскохозяйственных машин. – К.: Изд-во УСХА, 1992. – 235 с.
5. Кравчук В., Хайлис Г., Шевчук В. О качении дисков игольчатой бороны при перемещении по поверхности почвы // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 10. – С. 23 – 25.
6. Хайлис Г.А., Ковалев М.М., Толстушко Н.Н., Шевчук В.В. Анализ работы игл игольчатой бороны при их качении по почве. Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 5. – С. 25 – 29.
7. Мазитов Н. Теория реактивных рабочих органов почвообрабатывающих машин. – Казань: Изд-во «ФЭН» Академии наук РТ, 2011. – 280 с.

УДК 631.303

© Г.А. Хайлис, д.т.н., Н.Н. Толстушко, к.т.н., В.Л. Мартынюк, к.т.н.,
Н.А. Толстушко

Луцкий национальный технический университет

© М.В. Шевчук

Национальный научный центр «Институт механизации и
электрификации сельского хозяйства»

ОСОБЕННОСТИ РОБОТЫ ПРИЦЕПНОЙ ДВУХКОЛЁСНОЙ МАШИНЫ НА СКЛОНАХ ПОЛЕЙ

В статье рассмотрены особенности работы прицепной двухколесной машины на склонах полей и пути улучшения устойчивости этой машины.

МАШИНА, СКЛОН, ПОЛЕ, ОПОРА, КОЛЕСО, ОСЬ, ПОВОРОТ.

Постановка проблемы. Работа сельскохозяйственных машин в полевых условиях во многом зависит от размеров полей и их склонов. Зависит эта работа и от конструктивных особенностей машин, их габаритов и нагрузок, преодолеваемых их рабочими органами при выполнении технологических процессов. Подобные машины используются и в лесном хозяйстве. Все эти вопросы подлежат исследованию.

Анализ последних исследований и публикаций. По работе машин на склонах полей проведен ряд исследований [1-8], однако устойчивость работы этих машин исследована недостаточно. Так, недостаточно исследовано влияние конструктивных параметров машин и особенностей расположения полей на устойчивость работы этих машин. В похожих условиях часто работают лесные машины.

Цель исследования – проанализировать возможное положение прицепной двухколесной машины и её рабочих органов на склонах полей без учета сопротивлений при обработке почвы и материалов и определить пути улучшения работы этой машины и недопущения её возможного опрокидывания при работе.

Результаты исследования. Одной из сравнительно простых машин является прицепная двухколесная машина, содержащая раму, колеса, рабочие органы, ёмкости, механизм привода рабочих органов и прицепное устройство для присоединения к трактору. Такой машиной является, например, сеялка. Рассмотрим на примере этой машины, как влияет наклон поля на её положение в поле и возможности выполнения её технологического процесса.

Рассмотрим сначала силы, действующие на машину, находящуюся на горизонтальном поле. Схема такой машины представлена на рис.1, на котором дан вид сзади на нее на горизонтальном поле. Машина эта состоит из рабочего органа 1, схематически изображенного в виде прямоугольника $ABDE$, осей 2 и 3 и колес 4 и 5. Центр тяжести машины находится в средней ее точке C ; в этой точке приложена сила G тяжести машины, направленная на горизонтальном поле вертикально вниз. Реакции колес N_1 и N_2 направлены в данном случае вертикально вверх, будем считать их приложенными в середине каждой нижней части ободьев колес, что справедливо при равномерном распределении давления почвы на эти ободья. Считаем, что $N_1 = N_2 = G/2$. Ширину машины вместе с колесами обозначим L , а ширину обода колеса обозначим b (она одинакова и для левого колеса, и для правого колеса).

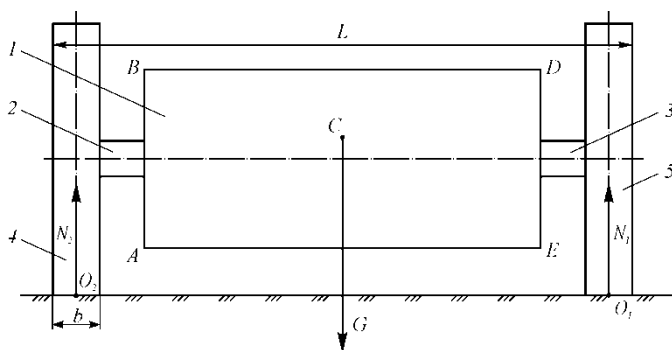


Рис. 1 – Схема машины на двух опорах на горизонтальном поле (вид сзади): 1 – схема рабочего органа; 2 и 3 – оси колес; 4 – левое колесо; 5 – правое колесо.

А теперь посмотрим, что произойдет с машиной, если она окажется на поле с уклоном в какую либо сторону. Пусть это будет уклон в правую сторону. Такая схема представлена на рис. 2. Поле здесь находится под углом α к горизонтали KL' .

В этом случае из-за поворота машины по часовой стрелке вокруг точки K на угол α отклонения линии поля L_1K от горизонтали L'_1K машина оказывается наклоненной вправо и вниз на указанный угол α ; при этом соответственно повернется и сила G на угол α . Считаем, что при таком изменении положения машины

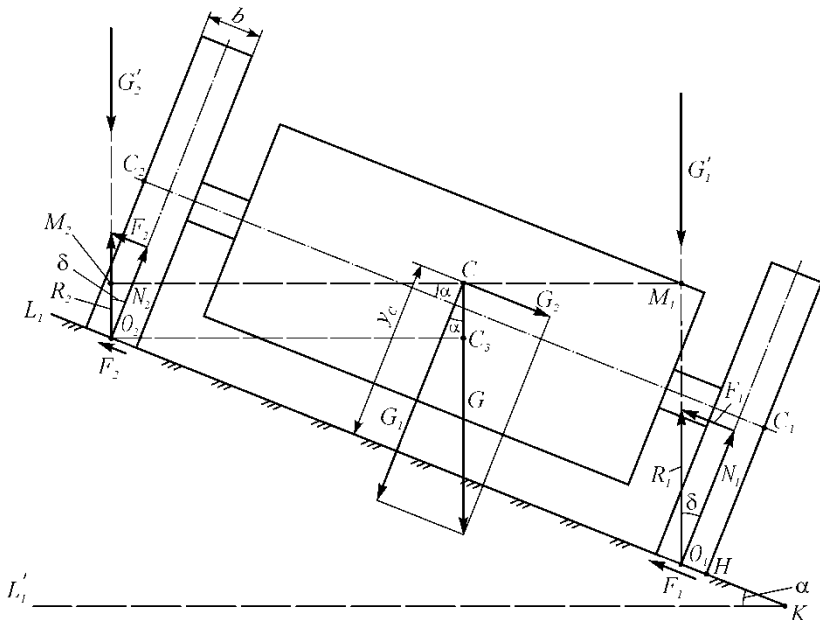


Рис. 2 – Схема машини, приведенной на рис. 1, после её поворота на угол α , под которым оказалась поверхность поля, и действие сил на машину и её колёса

положение её центра тяжести C не меняется, т.е. считаем, что перемещения материалов и деталей внутри машины во время её поворота не происходят, а расстояния от центра тяжести машины до её опорной плоскости и колес не меняется. При таком повороте силы G машина будет действовать на поверхность поля перпендикулярно этой поверхности с силой G_1 и параллельно поверхности поля с силой G_2 , т.е. силу G можно теперь показать разложенной на две составляющие G_1 и G_2 , равные:

$$\left. \begin{aligned} G_1 &= G \cos \alpha; \\ G_2 &= G \sin \alpha. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Под действием составляющей G_1 машина прижимается к поверхности почвы, а под действием составляющей G_2 машина стремится сдвинуться вправо, преодолевая сопротивление трению, которое создается почвой в зонах ее соприкосновения с нижними

частями колес, где расположены точки O_1 и O_2 . Всю силу трения почвы о нижние части колес обозначим F , эта сила состоит из двух составляющих F_1 и F_2 ; из них составляющая F_1 действует в зоне нахождения точки O_1 , а составляющая F_2 действует в зоне нахождения точки O_2 . Составляющая F_1 равна $f_{II}N_1$, а составляющая F_2 равна $f_{II}N_2$, где f_{II} – коэффициент трения покоя, а N_1 и N_2 – это нормальные силы реакций почвы в зоне нахождения точек O_1 и O_2 . Тогда условие нескольжения колес по почве выразится следующим образом:

$$F_{1max} + F_{2max} > G_2 \quad (2)$$

или

$$f_{IImax}(N_1 + N_2) > G_2, \quad (2')$$

где F_{1max} , F_{2max} и f_{IImax} – максимальные значения сил F_1 и F_2 , и коэффициента f_{II} .

Силу G в положении на рис. 2 можно разложить на две параллельные ей силы G_1' , действующую по линии через точку O_1 , и G_2' , действующую по линии через точку O_2 . Для этого проведем на рис. 2 через точку C линию, перпендикулярную силе G , и отметим на этой линии в правой части точку M_1 , а в левой части линии отметим точку M_2 . По линии M_2O_2 действует составляющая сила G_2' , а по линии M_1O_1 действует составляющая сила G_1' . Линии M_1O_1 и M_2O_2 параллельны линии действия силы G . Точки O_1 и O_2 , как видно из рис. 1, являются точками приложения сил реакции почвы N_1 и N_2 , действующих со стороны почвы на ободья правого и левого колес. На рис. 2 сила G отклонена на угол α от вертикали, т.е. от того положения, которое есть на рис. 1, соответственно и силы реакции почвы на ободья колес на рис. 2, обозначенные R_1 и R_2 , должны быть повернуты на угол α от вертикалей, по которым действуют силы реакций N_1 и N_2 на рис. 1.

Как видно из рис. 2, на правое колесо в точке O_1 со стороны почвы действуют нормальная сила реакции N_1 и касательная сила реакции F_1 . Сила F_1 представляет собой силу трения покоя почвы о поверхность обода колеса, ввиду чего можно записать что

$$F_1 = f_{II} N_1, \quad (3)$$

где f_{II} – коэффициент трения покоя почвы об обод колеса.

В этой формуле (3) фигурирует коэффициент трения покоя, а не коэффициент трения скольжения потому, что обод колеса не должен двигаться относительно почвы в направлении линии действия силы F_1 , а должен оставаться своей серединой на уровне точки O_1 . Ввиду этого угол δ между силами R_1 и N_1 есть угол трения покоя, а коэффициент f_{II} равен $tg\delta$. Так как силы R_1 и G_1' действуют по одной линии, а сила G_1' параллельна силе G , то угол δ равен углу α между силами G и G_1 , т.е. сила G_1' и сила R_1 параллельны силе G .

Из рис. 2 видно, что на левое колесо в точке O_2 действуют со стороны почвы нормальная сила реакции N_2 и касательная сила реакции F_2 , представляющая собой силу трения, о которой выше говорится применительно к правому колесу.

Равнодействующей сил N_2 и F_2 является сила R_2 , отклоненная от силы N_2 на угол трения δ , о котором выше говорится. Сила G_1' действует на правое колесо противоположно силе R_1 , а сила G_2' действует на левое колесо противоположно силе R_2 . При угле α , равном нулю, силы F_1 и F_2 равны нулю, а сила R_1 равна $G/2$, этому же значению $G/2$ равняется сила R_2 при $\alpha = 0$.

