

ISSN 2307-1699

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ
МАШИНИ**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ СТАТЕЙ

Випуск 36

Редакційно-видавничий відділ Луцького НТУ

Луцьк 2017

УДК 631.3.00

Сільськогосподарські машини: Зб.наук.ст. – Вип. 36. – Луцьк, 2017. – 228 с.

Рекомендовано до друку Вченою радою Луцького національного технічного університету, протокол № 11 від 29.06.2017 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. Ріпечкий; 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.-т.н., проф. М.Й. Шевчук; к.т.н., доц. І.С. Цизь; к.т.н., доц. С.Ф. Юхимчук.

© Луцький національний технічний університет, 2016
(Свідоцтво про державну реєстрацію КВ №15902–4374 ПР
від 13.11.2009 р.)

УДК 62-93:681.5

© А.І.Бойко, д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

© В.М. Савченко, к.т.н., доц.

Житомирський національний агроекологічний університет

© В.В. Крот, аспірант

Житомирський національний агроекологічний університет

ВСТАНОВЛЕННЯ СЕРЕДНЬОГО НАРОБІТКУ ДО ВІДМОВИ ФОРСУНКИ І СЕРЕДНЬОГО ЧАСУ НА ВІДНОВЛЕННЯ ФІЛЬТРА І КЛАПАНА

Метою роботи є дослідження середнього наробітку до відмови форсунки та середнього часу відновлення роботоздатного стану фільтра і клапана. На основі фрагментів розміченого графу станів і переходів форсунки в різні можливі стани для встановлення середнього часу відновлення фільтра та клапану складене диференційне рівняння динамічного балансу ймовірностей. Математично доведено, що середній наробіток до відмови форсунки є величиною оберненою до суми інтенсивностей відмов фільтру і запірною клапану. Підтверджено, що середні часи відновлення підсистем форсунки обернені інтенсивностям їх відновлень.

ФОРСУНКА, ПРАЦЕЗДАТНИЙ СТАН, ЙМОВІРНІСТЬ БЕЗВІДМОВНОЇ РОБОТИ, ІНТЕНСИВНІСТЬ ВІДМОВ, ВІДМОВА.

Постановка проблеми. Форсунка представляє собою спеціальний пристрій для механічного розпилення рідини на високому тиску 70-100 Бар в приміщеннях теплиць. При необхідній кількості форсунок і правильному раціональному їх розташуванні досягають можливості активного впливу в регулюванні параметрів мікроклімату в промисловій теплиці [1,2,3,4]. Виходячи з цього можна стверджувати, що форсунки, як елемент системи підвищення вологості та зниження температури внутрішнього середовища індустріальних теплиць, відіграють важливу роль у створенні необхідного мікроклімату при вирощуванні рослин

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження проблем забезпечення надійності технологічного обладнання при вирощуванні продукції захищеного ґрунту досить актуальні для розвитку в АПК України і широко розглянуті в роботах [5,6]. Тому в результаті отриманої в роботі [7] моделі експлуатації форсунки для розпилювання рідини і створення мікроклімату в приміщенні теплиць,

а також побудованого графу станів і математичного моделювання переходів форсунки в різні можливі стани [8,9]

Мета дослідження. Метою роботи є дослідження середнього наробітку до відмови форсунки та середнього часу відновлення роботоздатного стану фільтра і клапана.

Результат дослідження. Крім характеристики безвідмовності форсунки, якою є функція готовності (коефіцієнт готовності), важливу роль в оцінці надійності даної технічної системи відіграють показники, що характеризують її довговічність і ремонтпридатність. Серед них варто виділити важливі для практики експлуатації такі показники, якими є середній наробіток до відмови і середні терміни відновлення пошкоджених елементів.

Для встановлення середнього наробітку до відмови виділимо з загального розміченого графу станів і переходів форсунки в різні можливі стани [8] фрагмента, що стосується працездатного стану «0».