Так как силы G , R_1 и R_2 параллельны, сила G противоположно направлена по отношению к силам R_1 и R_2 , то на основании закона теоретической механики по разложению силы на две ей параллельные можно записать, что

$$G = |R_1| + |R_2|, \quad (4)$$

где $|R_1|$ и $|R_2|$ – модули сил R_1 и R_2 .

С другой стороны, на основании того же закона теоретической механики о разложении силы на две, ей параллельные, мы можем записать, что

$$|R_1|(M_1C) = |R_2|(M_2C), \quad (5)$$

где M_1C и M_2C – расстояния M_1C и M_2C на рис. 2.

Из равенств (4) и (5) следует, если учитывать только величину сил (без направления):

$$M_2 C = \frac{R_1}{G} (M_1 M_2); \quad (6)$$

$$M_1 C = \frac{R_2}{G} (M_1 M_2). \quad (7)$$

Расстояние $M_1 M_2$ (рис. 2) меньше расстояния $O_1 O_2$, равного $L - 2 \frac{b}{2}$, и определяется по формуле:

$$M_1 M_2 = (L - b) \cdot \cos \alpha. \quad (8)$$

Подставляя значения $M_1 M_2$ по (8) в равенства (6) и (7), получим:

$$M_1 C = \frac{R_2}{G} \cdot (L - b) \cdot \cos \alpha; \quad (9)$$

$$M_2 C = \frac{R_1}{G} \cdot (L - b) \cdot \cos \alpha. \quad (10)$$

Таковы основные зависимости между величинами, которые характеризуют движение рассматриваемой машины на склонах полей.

Как видно из рис. 2 и формул (1), (2), (6), (7), (8), (9) и (10) с ростом угла α возрастают составляющие силы G_2 и G_1' , и уменьшаются составляющие силы G_1 и G_2' . Это значит, что с ростом угла α линия действия силы G приближается к нижней части правого колеса, что опасно для машины, так как при таком приближении линии действия силы G к точке O_1 возможно опрокидывание машины вправо.

Обозначим нижнюю правую точку правого колеса машины H (рис. 2). Тогда в случае, когда линия действия силы G будет проходить правее точки H , машина опрокинется вправо. Близкий к этому случай представлен на рис. 3. На этом рисунке машина настолько повернута вправо вокруг точки H , что линия CH стала почти вертикальной. Положение этой линии соответствует случаю, когда действующая сила тяжести G начинает опрокидывать машину вправо. Угол α между линией действия опрокидывающей силы G и перпендикуляром к линии, соединяющей нижние точки колес машины H и H_1 (рис. 3), обозначим α_0 . При таком угле поворота α_0 машина начнет опрокидываться, поэтому при работе во избежание

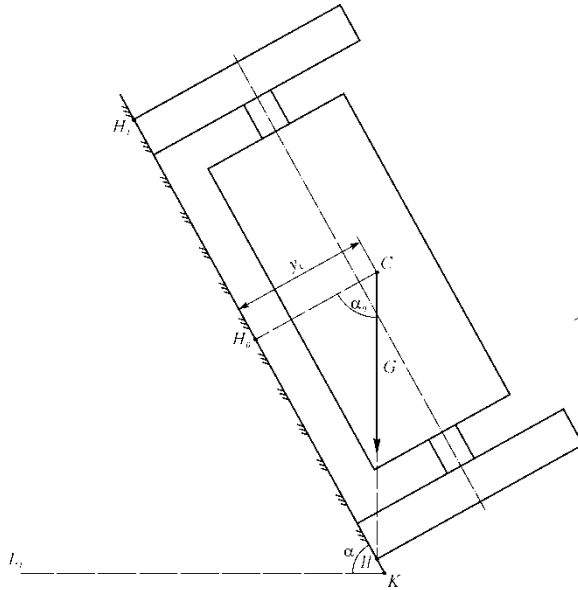


Рис. 3 – Положение машины, приведенной на рис. 1 и 2, перед началом её опрокидывания

опрокидывания машины нельзя допустить такого её поворота на такой большой угол α .

Тангенс угла α_0 равен отношению $\frac{HH_0}{CH_0}$, где HH_0

равняется половине расстояния L на рис. 1, а CH_0 равно расстоянию от центра тяжести машины C до поверхности поля на рис. 1 и 3. Обозначим это расстояние y_c . Тогда

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{L}{2 \cdot y_c}. \quad (11)$$

Чтобы опрокидывания машины не было, надо чтобы агрегат работал при таком угле α , который значительно меньше α_0 . Это достигается увеличением расстояния L (рис. 1), уменьшением высоты расположения центра тяжести машины C и уменьшением, по возможности, расстояния от рабочих органов машины до земли. Оптимальным значением угла α_0 следует считать угол, не превышающий значения 20° .

Выводи. В результате анализа сил, действующих на прицепную двухколесную машину при её работе на склонах полей, установлено условие, при котором машина может работать на этих склонах без опрокидывания. Это условие заключается в том, что угол отклонения линии склона от горизонтали должен быть значительно меньше угла α_0 , определяемого из формулы (11). С другой стороны, работать на такой машине нужно так, чтобы полностью выполнялся требуемой технологический процесс, и чтобы были обеспечены работоспособность, надежность и техника безопасности.

Литература

1. Павловський М.А. Теоретична механіка: підручник / Павловський М.А. – К.: Техніка, 2004. – 512 с.
2. Хайліс Г.А. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: навчальний посібник / Г.А. Хайліс, Д.М. Коновалюк. – К.: НМК ВО, 1992. – 320 с.
3. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / [Листопад Г.Е., Демидов Г.К., Зонов Б.Д. и др.]; под общ. ред. Г.Е. Листопада. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.
4. Усенко М.В. Обґрунтування вдосконалення робочих органів малогабаритних машин для вирощування однорічних культур на схилах / М.В. Усенко // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – 2014. – № 1. – С. 121 – 128.
5. Хайліс Г.А. Теория льноуборочных машин / Хайліс Г.А. – М.: Росинформагротех, 2011. – 322 с.
6. Хайліс Г.А. Некоторые особенности копирования микрорельефа поля льнотеребильным агрегатом в поперечно-вертикальной плоскости / Г.А. Хайліс, И.Г. Усевич // Труды Великолуцкого сельхозинститута. Вып. 30. – Елгава: Латв. СХА. – 1973. – С. 92 – 95.
7. Зима І.М. Механізація лісгосподарських робіт: підручник / І.М. Зима, Т.Т. Малюгін. – К.: ІНКООС, 2006. – 488 с.
8. Машини і обладнання для лісового господарства: посібник / за ред. В.І. Кравчука. – Дослідницьке: УкрНДПІВТ ім. Л. Погорілого, 2011. – 192 с.

УДК 631.35:633.521

© О.С. Харчук, Г.А. Хайліс, д.т.н., М.М. Толстушко, к.т.н.,
С.Ф. Юхимчук, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕКОСУ СТЕБЕЛ У СТРІЧЦІ ПІСЛЯ РОЗСТИЛАННЯ ЛЬОНОЗБИРАЛЬНОЮ МАШИНОЮ

У статті наведено методуку та результати експериментального дослідження впливу початкового кута перекосу стебел у стрічці різної товщини на кінцеве його значення після розстилання льонозбиральною машиною на льоновищі.

ЛЬОНОЗБИРАЛЬНА МАШИНА, КУТ ПЕРЕКОСУ СТЕБЕЛ, РОЗСТИЛАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ, СТРІЧКА СТЕБЕЛ ЛЬОНУ.

Постановка проблеми. Підвищення якості виконання технологічних операцій збирання льону за допомогою льонозбиральних машин на основі розробки нових та вдосконалення наявних робочих органів є важливим завданням льонарської галузі.

У сучасних умовах в Україні уся льонотреста готується в господарствах на льоновищі у стрічках, що розстилаються льонозбиральними комбайнами. Наявні розстилальні пристрої льонокомбайнів недостатньо якісно виконують процес розстилання стрічки стебел на льоновищі, особливо у вітряну погоду. Тому порушуються агротехнічні вимоги до розстеленої стеблової стрічки, що надалі погіршує умови роботи обертачів, розпушувачів та підбирачів стрічки, які працюють після льонозбиральних комбайнів. Розстелені стеблові стрічки мають високі значення відносної розтягнутості та перекосу стебел, а також є нерівномірними за товщиною і містять розриви. Виправити таку ситуацію можна на підставі системного обґрунтування параметрів запропонованого нами розстилального пристрою [1, 2] завдяки розкриттю процесу розстилання стеблової стрічки на льоновищі [1-5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить про те, що є багато теоретичних та експериментальних досліджень присвячених вивченню взаємодії стеблової стрічки льону з робочими поверхнями розстилальних пристроїв, але окремі головні параметри цих пристроїв та характеристики стеблової стрічки між собою неузгоджені [1-5]. Розстилальні пристрої льонозбиральних машин досліджували: Г.А. Хайліс, В.І. Сізов, С.М. Рудий, А.Ю. Горбовий, М.М. Ковальов, Ю.Г. Міхєєва, С.В. Ягелюк та інші. Мало досліджено вплив параметрів

стеблової стрічки та параметрів і режимів роботи розстиляльного пристрою на процес розстилення стрічки на льоновищі.

Мета дослідження – встановити вплив розстилення стеблової стрічки льонозбиральною машиною на зміну перекосу стебел у стрічці залежно від початкового кута перекосу стебел і різної кількості стебел у стрічці.

Результати дослідження. Розроблені програма і методика експериментальних досліджень роботи запропонованого розстиляльного пристрою льонозбирального комбайна [1, 2], якими передбачалось визначення впливу початкового кута перекосу стебел у стрічці різної товщини на кінцеве його значення після розстилення на льоновищі.

Досліди проводились у польових умовах на розстиляльному пристрої, приєднаному до льонокомбайна ЛК–4А. Льонокомбайн працював в агрегаті з трактором і причепом.

Перед початком дослідів відповідно до висоти стеблостою, за рекомендаціями по експлуатації льонозбирального комбайна, регулювався кут встановлення брального апарату. На льонозбиральному комбайні також виставляли кут нахилу робочої поверхні розстиляльного пристрою. Льонозбиральний комбайн працював на полі 20 хв для того, щоб привести робочу поверхню розстиляльного пристрою до робочого стану (під час ковзання на ній стеблової стрічки льону відбувається її шліфування і змочування).

На ділянці поля, де планувалось проведення дослідів, підраховували щільність стеблостою льону, визначили довжину стебел та інші важливі характеристики стеблостою.

Досліди проводились на стрічках льону із різною кількістю стебел на погонний метр стрічки, яка визначалась за формулою $i_n = i_0 \cdot b_1 \cdot n_1$ (де i_0 – кількість стебел на 1 м² поля; b_1 – ширина захвату однієї бральної секції льонозбирального комбайна; n_1 – кількість працюючих бральних секцій комбайна) і змінювалась за рахунок зменшення ширини захвату брального апарату. У дослідях ширина захвату була рівною двом і чотирьом бральним секціям. Різний кут перекосу χ стебел у стрічці, яка подається на розстилення, забезпечували зміною положення напрямних прутків на виході із затискного транспортера, з якими взаємодіє стеблова стрічка під час переходу від затискного транспортера комбайна до його розстиляльного пристрою.

Досліди проводились таким чином. Льонозбиральний агрегат рухався на полі, збираючи стебла льону. З причепа агрегату робилися фотографії розстиляльного пристрою комбайна. Використовували

цифровий фотоапарат. Номер кадрика записували у журнал із зазначенням навпроти нього швидкості руху агрегату, ширини захвату та кута нахилу робочої поверхні розстиляльного пристрою. Для кожного досліду робилися три фотознімки.

Після закінчення польових дослідів у лабораторії цифрова інформація із фотоапарату вносилась у пам'ять ПЕОМ, де за допомогою програми Adobe Photoshop фотознімки збільшувались і аналізувались. На фотознімках визначали кут перекосу стебел у стрічці при поступленні на розстиляльний пристрій χ_n і на виході з нього – χ_k . Кут χ_n визначали, беручи середнє значення кута між стеблами, що знаходяться на початку взаємодії з робочою поверхнею розстиляльного пристрою, і кромкою (початком) цієї поверхні. Значення χ_n вважається додатнім, якщо стебла поступають верхівками вперед і від'ємним – якщо навпаки. Аналогічно визначається кут χ_k , тільки вже розглядаються стебла на виході з розстиляльного пристрою і кінець робочої поверхні цього пристрою. Після цього отримані експериментально дані оброблялись.

Характеристики стеблостою льону були такими: сорт льону – Чарівний, середня кількість стебел на 1 м^2 поля – 1824 штук, забур'яненість – 10,7 %, середня загальна довжина стебла – 76,4 см, середня технічна довжина стебла – 59,8 см, середній діаметр стебла (на $1/3$ довжини від кореня) – 1,8 мм, вологість стебел – 61,4 %, фаза стиглості – жовта, полеглість стеблостою відсутня.

Льонокомбайн ЛК-4А із встановленим розстиляльним пристроєм агрегувався з трактором МТЗ-80 і тракторним причепом 2ПТС-4М-785А.

Кут нахилу брального апарату льонокомбайна до горизонту був 54° , а кут нахилу до горизонту робочої поверхні розстиляльного пристрою у вертикальній площині, паралельній напрямку руху машини, складав 30° .

За отриманими середніми значеннями кутів χ_n і χ_k визначали різницю $\Delta\chi = \chi_k - \chi_n$ та будували графік залежності $\Delta\chi$ від χ_n для різних товщин стеблової стрічки (рис.).

При аналізі кривих на рис. видно, що зміна перекосу стебел у тонкій стрічці більша, а в товстій – менша. Крім того видно, що коли стебла попадають на розстиляльний пристрій комбайна верхівками вперед (χ_n додатне), то χ_k збільшується. Хоча для $\chi_n \leq 20^\circ$ це збільшення незначне (для тонкої стрічки – $4,4^\circ$, а для товстої – 3°), а починаючи з 20° воно різко зростає.

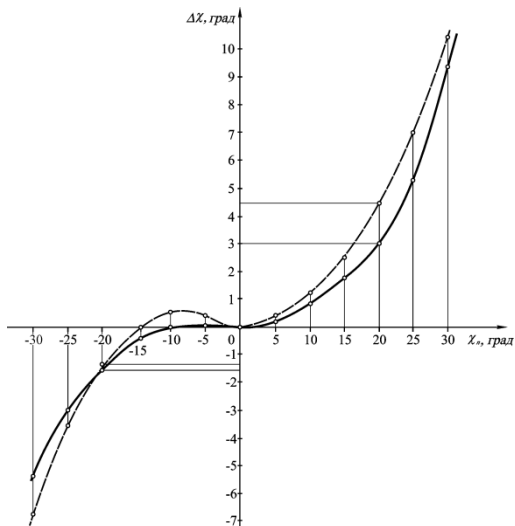


Рис. – Залежність зміни перекосу стебел $\Delta\chi$ у стрічці після розстилання на льоновищі льонозбиральним комбайном від початкового кута перекосу стебел χ_n у стрічці різної товщини:

----- 2,2...2,4 мм;
 ————— 5,6...6,1 мм.

Коли ж стебла потрапляють на розстиляльний пристрій льонозбирального комбайна коренями вперед, тоді видно, що для товстішої стрічки до кута $\chi_n = -10^\circ$ кут перекосу стебел не змінюється ($\Delta\chi = 0^\circ$). А для тонкої стрічки на проміжку χ_n від 0° до -15° спостерігається деяке вирівнювання перекошених стебел. До $\chi_n = -20^\circ$ зміна перекосу стебел у стрічці незначна, а для $\chi_n < -20^\circ$ різниця $\Delta\chi$ починає різко змінюватися.

Висновки. З отриманих результатів експериментального дослідження видно, що для χ_n менше -20° і більше 20° погіршується процес розстилання стеблової стрічки льону на льоновищі. Тому робимо висновок, що допустимий перекіс стебел у стрічці, яка подається на розстиляльний пристрій, становить від -20° до $+20^\circ$. За такої умови процес розстилання незначно впливає на зміну перекосу стебел у стрічці.

Література

1. Пат. 100740 У Україна, МПК А 01 D 45/06. Розстиlač стрічки стебел льону льонозбирального комбайна / Хайліс Г.А., Юхимчук С.Ф., Харчук О.С., Толстушко М.М. (Україна). – №u201501256; заявл. 16.02.15; опубл. 10.08.15, Бюл. №15.
2. Пат. 100741 У Україна, МПК А 01 D 45/06. Розстиlačальний пристрій льонозбирального комбайна / Хайліс Г.А., Юхимчук С.Ф., Харчук О.С., Толстушко М.М., Лімонт А.С. (Україна). – №u201501257; заявл. 16.02.15; опубл. 10.08.15, Бюл. №15.
3. Хайліс Г.А. Теория льноуборочных машин / Хайліс Г.А. – М.: Росинформагротех, 2011. – 322 с.
4. Толстушко М.М. Розстиlačальні пристрої льонозбиральних машин / Толстушко М.М., Хайліс Г.А., Толстушко Н.О. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2014. – 160 с.
5. Vanot J. La passion le lin. – Notre Dame de Gravenchon: Corlet, 2003. – 72 p.

УДК 631.331

© І. Є. Цизь, к.т.н., О.О. Мельник, Н.М. Романюк, М.О. Бабич
Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ УЩІЛЬНЕННЯ РОСЛИННОГО МАТЕРІАЛУ У КОНІЧНОМУ КАНАЛІ

У статті наведено теоретичне дослідження процесу ущільнення рослинного матеріалу у конічній частині корпусу преса. Отримано диференціальне рівняння, що описує цей процес.

**СОЛОМА, УЩІЛЬНЕННЯ, СТИСК, КРУЧЕННЯ,
НАПРУЖЕННЯ, СИЛА, ПРИСКОРЕННЯ.**

Постановка проблеми. На полях України щорічно спалюють у межах 20 млн. тон соломи. Такий підхід має катастрофічний вплив на стан ґрунтової мікрофлори та родючість ґрунтів. Спалювання соломи - чи не єдиний сільськогосподарський чинник прирівняний до промислових викидів в атмосферу. З одного гектара спалюваних решток в атмосферу викидається значна кількість димових часток та суміші газів: оксиду вуглецю (СО), оксиду азоту (NO), діоксиду азоту (NO₂) та ін. Таким чином, різко збільшується забруднення атмосферного повітря прилеглих територій.

У той же час пожнивні рештки, а особливо солома зернових культур за умови правильного подрібнення та зароблення у ґрунт може бути еквівалентом 3,5-4 тон напівперепрілого гною.

Також величезним є потенціал соломи, як відновлюваного джерела енергії. Відомо, що без шкоди родючості ґрунтів можна використовувати на паливо від 20 до 50 % отриманої соломи. У 2015 р. господарства усіх форм власності на Волині зібрали у сумі зерна пшениці, ячменю та жита 866 тис. тон. Така кількість зерна, з урахуванням середньозваженого відношення основної продукції до побічної, забезпечила отримання 1190 тис. тон соломи. З іншої сторони відомо, що за теплотворною здатністю 2,5 тони соломи прирівнюється 1 тис. кубічних метрів природного газу. Таким чином «паливний» потенціал соломи області коливається у межах від 95 до 238 тис. кубічних метрів природного газу.

Для зниження затрат на перевезення соломи від поля до місць використання, а також надання властивостей, які спростують використання у якості пального, необхідним є підвищення її об'ємної маси шляхом ущільнення.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз відомих конструкції машин для ущільнення рослинних матеріалів загалом, та зокрема соломи, показує, що вони мають різноманітну будову та принцип дії, але усі вони використовують здатність соломи зменшувати свій об'єм під дією зусилля стиску. Проте дослідження вказують, що міцність соломи на стиск є найбільшою порівняно із іншими видами деформації. У той же час конструкції машин, які використовують принцип деформації соломи зусиллями відмінними від нормальних, нажалі не мають практичного застосування.

Лише на рівні патентів запропоновані технічні рішення які дозволяють використати зусилля кручення для ущільнення соломи [1]. Для розробки працездатних конструкцій необхідним є теоретичне та експериментальне обґрунтування параметрів такого преса.

Мета дослідження – отримання математичної моделі ущільнення рослинного матеріалу у конічній частині корпусу преса.

Результати дослідження. Проведемо теоретичні дослідження РМ (рослинного матеріалу) у конічній частині циліндроконічного корпусу преса за таких допущень:

- початковим тиском у конічній частині корпусу вважатимемо тиск створений шнеком у циліндричній частині корпусу;
- вважаємо що РМ, який знаходиться у циліндроконічному корпусі, являє собою суцільне середовище;
- РМ у циліндроконічному корпусі перебуває в граничному напруженому стані;

- значення коефіцієнта тертя РМ по стінках у циліндроконічному корпусу незмінне по всій його довжині;
- елементарним шаром РМ вважатимемо шар, у якому значення внутрішніх напружень рівні по всьому його об'ємі.

На основі викладеного та зроблених допущень розглянемо потік РМ, що рухається конічною частиною циліндроконічного корпусу (рис. 1). У деякий фіксований момент часу $t=const$ з потоку РМ виділимо елементарний шар товщиною dy . Оскільки корпус є симетричним, то вважатимемо що сили та напруження, які діють вздовж осей OY і OZ рівні за модулем.

В такому випадку на даний шар діють (рис. 1, б): зліва, на віддалі x стискаюче напруження σ_x ; справа, на віддалі $x+dx$ відповідно напруження $\sigma_x + d\sigma_x$, де $d\sigma_x$ - приріст напружень на ділянці dx ; з боків – нормальний тиск обмежуючої поверхні P_θ і дотичний тиск від сили тертя $P_{F_{mp}}$; у центрі мас елемента прикладена сила ваги G .

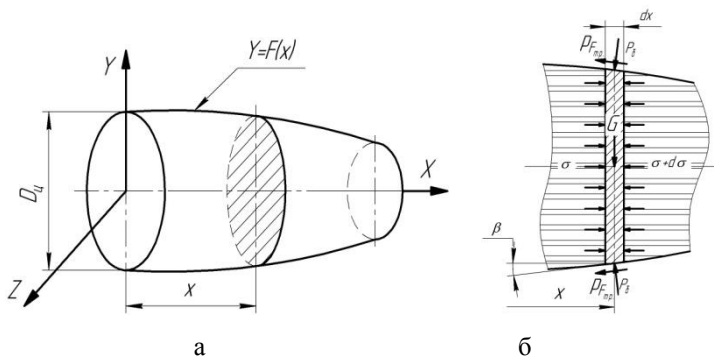


Рис. 1 – Схема дії сил на елементарний шар у конічній частині циліндроконічного корпусу

На елементарний шар також будуть діяти дотичні напруження, але на вісь OX вони проєктуються в нуль, тому не розглядаються. Також проєктується у нуль і сила ваги G , але вона впливатиме на величину дотичного тиску сили тертя $P_{F_{mp}}$ у нижній частині корпусу. Та через малість сили ваги у порівнянні із тиском створюваним шнеком, у подальших розрахунках силу ваги

враховувати не будемо.

У такому випадку диференційне рівняння руху центра мас елемента спроектоване на вісь OX матиме вигляд:

$$\sigma_e S_1 - S_2(\sigma_e + d\sigma_e) - P_{F_{mp}} S_6 \cos \beta - P_6 S_6 \sin \beta = ma, \quad (1)$$

де S_1 - площа поперечного січення потоку РМ на відстані x від початку координат; S_2 - площа поперечного січення внутрішньої порожнини корпусу на відстані $y+dy$; S_6 - площа бічної поверхні розглядуваного елемента; β - кут нахилу твірної бічної поверхні потоку РМ на відстані x .

Оскільки, виділений об'єм обмежений двома нескінченно близькими площинами, то з точністю достатньою для практичних розрахунків можна вважати, що $S_1 = S_2$. У такому випадку площа бічної поверхні елемента буде рівною:

$$S_6 = L \cdot dx, \quad (2)$$

де L - периметр поперечного січення потоку матеріалу на відстані x від початку координат.

Твірна бічної поверхні конічної частини корпусу, у загальному випадку може бути задана довільною функцією виду $x = F(y)$. Вид даної функції визначається конструктивними параметрами преса, фізико-механічними властивостями РМ. На основі геометричного змісту першої похідної можна записати:

$$F'(x) = \operatorname{tg} \beta. \quad (3)$$

Площу поперечного січення потоку матеріалу на будь-якій відстані від початку координат, для розглядуваних бункерів визначимо за формулою:

$$S = \pi F^2(x), \quad (4)$$

Визначення нормального тиску обмежуючої поверхні корпусу на РМ проведемо на основі методу запропонованого Хайлісом Г.А. при встановленні тиску рослин на стінки камери пресування [2].

Для аналізу розглянемо елемент, що безпосередньо прилягає до обмежуючої поверхні, збільшений вигляд якого зображений на рис.2. На елемент діють: $\sigma_x \cdot dx \cdot \operatorname{tg} \beta$ - нормальна сила спричинена вертикальними напруженнями ($\sigma_y = \sigma_e$); $\sigma_y \cdot dx$ - нормальна сила спричинена горизонтальними напруженнями ($\sigma_x = \sigma_e$); $\tau_{xy} \cdot dx \cdot \operatorname{tg} \beta$, $\tau_{yx} \cdot dx$ - дотичні сили спричинені

відповідно дотичним напруженням τ_{yx} та τ_{xy} ; $\frac{P_0 \cdot dx}{\cos \beta}$ - нормальна сила реакції обмежуючої поверхні;

$\frac{(P_0 \cdot \operatorname{tg} \varphi + \tau_0) \cdot dx}{\cos \beta}$ - сила тертя.

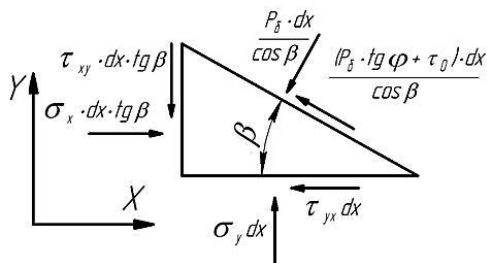


Рис.2 - Схема до визначення нормального тиску стінки корпусу на РМ

Врахувавши, що $\sigma_y = \sigma_x$ і $\sigma_x = \sigma_z$ запишемо умову рівноваги розглядуваного елемента у проєкціях на осі ОХ та ОУ:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n F_{ix} = \sigma_z \cdot dx \cdot \operatorname{tg} \beta - \tau_{yx} \cdot dx - P_0 \cdot dx \cdot \operatorname{tg} \beta - (P_0 \cdot \operatorname{tg} \varphi + \tau_0) \cdot dx = 0; \\ \sum_{i=1}^n F_{iy} = \sigma_y \cdot dx - \tau_{xy} \cdot dx \cdot \operatorname{tg} \beta - P_0 \cdot dx + (P_0 \cdot \operatorname{tg} \varphi + \tau_0) dx \cdot \operatorname{tg} \beta = 0. \end{cases} \quad (5)$$

До отриманої умови (5) додаємо рівняння яке впливає із закону парності напружень [3]:

$$\tau_{yx} = \tau_{xy}. \quad (6)$$

Для ідеально сипкого матеріалу, що перебуває у граничному напруженому стані, справедливе наступне співвідношення [4, 5]:

$$\frac{\sigma'_2}{\sigma'_1} = \frac{1 - \sin \varphi_0}{1 + \sin \varphi_0}, \quad (7)$$

де σ'_1 і σ'_2 - відповідно максимальне і мінімальне головне

напруження.

Якщо розглянути графічне відображення даного явища із додатковою віссю τ (рис.3), то можна записати наступні залежності:

$$BC = \frac{\sigma'_1 - \sigma'_2}{2} = \frac{(\sigma_1 + \tau_0 \operatorname{ctg} \varphi) - (\sigma_2 + \tau_0 \operatorname{ctg} \varphi)}{2},$$

$$AC = \sigma'_2 + \frac{\sigma'_1 - \sigma'_2}{2} = \frac{\sigma'_1 + \sigma'_2}{2} = \frac{(\sigma_1 + \tau_0 \operatorname{ctg} \varphi) + (\sigma_2 + \tau_0 \operatorname{ctg} \varphi)}{2}.$$

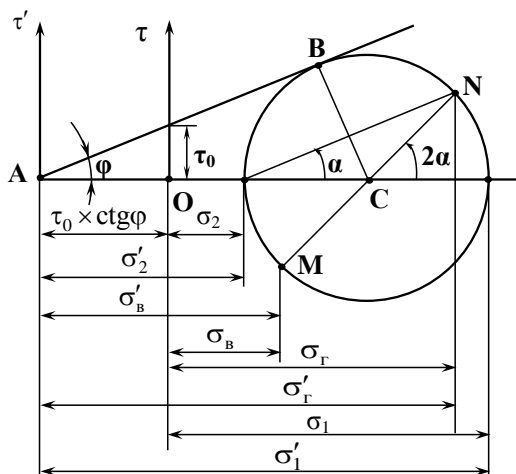


Рис. 3 - Схема граничного напруженого стану для силкого матеріалу

Звідки отримаємо:

$$\sin \varphi = \frac{BC}{AC} = \frac{(\sigma_1 + \tau_0 \operatorname{ctg} \varphi) - (\sigma_2 + \tau_0 \operatorname{ctg} \varphi)}{(\sigma_1 + \tau_0 \operatorname{ctg} \varphi) + (\sigma_2 + \tau_0 \operatorname{ctg} \varphi)} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1 + \sigma_2 + 2\tau_0 \operatorname{ctg} \varphi}. \quad (8)$$

Або:

$$\sigma_1 - \sigma_2 = (\sigma_1 + \sigma_2 + 2\tau_0 \operatorname{ctg} \varphi) \sin \varphi. \quad (9)$$

Після розкриття дужок та групування членів маємо:

$$\sigma_1 + \tau_0 \operatorname{ctg} \varphi_0 - \sin \varphi (\sigma_1 + \tau_0 \operatorname{ctg} \varphi) = \sigma_2 + \tau_0 \operatorname{ctg} \varphi + \sin \varphi (\sigma_2 + \tau_0 \operatorname{ctg} \varphi).$$

На основі попереднього виразу запишемо:

$$\frac{\sigma_2 + \tau_0 \operatorname{ctg} \varphi}{\sigma_1 + \tau_0 \operatorname{ctg} \varphi} = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}. \quad (10)$$

Отримана залежність відповідає граничному напруженому стану для сипкого зв'язного матеріалу, але у той же час задовольняє і випадок ідеально сипкого матеріалу, оскільки $\sigma'_1 = \sigma_1 + \tau_0 \operatorname{ctg} \varphi$ та $\sigma'_2 = \sigma_2 + \tau_0 \operatorname{ctg} \varphi$.

Введемо позначення:

$$\xi_{\min} = \frac{\sigma_2 + \tau_0 \operatorname{ctg} \varphi}{\sigma_1 + \tau_0 \operatorname{ctg} \varphi} = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}, \quad (11)$$

де ξ_{\min} - мінімальне значення коефіцієнта бокового тиску, коли найбільшим є напруження σ'_1 .

У загальному випадку горизонтальні σ'_2 та вертикальні σ'_6 напруження, що діють на розглядуваний елемент, не є головними. У такому випадку значення коефіцієнта бокового тиску буде відмінним від ξ_{\min} і залежатиме від кута α між розглядуваними площадками та площадкою максимального головного напруження. Для такого випадку на основі рис. 3 можна записати наступні залежності:

$$\sigma'_2 = \frac{\sigma'_1 + \sigma'_2}{2} + \frac{\sigma'_1 - \sigma'_2}{2} \cos 2\alpha = \sigma'_1 \cos^2 \alpha + \sigma'_2 \sin^2 \alpha. \quad (12)$$

$$\sigma'_6 = \frac{\sigma'_1 + \sigma'_2}{2} - \frac{\sigma'_1 - \sigma'_2}{2} \cos 2\alpha = \sigma'_1 \sin^2 \alpha + \sigma'_2 \cos^2 \alpha. \quad (13)$$

Розділивши (13) на (12) та врахувавши (11) отримаємо:

$$\frac{\sigma'_6}{\sigma'_2} = \frac{(\sigma_1 + \tau_0 \times \operatorname{ctg} \varphi) \cos^2 \alpha + (\sigma_2 + \tau_0 \times \operatorname{ctg} \varphi) \sin^2 \alpha}{(\sigma_1 + \tau_0 \times \operatorname{ctg} \varphi) \sin^2 \alpha + (\sigma_2 + \tau_0 \times \operatorname{ctg} \varphi) \cos^2 \alpha} = \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha + \xi_{\min}}{\xi_{\min} \operatorname{tg}^2 \alpha + 1}. \quad (14)$$

Із (14) за аналогією до (11) запишемо:

$$\xi = \frac{(\sigma_6 + \tau_0 \times \operatorname{ctg} \varphi)}{(\sigma_2 + \tau_0 \times \operatorname{ctg} \varphi)} = \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha + \xi_{\min}}{\xi_{\min} \operatorname{tg}^2 \alpha + 1}. \quad (15)$$

Розв'язавши рівняння (15) відносно σ_6 отримаємо:

$$\sigma_6 = \frac{(\sigma_2 + \tau_0 \times ctg \varphi)(tg^2 \alpha + \xi_{min})}{\xi_{min} tg^2 \alpha + 1} - \tau_0 ctg \varphi. \quad (16)$$

Після деяких математичних перетворень запишемо:

$$\sigma_6 = \frac{\sigma_2 (tg^2 \alpha + \xi_{min})}{\xi_{min} tg^2 \alpha + 1} - \frac{2\tau_0 \times \cos \varphi \times (1 - tg^2 \alpha)}{(1 + \sin \varphi)(\xi_{min} tg^2 \alpha + 1)}. \quad (17)$$

Аналізуючи отриману залежність (17) можна зробити висновок, що горизонтальне напруження для СЗМ рівне горизонтальному напруженню для ідеально сипкого матеріалу

зменшеному на деяку величину $C_{\Sigma} = \frac{2\tau_0 \times \cos \varphi \times (1 - tg^2 \alpha)}{(1 + \sin \varphi)(\xi_{min} tg^2 \alpha + 1)}$, що

спричинена силами зв'язності матеріалу. На основі сказаного можна записати:

$$\sigma_6 = \sigma_2 \xi - C_{\Sigma}, \quad (18)$$

де ξ - коефіцієнт бокового тиску для ідеально сипкого матеріалу.

Для встановлення залежності нормального тиску обмежуючої поверхні від вертикальних напружень помножимо перше рівняння умови (5) на $tg \beta$ і віднімемо від нього друге:

$$\begin{aligned} \sigma_2 \cdot dx \cdot tg^2 \beta - \tau_{yx} \cdot dx \cdot tg \beta - P_6 \cdot dx \cdot tg^2 \beta - (P_6 tg \varphi + \tau_0) \cdot dx \cdot tg \beta - \sigma_6 dx + \\ + \tau_{xy} \cdot dx \cdot tg \beta + P_6 \cdot dx - (P_6 \cdot tg \varphi + \tau_0) \cdot tg \beta \cdot dx = 0 \end{aligned}$$

Після врахування 6 і 18 запишемо:

$$\begin{aligned} \sigma_2 \cdot tg^2 \beta - P_6 \cdot tg^2 \beta - P_6 \cdot tg \varphi \cdot tg \beta - \tau_0 \cdot tg \beta - \sigma_2 \cdot \xi + C_{\Sigma} + \\ + P_6 - P_6 \cdot tg \varphi \cdot tg \beta - \tau_0 \cdot tg \beta = 0. \end{aligned}$$

Звідки після перетворень:

$$P_6 = \frac{\sigma_2 (tg^2 \beta - \xi) + 2\tau_0 \cdot tg \beta + C_{\Sigma}}{1 - 2 \cdot tg \varphi \cdot tg \beta - tg^2 \beta}. \quad (19)$$

Для визначення кута α між площадкою вертикального

напруження та площадкою максимального головного напруження розглянемо схему зображену на рис.4, та прирівняємо нулю суми проекцій сил на осі OX і OY:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n F_{xi} = 0 \Rightarrow \sigma'_1 AB - \sqrt{P_f^2 + P_N^2} \sin(90^\circ - (\Theta - \varphi_0)) = 0; \\ \sum_{i=1}^n F_{yi} = 0 \Rightarrow \sigma'_2 AC - \sqrt{P_f^2 + P_N^2} \cos(90^\circ - (\Theta - \varphi_0)) = 0. \end{cases} \quad (20)$$

Якщо врахувати, що $AB = CB \cos \Theta$ та $AC = CB \sin \Theta$, то після математичних перетворень маємо:

$$\begin{cases} \sigma'_1 CB \cos \Theta = \sqrt{P_f^2 + P_N^2} \cos(\Theta - \varphi_0); \\ \sigma'_2 CB \sin \Theta = \sqrt{P_f^2 + P_N^2} \sin(\Theta - \varphi_0). \end{cases} \quad (21)$$

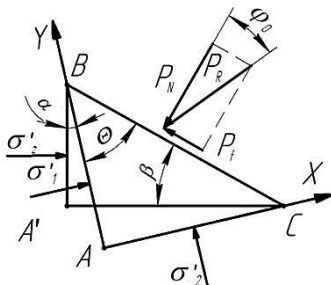


Рис.4 - Схема до визначення кута α між площадкою горизонтального напруження та площадкою максимального головного напруження

Поділивши друге рівняння системи (21) на перше отримаємо:

$$\frac{\sigma'_2}{\sigma'_1} \operatorname{tg} \Theta = \operatorname{tg}(\Theta - \varphi_0). \quad (22)$$

Врахувавши залежність (11) запишемо:

$$\xi_{min} \operatorname{tg} \Theta = \frac{\operatorname{tg} \Theta - \operatorname{tg} \varphi_0}{1 + \operatorname{tg} \Theta \operatorname{tg} \varphi_0}. \quad (23)$$

На основі виразу (23) отримаємо наступне квадратне рівняння:

$$\xi_{min} \operatorname{tg} \varphi_0 \operatorname{tg}^2 \Theta - (1 - \xi_{min}) \operatorname{tg} \Theta + \operatorname{tg} \varphi_0 = 0. \quad (24)$$

Розв'язок рівняння (24) матиме вигляд:

$$\operatorname{tg} \Theta = \frac{1 - \xi_{min}}{2 \xi_{min} \operatorname{tg} \varphi_0}. \quad (25)$$

Кут Θ визначає положення площадки на якій діє максимальне головне напруження, а кут між цією площадкою і площадкою дії σ_g становитиме:

$$\alpha = 90^\circ - \beta - \Theta = 90^\circ - \beta - \operatorname{arctg} \left(\frac{1 - \xi_{min}}{2 \xi_{min} \operatorname{tg} \varphi_0} \right). \quad (26)$$

Користуючись правилом знаків у вираз (17) необхідно підставляти від'ємне значення кута α , проте, оскільки значення тангенса даного кута підноситься до квадрату, то впливом знаку можна знехтувати.

Для розв'язання диференційного рівняння (1) необхідно встановити прискорення центра мас виділеного об'єму матеріалу. Для цього скористаємось підходом запропонованим Гячевим Л.В. [6, 7], згідно якому об'єм матеріалу, що проходить через деяке січення за одиницю часу (об'ємну продуктивність) можна визначити за формулою:

$$Q_v(t) = V(t)S(t) \quad (27)$$

де $V(t)$ – швидкість руху матеріалу у деякому січення; $S(t)$ – площа січення.

Звідки з врахуванням (4) отримаємо:

$$V(t) = \frac{Q_v(t)}{\pi F^2(x(t))}, \quad (28)$$

де $x(t)$ - закон руху центра мас елементарного шару у бункері.

Об'ємна продуктивність, як вхідного, вихідного отворів, так і будь-якого перерізу конічної частини корпусу, визначається продуктивністю передуючого шнека, яка у свою чергу є постійною величиною (або прямує до постійного значення з певною похибкою). У такому випадку об'ємна продуктивність $Q_v(t)=Q_v=\text{const}$, а диференціюючи вираз (28) отримаємо

$$a = \frac{dV}{dt} = \frac{Q_v}{\pi} \frac{d(F^{-2}(x(t)))}{dt} = -\frac{2Q_v F'(x(t))x'(t)}{\pi F^3(x(t))}. \quad (29)$$

Оскільки $x'(t) = V$ і елемент розглядається при частковому значенні x , то остаточно маємо:

$$a = -\frac{2Q_v^2 F'(x)}{\pi^2 F^5(x)}. \quad (30)$$

Після підстановки (2), (4), (19) та (30) у диференційне рівняння (1) запишемо:

$$\begin{aligned} -Sd\sigma_z + \left[\left(\frac{\sigma_z(tg^2\beta - \xi) + 2\tau_0 \cdot tg\beta + C_\Sigma}{1 - 2 \cdot tg\varphi \cdot tg\beta - tg^2\beta} \right) tg\varphi + \tau_0 \right] \times L \cos \beta dx + \\ + \left[\frac{\sigma_z(tg^2\beta - \xi) + 2\tau_0 \cdot tg\beta + C_\Sigma}{1 - 2 \cdot tg\varphi \cdot tg\beta - tg^2\beta} \right] \times L \sin \beta dx = \\ = -\frac{2\gamma_0 S Q_v^2 F'(x)(\psi + \lambda \sigma_z) dx}{g \pi^2 F^5(x)}. \end{aligned} \quad (31)$$

Врахувавши (3) та після деяких математичних перетворень отримаємо:

$$\begin{aligned} -\frac{d\sigma_z}{dx} + \left(\frac{\sigma_z((F'(x))^2 - \xi) + 2\tau_0 \cdot F'(x) + C_\Sigma}{1 - 2 \cdot tg\varphi \cdot F'(x) - (F'(x))^2} \right) \frac{tg\varphi \times L \cos \beta}{S} + \\ + \frac{\tau_0 \times L \cos \beta}{S} + \left[\frac{\sigma_z((F'(x))^2 - \xi) + 2\tau_0 \cdot F'(x) + C_\Sigma}{1 - 2 \cdot tg\varphi \cdot F'(x) - (F'(x))^2} \right] \times \frac{L \sin \beta}{S} + \\ + \frac{2\gamma_0 Q_v^2 F'(x)(\psi + \lambda \sigma_z)}{g \pi^2 F^5(x)} = 0. \end{aligned}$$

Оскільки $\cos \beta = \frac{1}{\sqrt{1+tg^2 \beta}}$, а $\sin \beta = \frac{tg \beta}{\sqrt{1+tg^2 \beta}}$ то

отримаємо

$$-\frac{d\sigma_z}{dx} + \left(\frac{\sigma_z((F'(x))^2 - \xi) + 2\tau_0 \cdot F'(x) + C_\Sigma}{1 - 2 \cdot tg \varphi \cdot F'(x) - (F'(x))^2} \right) \frac{tg \varphi \times L}{S \sqrt{1 + (F'(x))^2}} +$$

$$+ \frac{\tau_0 \times L}{S \sqrt{1 + (F'(x))^2}} + \left[\frac{\sigma_z((F'(x))^2 - \xi) + 2\tau_0 \cdot F'(x) + C_\Sigma}{1 - 2 \cdot tg \varphi \cdot F'(x) - (F'(x))^2} \right] \times$$

$$\times \frac{LF'(x)}{S \sqrt{1 + (F'(x))^2}} + \frac{2\gamma_0 Q^2_v F'(x)(\psi + \lambda \sigma_z)}{g \pi^2 F^5(x)} = 0,$$

або

$$-\frac{d\sigma_z}{dx} + \left(\frac{\sigma_z((F'(x))^2 - \xi) + 2\tau_0 \cdot F'(x) + C_\Sigma}{1 - 2 \cdot tg \varphi \cdot F'(x) - (F'(x))^2} \right) \frac{L \times (tg \varphi + \tau_0)}{S \sqrt{1 + (F'(x))^2}} +$$

$$+ \frac{\tau_0 \times L}{S \sqrt{1 + (F'(x))^2}} + \frac{2\gamma_0 Q^2_v F'(x)(\psi + \lambda \sigma_z)}{g \pi^2 F^5(x)} = 0,$$

Для розглядуваного випадку $S/L = F(y)/2$, тому маємо:

$$-\frac{d\sigma_z}{dx} + \left(\frac{\sigma_z((F'(x))^2 - \xi) + 2\tau_0 \cdot F'(x) + C_\Sigma}{1 - 2 \cdot tg \varphi \cdot F'(x) - (F'(x))^2} \right) \frac{2 \times (tg \varphi + \tau_0)}{F(x) \sqrt{1 + (F'(x))^2}} +$$

$$+ \frac{2 \times \tau_0}{F(x) \sqrt{1 + (F'(x))^2}} + \frac{2\gamma_0 Q^2_v F'(x)(\psi + \lambda \sigma_z)}{g \pi^2 F^5(x)} = 0, \quad (32)$$

або

$$\frac{d\sigma_z}{dx} + \frac{\sigma_z \left((F'(x))^2 - \xi \right) \cdot 2 \times (tg\varphi + \tau_0) + (2\tau_0 \cdot F'(x) + C_\Sigma) \cdot 2 \times (tg\varphi + \tau_0)}{\left(1 - 2 \cdot tg\varphi \cdot F'(x) - (F'(x))^2 \right) \cdot F(x) \sqrt{1 + (F'(x))^2}} + \frac{2\lambda\sigma_z\gamma_0 Q^2_v F'(x)}{g\pi^2 F^5(x)} + \frac{2\gamma_0 Q^2_v F'(x)\psi}{g\pi^2 F^5(x)} = - \frac{2 \times \tau_0}{F(x) \sqrt{1 + (F'(x))^2}},$$

Звідки

$$\frac{d\sigma_z}{dx} + \sigma_z \left[- \frac{\left((F'(x))^2 - \xi \right) \cdot 2 \times (tg\varphi + \tau_0)}{\left(1 - 2 \cdot tg\varphi \cdot F'(x) - (F'(x))^2 \right) \cdot F(x) \sqrt{1 + (F'(x))^2}} - \frac{2\lambda\gamma_0 Q^2_v F'(x)}{g\pi^2 F^5(x)} \right] = \frac{2 \times \tau_0}{F(x) \sqrt{1 + (F'(x))^2}} + \frac{2\gamma_0 Q^2_v F'(x)\psi}{g\pi^2 F^5(x)} + \frac{(2\tau_0 \cdot F'(x) + C_\Sigma) \cdot 2 \times (tg\varphi + \tau_0)}{\left(1 - 2 \cdot tg\varphi \cdot F'(x) - (F'(x))^2 \right) \cdot F(x) \sqrt{1 + (F'(x))^2}}. \quad (33)$$

Отримане диференціальне рівняння (33) є лінійним неоднорідним, оскільки йому можна надати вигляду:

$$\sigma'_z + \sigma_z P(y) = Q(y), \quad (34)$$

де

$$P(y) = - \frac{\left((F'(x))^2 - \xi \right) \cdot 2 \times (tg\varphi + \tau_0)}{\left(1 - 2 \cdot tg\varphi \cdot F'(x) - (F'(x))^2 \right) \cdot F(x) \sqrt{1 + (F'(x))^2}} - \frac{2\lambda\gamma_0 Q^2_v F'(x)}{g\pi^2 F^5(x)}. \quad (35)$$

$$Q(y) = \frac{2 \times \tau_0}{F(x) \sqrt{1 + (F'(x))^2}} + \frac{2\gamma_0 Q^2_v F'(x)\psi}{g\pi^2 F^5(x)} +$$

$$+ \frac{(2\tau_0 \cdot F'(x) + C_{\Sigma}) \cdot 2 \times (\operatorname{tg} \varphi + \tau_0)}{\left(1 - 2 \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot F'(x) - (F'(x))^2\right) \cdot F(x) \sqrt{1 + (F'(x))^2}} \quad (36)$$

Висновок. Для розв'язку диференційного рівняння (34) необхідне явне задання функції твірної бічної поверхні $x = F(y)$ яка входить до складу виразів (35) та (36).

Література

1. Пат. 110441 України, МПК А01F 15/00. Установа для пресування соломистих матеріалів / Цизь І.С., Попко В.Й., Мельник О.О., Цизь А.І. - № u201603508; Заявл. 04.04.2016; Опубл. 10.10.2016. Бюл. №19. - 4 с.
2. Хайліс Г.А. Механика растительных материалов. – Киев: УААН, 1994. -332 ст.
3. Опір матеріалів: Підручник / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський; За ред. Г.С. Писаренка. – К.: Вища шк., 1993. – 655 с.
4. Дидух Б.И. Механика грунтов: Учебное пособие. – М.: Изд-во УДН, 1990. – 92 с.
5. Цытович Н.А. Механика грунтов. – М.: Госстройиздат. 1973. – 272 с.
6. Гячев Л. В. Движение сыпучих материалов в бункерах и трубах. - М.: Машиностроение, 1966. -184 ст.
7. Гячев Л. В. Основы теории бункеров. Новосибирск, изд. НГУ, 1992. - 312 с.

Рецензент д.т.н. Г.А. Хайліс

ANNOTATIONS - / - АННОТАЦИИ

N.V. Vrzheschch, N.A. Tolstushko, A.N. Borovitzkiy The analysis of technological schemes of cutting through the use of modern logging equipment

The article presents an analysis of existing technological schemes of cutting through the use of modern logging equipment, harvesting technology proposed for the conditions of the forest complex of Volyn. According to industry experts workflow logging wood in the trunk on the plains inferior CTL technology based on harvesters and forwarders. In addition, CTL technology timber productive conifer plantations in the operation of small and medium volumes and the performance of work by machines and allows almost half reduce the amount of handling and minimize physical labor. It should be noted that the effective CTL technology from stem (with integrated indicator) if export distance does not exceed 50...70 km. To provide timely, quick, good-quality collection and processing of plant materials, including timber cutters residues in the modern world practice common operations forming large cylindrical bales – rolls. Today it is one of the main operations in resource saving technologies collect plant material performed baler (so-called biobalers). The introduction of the proposed technologies will not only urgent importance on technical re-equipment of harvesting, but also significant economic benefits, including for forest complex of Volyn. The introduction of modern technologies chippers collection timber residues in farms Ukraine will increase the production of solid biofuels will be the impetus for the development of renewable energy in the state. In our opinion, for the dissemination of technology roll cleaning cutters logging residues is appropriate to create a universal baler (biobaler) with replaceable working bodies that would have high functional performance in the collection of different plant materials.

FORESTRY, FOREST MACHINES, FORWARDER, HARVESTER, BIOBALER, TIMBER, TREES, SHREDDER RESIDUES.

- / -

Н.В. Вржещч, Н.А. Толстушко, А.Н. Боровицкий Анализ технологических схем рубок на основе использования современной лесозаготовительной техники

В статье приведен анализ существующих технологических схем рубок на основе использования современной лесозаготовительной техники, предложено технологию лесозаготовок для условий лесного комплекса Волыни.

ЛЕСНОЙ КОМПЛЕКС, ЛЕСНЫЕ МАШИНЫ, ФОРВАРДЕР, ХАРВЕСТЕР, БИОБАЛЕР, ЛЕСОЗАГОТОВКА, ДЕРЕВЬЯ, ПОРУБНЫЕ ОСТАТКИ.

Y.Hunko, M.Shvedyk, V.Sahan Improvement of Plate Proportioner Workflow Efficiency. One of the main technological operations during the performance of food production workflows is components dozing with necessary accuracy and homogeneous mixing. These operations determine the product quality indicators.

One of the widely spread sizable loose material proportioners is a plate proportioner – a horizontal rotating disk, the material layer height is regulated by a cuff, that shuts the outer bunker connecting pipe. The material is put on the plate in cone form, sizes of which depends on the cuff location height. Plate proportioners operate on the sizable dozing principle by dropping the product with a scraper from the horizontal rotating plate, located under the bunker emission window. The drawback of this

proportioner is that the dozed material is poured down from the disc, depending on the water physical properties. It may cause deviations in dozing accuracy.

In the article, it is offered to equip the proportioner with an additional element - a loose material truncated cone direction shaper, which allows stabilizing of the dozing process of materials with different physical material properties.

The results of the conducted experiments shows that material density significantly influence on the dozing accuracy, for the proportioner, equipped with the direction shaper, in comparison with the proportioner without this element. Meanwhile the plate rotation speed practically doesn't influence on dozing accuracy for both constructions.

- / -

Ю.Л Гунько, М.С. Шведик, В.В.Сахан. Повышение эффективности рабочего процесса тарельчатого дозатора.

В статье приведены результаты экспериментальных исследований процессов дозирования тарельчатым дозатором материалов с разными физико-механическими свойствами а также обосновано рациональную компоновку составных элементов тарельчатого дозатора.

V.Didukh, V.Tarasuk, A. Onichuk, V.Sokolovskui. Determination of properties of fuel materials of formed is from stems of flax oily

In the article the given results of researches of preparation and forming of fuel materials from pedicellate part of harvest of flax oil-bearing grown in the conditions of Western Polesye and the brought recommendations over are for providing of terms them the effective use.

FLAX IS OILY, STEM, FUEL MATERIALS, ПЕЛЮТИ, ПРЕФОРМЫ, РОСОВИТТЯ, ФОРМУВАННЯ, ВЛАСНОСТІ, ШАЛЮК.

- / -

В.Ф. Дидух, В.В. Тарасюк, А.С. Оніщук, В.І. Соколовський. Определение свойств топливных материалов сформированных из стеблей льна масличного

В статье представлены результаты исследований подготовки и формирования топливных материалов из стеблевой части урожая льна масличного выращенного в условиях Западного Полесья и приведены рекомендации для обеспечения условий их эффективного использования.

ЛЕН МАСЛИЧНИЙ, СТЕБЛИ, ТОПЛИВНІ МАТЕРІАЛИ, ПЕЛЮТИ, БРИКЕТИ, ІЗМЕЛЬЧЕННЯ, ФОРМУВАННЯ, СВОЙСТВА

I.M. Dudarev. Determination of the design parameters of the mixer of bulk materials. Mixers are widely used in the food industry for the preparation of mixtures of bulk materials. The necessary degree of mixing of bulk materials in mixers provides active working bodies. Action of active working bodies at the bulk material causes damage to the material. It is unacceptable. New design of bulk materials mixer was proposed in the article. The theoretical equations for study design parameters of bulk materials mixer were obtained in the article.

- / -

И.Н. Дударев. Обоснование конструктивных параметров смесителя сыпучих материалов.

В таких отраслях промышленности, как перерабатывающая, пищевая и комбикормовая широко используются смесители разного конструктивного исполнения для приготовления смесей из сыпучих материалов. В большинстве конструкций предусмотрено действие активных рабочих органов (инек, лопатки) на материал для обеспечения необходимой степени их смешивания. Такое взаимодействие активных

рабочих органов с материалом может способствовать его повреждению, а это недопустимо. В статье предложена конструкция смесителя сыпучих материалов, который работает по принципу пересыпания материалов. Также теоретически получены зависимости для обоснования конструктивных параметров смесителя сыпучих материалов.

V. Kornelyuk, L. Zabrodotska, V. Hvesyk, A. Khomich Oscillatory model of grass seeds drying

Drying is the basic technological operation in harvesting grass seed process. Dry seeds can be long maintained.

Seed is a living organism. It has the capillary-porous structure. The shell seed has capillaries. Moisture is removed from capillary. Germ seed is sensitive to high temperatures. Therefore, properly selected modes of drying is the basis of conservation the harvest.

During drying seeds heat is transferred from the drying agent to the seed. Moisture evaporates from the surface.

Oscillatory temperatures drying is a way to intensify the process of drying agricultural materials. This is achieved by alternately heating and cooling the material. This technology provides the conditions of intensive movement of moisture to the surface of the seed.

This article contains advanced mathematical model. The model describes an oscillatory drying. Graphics of drying are the results of the calculation by computer. This allows calculate the parameters of the drying process. Proposes measures to reduce energy costs.

- / -

Корнелюк В.А., Забродоцкая Л.Ю., Хвесик В.О., Хомыч А.В. Моделирование осциллирующих режимов сушки семян трав

В статье предложено, как метод интенсификации сушки семян трав, применять осциллирующие режимы, которые заключаются в последовательном вентилировании слоя материала сушильным агентом и атмосферным воздухом. Представленная математическая модель, описывающая осциллирующую сушку, позволяет обосновать режимные параметры процесса. Предложены меры для уменьшения энергетических затрат на процесс сушки семян трав.

Kotov B.I., Stepanenko S.P. Law motion of particles in the air separator hravytatsyya in variable horizontal velocity of the air flow. Powered matematikel description of motion of particles of grain mixture in the chamber, the air separator hravytj at Impact horizontal air flow with variable speed. Get trajectory of motion of particles with size. Theoretically Studies of the effectiveness installed Ability Increase Section grain material from the air characteristics, the way Changed horizontal flow velocity in the direction of motion in the countercurrent submission material. Almost all known types of pneumatic separators cereals divided into two or three factions (including dust parts, ie removal of dusty air). However, as shown in the fundamental works when using the vertical channel to receive the regulated purity of the final product is virtually impossible. Patterns of movement of material in the horizontal airflow studied enough. Therefore, the definition of parameters and trajectories of particles with different properties based on simplified formulas remains an urgent task. The aim of the study. Improved separation of grain mixtures by determining the patterns of movement of particles in the air by the action of

gravity separator air flow variable speed. Initial particle motion is toward a horizontal air flow. The speed of air in a horizontal direction in a first approximation accept variable along the direction of the linearly.

- / -

Б.И. Котов, С.П. Степаненко, Закономерности движения частиц в пневмогравитационном сепаратора при переменной скорости горизонтального воздушного потока.

Приведено математическое описание движения частиц зерновой смеси в камере гравитационно-воздушного сепаратора при воздействии горизонтального потока воздуха с переменной скоростью. Получены траектории движения частиц с различным размером. Теоретическими исследованиями установлена возможность повышения эффективности разделения зерновых материалов с аэродинамическими характеристиками, путем изменения скорости горизонтального потока в направлении движения при противоточной подачи материала.

Yu.F. Lachuga, M.M. Kovalev, A.P. Apykhin, N.N. Tolstushko, A.V. Nazariivskiy Analysis of work and prospects for the using of tow shakers in the lines for production of short flax fiber

Currently, the main factor limiting the expansion of the use of short fibers, is its poor quality due to a significant content and trash fires. According to the applicable requirements in the short fiber permissible mass fraction of fires and trash it is 29%. Therefore, reduction in fires short fiber - an urgent task. Units for the preparation of a tow intended for short fibers from the beating of waste, as well as from the poor quality of the trusts. These include machines for the formation of a layer, remove unbound fires. The famous little research and publications analyzed trends for cars quakes to reduce fires in short flax fiber. Reducing fires in waste beating using machines quakes is an integral part of the technological process of producing short fibers. Place of installation of machines for quakes and their effectiveness is determined by the circuit process, implemented in one way or another with the unit for the preparation of the tow. To remove disconnected fires, as well as the mechanization of loading beating waste to a feeder unit for the preparation of the tow is advisable to install a machine for quakes with the lower crest of the rollers. The use of machines for quakes with the upper crest of the rollers in the units for the preparation of the tow, with the technological waste processing circuit beating this unit KPAL-I, it is inappropriate, due to its low efficiency. In the short term earthquake of machines with upper and lower comb rolls remain the main units in preparation for the tow to remove disconnected fires.

FLAX SCUTCHING, TOW, MACHINE, TOW SHAKER, CREST ROLLER, SHIVES, SHORT FIBER.

- / -

Ю.Ф. Лачуга, М.М. Ковальов, О.П. Апихін, М.М. Толстушко, О.В. Назарівський Тенденції розвитку трясильних машин для обезкострування короткого льоноволокна

Наведено аналіз роботи трясильних машин в агрегатах для приготування куделі. Запропоновано комбінована трясильна машина з нижніми і з верхніми гребеневими валиками.

ВІДХОДИ ТИПАННЯ, ТРЯСИЛЬНА МАШИНА, ГРЕБЕНЕВІ ВАЛИКИ, КОСТРИЦЯ, КОРОТКЕ ВОЛОКНО.

O.O. Nalobina, A.P. Herasymchuk A. P., R.V.Koval'chuk, O.L. Tkachuk.
Review of technologies and technical means for harvesting cannabis

The article analyzed harvesting technology stems hemp seeds after harvesting combine harvesters. Proposed modifications to collect hemp stalks. Collection of the stems can be performed using general purpose agricultural machines. This allows you to completely eliminate manual labor during the harvesting. However chaotic placement stems difficult to form rolls from the roll baler.

The use of the proposed device for harvesting hemp stalks diminishes uneven swath and increased parallelism placing the stems in it. This simplifies the formation of rolls of the roll baler and improves the quality of the resulting material.

- / -

А.А.Налобина, д.т.н., А.П.Герасимчук, к.т.н., Р.В.Ковальчук, О.Л.Ткачук.
Устройство для уборки стеблей конопли

В статье выполнен анализ технологии уборки стеблей конопли после сбора семян зерноуборочным комбайном и предложена конструкция устройства для уборки стеблей конопли

S. Panasiuk. Determining the speed of drying grain and corn cobs

The main feature drying corn is its relatively low the evaporation of moisture compared to other grain crops, which is due to the structure and chemical composition of grain. Moisture evaporates from grain corn is mainly through the nucleus, which is at the base of grains in place of its attachment to the rod.

When drying corn cobs should be viewed as a two-component body. Through structural features of drying corn cobs requires considerable costs drying agent depending on the difference moisture in grain and in rod.

In order to establish ways to reduce energy consumption in the drying process of corn ears was conducted study of speed drying cobs corn, particles of corn cobs that have a length that is commensurate with their diameter and grain.

The study found that the highest is speed drying grain, and the lowest – cobs corn. Threshing of grain with high initial moisture content leads to significant mechanical damage, so it is necessary to conduct drying corn on the cob. The results showed that the geometrical parameters of material affect the drying process.

- / -

С. Г. Панасюк. Определение скорости сушки зерна и початков кукурузы.
Приведены аналитические зависимости для определения скорости сушки зерна и початков кукурузы. Представлены результаты экспериментальных исследований, которые позволяют установить параметры, влияющие на скорость сушки початков кукурузы.

Protsenko V.O., Klementjeva O.Ju SPEED OF THE SAFETY COUPLING WITH CHORD INSTALLED ROPES

The article deals with the machinery and parts of machines. In it the licensed construction of the safety coupling equipped with chord installed ropes is offered. The offered coupling, unlike classical constructions with failing elements and frictional couplings, is characterised by simplicity of a construction. At the expense of application as supporting members of the flexible ropes, the new coupling is capable to work in the conditions of a misalignment. Operation process the offered

coupling at overload origin is described. At the expense of execution theoretical probes it is analysed coupling operations process. This process consists of two parts - relative movement of semicouplings in a lock mode of behaviour of a coupling and simultaneous extraction a spring-bias finger from the corresponding sleeve and a semicoupling. For normal operation of a coupling time extraction fingers should be less time of blow of adjacent sleeves. Conditions of possibility execution are fixed by a coupling safety functions. At the expense of consideration relative movement semicouplings dependence for definition of time of blow of adjacent sleeves of leading and led semicouplings is received. At the expense of application of the theorem of kinetic energy change, expression for time definition extraction a finger is received. Expression for definition of a limiting angular velocity is received also at which coupling with known design data is capable to execute safety functions. Dependence for definition of ruggedness tightening springs is offered. The received dependences allow to evaluate geometrical and kinematic possibilities of operation a coupling with ropes chord arrangements as safety and can become the fundamentals of a technique of projection of new couplings. The basic directions of the further probes of a new construction a coupling are fixed.

COUPLING, ROPE, SPEED, SAFETY FUNCTIONS.

- / -

Проценко В.А., Клементьєва О.Ю. Быстродействие предохранительной муфты с канатами хордального расположения

Работа относится к области машиноведения и деталей машин. В ней предложена запатентованная конструкция предохранительной муфты, оснащенной канатами хордального расположения. Предложенная муфта, в отличие от классических конструкций с разрушающимися элементами и фрикционных муфт, характеризуется простотой конструкции. За счет применения в качестве несущих элементов гибких канатов, новая муфта способна работать в условиях несоосности. Описан процесс срабатывания предложенной муфты при возникновении перегрузки. За счет выполнения теоретических исследований проанализирован процес срабатывания муфты. Этот процесс состоит из двух частей - относительного движения полумуфт в стопорном режиме работы муфты и одновременной экстракции подпружиненного пальца из соответствующей втулки и полумуфты. Для нормальной работы муфты время экстракции пальцев должно быть меньше времени удара смежных втулок. Установлены условия возможности выполнения муфтой предохранительных функций. За счет рассмотрения относительного движения полумуфт получена зависимость для определения времени удара смежных втулок ведущей и ведомой полумуфт. За счет применения теоремы об изменении кинетической энергии, получено выражение для определения времени экстракции пальца. Получено также выражение для определения предельной угловой скорости при которой муфта с известными конструктивными параметрами способна выполнять предохранительные функции. Предложена зависимость для определения жесткости зажимных пружин. Полученные зависимости позволяют оценить геометрические и кинематические возможности работы муфты с канатами хордального расположения как предохранительной и могут стать основой методики проектирования новых муфт. Установлены основные направления дальнейших исследований новой конструкции муфты.

МУФТА, КАНАТ, БЫСТРОДЕЙСТВИЕ, ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ.

Sai V.A., Melnyk D.A. Technological properties and suitability of oil flax fiber grown in the condition of Ukrainian Polissya.

The article presents the results of the survey of the bursting load and linear density of same type fiber of oil flax, which was grown in the climates of Western Polissya of Ukraine. The obtained results indicate that fiber of middle and the root parts of the stems have greater numerical values of the bursting load. For grades of oil flax Southern Night and blue-orange fiber meets the middle part of the 6th number, and root for 4th number under DSTU (State standards of Ukraine) 5015: 2008. For class Liryna fiber of the root and middle parts corresponding to the 4th number. Fiber of upper part of stems of all investigated varieties of flax oil corresponds to 3rd and 2nd numbers. Such fiber can be used for the production of nonwoven materials and twisted products, and after additional processing on carding machines mixed with cotton, wool and chemical, fiber can be used to manufacture fashionable fabrics and summer top jersey.

- / -

Сай В.А., Мельник Д.А. Технологические свойства и пригодность волокна льна масличного выращенного в условиях Полесья Украины.

В статье приводятся результаты исследования разрывной нагрузки и линейной плотности однотипного волокна льна масличного выращенного в климатических условиях Полесья Украины. Согласно полученных показателей качества установлена его пригодность для изготовления изделий различного функционального назначения.

В.В. Сацюк Маса проби для определения однородности состава смеси

Предложена методика определения массы пробы органно-минеральной смеси (ОМС), которую необходимо отобрать, для исследования однородности ее состава, при производстве гранулированных органно-минеральных удобрений (ОМД). Методика основана на обеспечении каждого растения заданной, в соответствии с агротребованиями, нормой полезных элементов.

В.В. Сацюк. Оценка сглаживающей способности смесителей непрерывного действия

Приведена методика оценки сглаживающей способности смесителей. Получена зависимость для определения распределения изменения концентрации потока смеси при прохождении ее через смеситель.

Irina Tarajmovich, Michail Dushuk. Technological features processing flax seed oil to obtain products of different functions.

In the article the main directions of linseed oil in Ukraine and especially in Polissya, analyzed feasibility of growing flax oil in Western Polissya in the context of the current conditions of economic operation Ukraine proposed a comprehensive seed processing technology to obtain products of different functions.

The modern trend of forming healthy diet, which necessitate the creation of new products with high biological and physiological value. It is noted that an important role in this case played by the use of raw materials, growing in close proximity to processing. This allows significantly reduce the cost of transportation and storage of raw materials, expand the range of food products.

As currently flax seeds are used mainly as a raw material for the production of linseed oil, the analysis of quantitative and qualitative composition of protein linseed indicates the prospects of their use as a source of protein for increasing the biological value of bakery and confectionery products.

Technological solutions proposed in this paper, the technology can create complex processing flax seeds. Secondary products are raw one stage the next, and all end products, including natural linseed oil used for food functionality.

LINSEED, EFFICIENCY, SEEDS, VEGETABLE PROTEIN.

- / -

И.В. Тараймович, М.С. Душук. Технологические особенности переработки семян льна масличного с получением продуктов различного функционального назначения

В статье рассмотрены основные направления использования семян льна масличного в Украине и в частности, на Полесье, проанализирована целесообразность выращивания льна масличного в условиях Западного Полесья в разрезе современных условий экономического функционирования Украины, предложена комплексная технология переработки семян с получением продуктов различного функционального назначения.

ЛЕН МАСЛИЧНЫЙ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, СЕМЕНА, РАСТИТЕЛЬНЫЙ БЕЛОК.

О. Л. Tkachuk, O.V. Ostapchuk. Improvement of technology of preparation of blended fabrics containing flax

This article presents the research results of the effect of decoction solution components and its concentrations on quality indicators of blended fabrics containing flax. The treatment of fabric in sodium hydroxide solution has the best indicators of capillarity, hygroscopicity and wettability but at the same time and more weakening fabric than the corresponding treatment of a solution of sodium carbonate are shown.

As a result of research the composition cooking of blended fabrics containing flax, cotton and polyester are recommended. This composition cooking of fabric provides high levels of hygiene and consumer properties of the textile material and the preservation of linen natural color.

- / -

Ткачук О.Л., Остапчук О.В. Усовершенствование технологии подготовки льносодержащей ткани

В статье проанализировано влияние компонентов варочной жидкости и их концентраций на показатели качества смесовой льносодержащей ткани. Разработан состав для отварки, обеспечивающий высокое качество текстильного материала и позволяющий сохранить естественный природный цвет льна.

**G.A. Haylis, P.A. Peh, N.A. Tolstushko, V.V. Shevchuk, M.V. Shevchuk
Determination of the soil resistance force during processing needle harrow**

The article deals with the definition of the soil resistance force during processing needle harrow. For tillage harrow used needle. These working bodies are studied by several authors, but the issues of determining the driving force and the resistance of the soil is not well understood. In view of this, the research work of the harrow is of considerable interest. According to the needle harrows conducted a lot of research, but the forces acting on the needle when moving the machine harrows

studied enough; enough also studied the behavior of the driving force. Considered our harrow is a device that commits rolling on the ground in the longitudinal vertical plane. wheels with moving needles in this plane which are depressed into the soil and loosening it produces. Each needle in low position considerably deeper into the soil. This depression is dependent on soil conditions, the moisture content and density, as well as the harrow ground pressure. Another effect of this corner recess between two adjacent needles on the disk. Determine the maximum value of the force required to puncture the soil needle harrow as it moves across the field. This force acts on the horizontal center of the disk and with the needles at the beginning of motion of the center when the lower end of the needle once touched the soil surface only, this force is zero. Then, as a further motion of the center this force increases.

FORCE, MOTION, DRIVE, NEEDLE, NEEDLE HARROW, SOIL, AXLE SECTION, THE CENTER OF RESISTANCE, TREATMENT.

- / -

Г.А. Хайліс, П.А. Пех, Н.О. Толстушко, В.В. Шевчук, М.В. Шевчук До визначення сили опору ґрунту при її обробці голчастою бороною

У статті розглянуто визначення сили опору ґрунту при її обробці голчастою бороною. СИЛА, РУХ, ДИСК, ГОЛКА, ГОЛЧАСТА БОРОНА, ҐРУНТ, ВІСЬ, СЕКЦІЯ, ЦЕНТР, ОПІР, ОБРОБКА.

Haylis G.A., Tolstushko N.N., Martyniuk V.L., Tolstushko N.O., M.V. Shevchuk Features of the two-wheeled trailer machinery on the fields slopes

The article describes the features of the two-wheeled trailer machines on the slopes of the fields and ways to improve the stability of the machine. Employment of machines in the field largely depends on the size of the fields and their slopes. It depends on the work and the design features of cars, their dimensions and loads, to overcome them by working bodies in the performance of technological processes. All of these issues be investigated. In the machinery on the fields of the slopes, a number of studies, but the stability of these machines is studied insufficiently. It is not enough to study the effect of structural features of the machine parameters and field location on the stability of these machines. One relatively simple machinery trailed a two-wheeled vehicle, comprising a frame, wheels, working bodies, tank, drive mechanism working bodies and tow hitch for connection to the tractor. Such a machine is, for example, drill. Consider the example of the machine, how does the slope of the field on its position in the field and the possibility of implementation of its manufacturing process. Let us first consider the forces acting on the machine, located at a horizontal field. An analysis of the forces acting on a two-wheeled trailed machine with its work on the slopes of the fields, set a condition under which the machine can work on these slopes without tipping over.

CAR, SLOPE, FIELD, SUPPORT, WHEEL, AXLE, ROTATION.

- / -

Хайліс Г.А., Толстушко М.М., Мартинюк В.Л., Толстушко Н.О., М.В. Шевчук. Особливості роботи причіпної двоколісної машини на схилах полів

У статті розглянуті особливості роботи причіпної двоколісної машини на схилах полів і шляхи поліпшення стійкості цієї машини.

МАШИНА, СХИЛ, ПОЛЕ, ОПОРА, КОЛЕСО, ВІСЬ, ПОВОРОТ.

A.S. Harchuk, G.A. Haylis, N.N. Tolstushko, S.F. Yuhimchuk, Determination of warp stems in the tape after the execution of the harvesting machine flax

Improving the quality of technological operations flax harvesting using harvesters through the development of new and improvement of existing workers is an important task of agriculture. In modern conditions in Ukraine all materials prepared in flax farms was in ribbons that trail harvester linen. Available device combines quality not perform the process of spreading the tape stems in the field, especially in windy weather. So excited agronomic requirements outspread stem strips, which further worsens the condition of machines working on combine harvesters. Outspread stem bands with high relative importance stems stretch and warp, and is uneven in thickness and contain gaps. Correct the situation can be based on a systematic study of parameters of our proposed device through the disclosure process spreading stem tape the field. Analysis of recent research and publications shows that there is a lot of theoretical and experimental research on the study of the interaction of stem linen tape with work surfaces spreading devices, but some of the main parameters and characteristics of these devices stem tape inconsistent with each other. Not only the influence of parameters stem and ribbon parameters and operating modes of the device for spreading the process of spreading the tape on the field. The developed program and methods of experimental studies of the proposed device for spreading harvester, which was supposed to determine the effect of the initial angle bias tape stems in different thicknesses its final value after spreading the field. Experiments were carried out in the field for spreading devices connected to the combine. Combine working in the unit with the tractor and trailer.

HARVESTING MACHINE FLAX, MISALIGNMENT STEMS, FLOORING UNIT, TAPE FLAX STALKS.A.C.

- / -

Харчук, Г.А. Хайлис, Н.Н. Толстушко, С.Ф. Юхимчук, Определение перекоса стеблей в ленте после расстилки льноуборочной машиной

В статье приведена методика и результаты экспериментального исследования влияния начального угла перекоса стеблей в ленте различной толщины на конечное его значение после расстилки льноуборочной машиной на льнице.

ЛЬНОУБОРОЧНАЯ МАШИНА, УГОЛ ПЕРЕКОСА СТЕБЛЕЙ, РАССТИЛОЧНОЕ УСТРОЙСТВО, ЛЕНТА СТЕБЛЕЙ ЛЬНА.

ЗМІСТ

1	Вржещ М.В., Толстушко Н.О., Боровицький О.М. Аналіз технологічних схем рубок на основі використання сучасної лісозаготівельної техніки.....	3
2	Гунько Ю.Л., Шведик М.С., Сахан В.В. Підвищення ефективності робочого поцесу тарілчастого дозатора.....	10
3	Дідух В.Ф., Тарасюк В.В., Оніщук А., Соколовський В. Визначення властивостей паливних матеріалів сформованих з стебел льону олійного.....	16
4	Дударев І.М. Обґрунтування конструктивних параметрів змішувача сипких матеріалів.....	23
5	Корнелюк В.О., Забродоцька Л.Ю., Хвесик В.О., Хомич А.В. Моделювання осцилюючого режиму сушіння насіння трав.....	31
6	Котов Б.І., Степаненко С.П. Закономірності руху частинок в пневмогравітаційному сепараторі при змінній швидкості горизонтального повітряного потоку.....	40
7	Лачуга Ю.Ф., Ковалев М.М., Апыхин А.П., Толстушко Н.Н., Назаривский А.В. Тенденції розвитку трясильних машин для обескостривання короткого льоноволокна.....	45
8	Налобіна О.О., Герасимчук О.П., Ковальчук Р.В., Ткачук О.Л. Пристрій для збирання стебел коноплі	55
9	Панасюк С.Г. Визначення швидкості сушіння зерна та качанів кукурудзи.....	61
10	Проценко В.О., Клементьева О.Ю. Швидкодія запобіжної муфти з канатами хордального розташування.....	66
11	Сай В.А. , Мельник Д.А. Технологічні властивості і придатність волокна льону олійного вирощеного в умовах полісся України... ..	74
12	Сацюк В.В. Маса проби для дослідження однорідності складу суміші.....	80
13	Сацюк В.В. Оцінка згладжуючої здатності змішувачів безпервної дії.....	88
14	Тараймович І.В., Душук М.С. Удосконалена технологія переробки насіння льону олійного з отриманням продуктів різного функціонального призначення.....	92
15	Ткачук О.Л., Остапчук О.В. Вдосконалення технології підготовки льономісної тканини.....	99

- 16 Хайлис Г.А., Пех П.А., Толстушко Н.А., Шевчук В.В., Шевчук М.В. К определению силы сопротивления почвы при ее обработке игольчатой бороной..... 104
- 17 Хайлис Г.А., Толстушко Н.Н., Мартынюк В.Л., Толстушко Н.А., М.В. Шевчук. Особенности работы прицепной двухколёсной машины на склонах полей..... 111
- 18 Харчук О.С., Хайліс Г.А., Толстушко М.М., Юхимчук С.Ф., Визначення перекошу стебел у стрічці після розстилання льонозбиральною машиною..... 119
- 19 Цизь І.Є., Мельник О.О., Романюк Н.М., Бабич М.О. Дослідження процесу ущільнення рослинного матеріалу у конічному каналі..... 123
Анотації..... 137

**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. Позичії 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 35, 2016

Збірник входить до "Переліку наукових фахових видань
України...". Галузь наук - технічні
(Наказ Міністерства освіти і науки України № 241 від 09.03.2016)

Відповідальний за випуск: В.Ф. Дідух
Комп'ютерна верстка: О.М. Гапонюк

Підписано до друку _____ р., Формат 60×84/16.
Ум. друк. арк. 9,25. Наклад 100. Безкоштовно. Зам.

Інформаційно-видавничий відділ Луцького НТУ
43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75

Реєстраційне свідоцтво
Міністерства юстиції України КВ №15902–4374 ПР