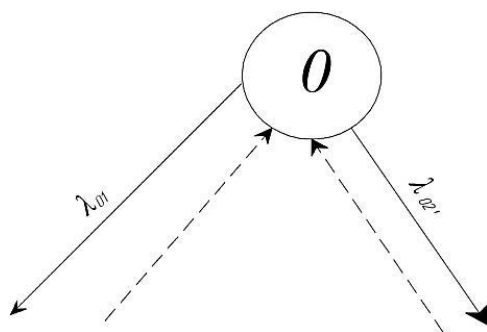


Рис. 1 – Фрагмент розміченого графу станів і переходу форсунки в різні можливі стани для встановлення середнього наробітку до відмови: «0» – працездатний стан, λ_{01} – інтенсивність відмов по причині забивання фільтра, λ_{02} – інтенсивність відмов клапана

Враховуючи, що в даному дослідженні використовується розмічений граф станів і переходів технічної системи форсунки (рис. 1), а також математичний апарат перетворень Лапласа, відкривається можливість визначити середній наробіток до відмови, як середній час знаходження системи в працездатному стані [8]. Тоді з виділеного фрагмента загального графу, який має безпосереднє відношення до працездатного стану і враховує потоки ймовірностей, що зв'язані з ним, можна записати наступне стохастичне диференціальне рівняння динамічного балансу ймовірності (рівняння Колмогорова):

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda_{01} \cdot P_0(t) - \lambda_{02} \cdot P_0(t) \quad (1)$$

де $P_0(t)$ – ймовірність працездатного стану;
(t) – час експлуатації.

В даному випадку стан «0» розглядається, як поглинаючий, а процеси, що приводять до нього вважаються початковими.

В перетвореннях Лапласа рівняння (1) представляється наступним чином:

$$-1 + S\varphi_0(S) = -(\lambda_{01} + \lambda_{02})\varphi_0(S).$$

Звідси, при рішенні його відносно $\varphi_0(S)$ маємо:

$$\varphi_0(S) = \frac{1}{S + \lambda_{01} + \lambda_{02}},$$

Середній наробіток до відмови форсунки визначається при $S = 0$ [2]. Тоді:

$$\bar{t} = \frac{1}{S + \lambda_{01} + \lambda_{02}} \Big|_{S=0} = \frac{1}{\lambda_{01} + \lambda_{02}} \quad (2)$$

З отриманого рівняння видно, що із збільшенням інтенсивності відмов по причині забивання фільтра і не спрацювання клапану, середній наробіток до відмови зменшується. Такий обернений зв'язок відповідає фізичній сутності роботи форсунки.

Середні часи відновлення працездатності форсунки розглядаються в контексті тих причин, що привели до відмов. Так, як спостерігається два види відмов, то і відновлення розглядаються відповідно до цих відмов.

Для фільтра, що відмовив в результаті забивання, треба виділити перехід із стану відмови «1» в стан працездатний «0» [8]. Фрагмент графу для цього переходу представлено на рис. 2.

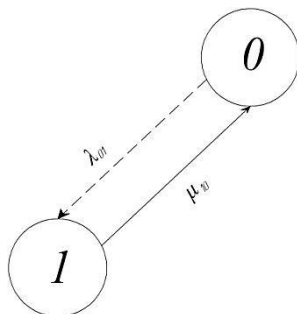


Рис. 2 – Фрагмент розміченого графу станів і переходів форсунки в різні можливі стани для встановлення середнього часу відновлення фільтра: «1» – непрацездатний стан по причині виходу з ладу фільтра, μ_{10} – інтенсивність відновлень при заміні фільтра

З представленого фрагменту графа диференціальне рівняння динамічного балансу ймовірностей, при включені інтенсивності відмови λ_{01} записується слідуючим чином:

$$\frac{dP_1(t)}{dt} = -\mu_{10} \cdot P_1(t). \quad (3)$$

де $P_1(t)$ – ймовірність відмови фільтру.

В перетвореннях Лапласа рівняння представляється у наступному вигляді:

$$-1 + S\varphi_1(S) = -\mu_{10}\varphi_1(S). \quad (4)$$

Звідси:

$$\varphi_1(S) = \frac{1}{S + \mu_{10}}$$

Середній час відновлення від забивання фільтру знаходимо, поклавши $S = 0$. Тоді:

$$\tau_1 = \frac{1}{S + \mu_{01}} \quad \Bigg| \quad S=0 = \frac{1}{\mu_{01}} \quad (5)$$

По аналогії розглядаючи відмови клапану розглянемо слідуєчу частину розміченого графу:

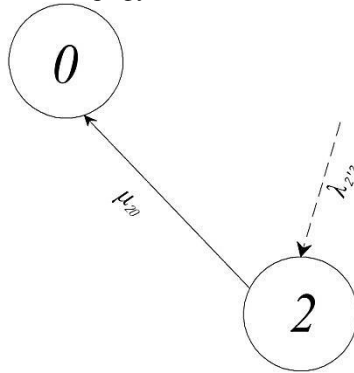


Рис. 3 – Фрагмент розміченого графу станів і переходів форсунки в різні можливі стани для встановлення середнього часу відновлення клапана: «2» – непрацездатний стан по причині виходу з ладу клапана, μ_{20} – інтенсивність відновлень при ремонті(очищенні) клапана, заміні пружини

При $\lambda_{22}=0$ для відмов клапана можна записати слідуєче диференційне рівняння:

$$\frac{dP_2(t)}{dt} = -\mu_{20} \cdot P_2(t). \quad (6)$$

де $P_2(t)$ – ймовірність відмови клапану.

В перетвореннях Лапласа диференційне рівняння представляється наступним чином:

$$-1 + S\varphi_2(S) = -\mu_{20}\varphi_2(S). \quad (7)$$

Звідкіля ймовірність відмов клапана дорівнює:

$$\varphi_2(S) = \frac{1}{S + \mu_{20}}.$$

Середній час відновлень форсунки по причині відмови клапану визначається наступним чином:

$$\bar{\tau}_2 = \frac{1}{S + \mu_{20}} \Big|_{S=0} = \frac{1}{\mu_{20}} \quad (8)$$

Висновки. Середній наробіток до відмови форсунки є величиною оберненою до суми інтенсивностей відмов фільтру і запірної клапану, зі збільшенням видів відмов і кількістю підсистем і елементів системи її середній наробіток до відмови зменшується. Підтверджено, що середні часи відновлення підсистем форсунки обернені інтенсивностям їх відновлень. перспективою подальших досліджень є дослідження впливу часу експлуатації на зміну ймовірності відмов фільтра форсунки

Література

1. Міненко С. В. Вплив шторних екранів на внутрішню температуру в скляних теплицях / С. В. Міненко // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. – 2012. – Вип. 16 (30), кн. 2. – С. 270–274.
2. Савченко В.М. Вплив культивацийних споруд та технологічних систем на параметри мікроклімату при вирощуванні продукції захищеного ґрунту/ В. М. Савченко, В. В. Крот // Крамаровські читання : зб. тез доп. II міжнар. наук.-техн. конф., 3 квіт. 2013. – К. : НУБіП, 2013. – С. 72–74.
3. Міненко С. В. Аналіз залежності інтенсивності продуктивного фотосинтезу від режимів мікроклімату в індустріальних теплицях / С. В. Міненко // Вісник ЖНАЕУ. – 2016. – № 1 (53), т. 1. – С. 270–276.
4. Міненко С. В. Класифікація способів зняття перегріву рослин в індустріальних теплицях / С. В. Міненко// Вісник ЖНАЕУ. – 2016. – №1 (53), т. 1. – С. 276–282.
5. Бойко А.І. Проблеми забезпечення надійності технологічного обладнання при вирощуванні продукції захищеного ґрунту в АПК України / А.І. Бойко, В. М. Савченко, В. В. Крот // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2016. – №6. – С. 200-2003.

6. Бойко А.І. Основні несправності форсунок систем автоматизованого контролю вологісними та температурними параметрами повітря в приміщеннях теплиць / А.І. Бойко, В.М.Савченко, В.В. Крот // Крамаровські читання : зб. тез доп. IV міжнар. наук.-техн. конф., 16-17 лют. 2017. – К. : НУБіП, 2017. – С. 61–64.

7. Minenko S. Researching indexes of reliability of systems of microclimate control onto productivity of products of protected soil/ S. Minenko// Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 46. – Кіровоград: КНТУ, 2016. – С. 105–108.

8. Boiko A.I. Charts of conditions and mathematical modelling of transition of nozzles into various possible conditions/A. Boiko, V. Savchenko, V. Krot// Вісн. ХНТУСГ ім. Василенка – 2017 – Вип. 181–С. 173–178.

9. Boiko A.I. Mathematical modelling of transition of nozzles for liquid sprayer and generation of microclimate in the premises of greenhouses into various possible conditions /A. Boiko, V. Savchenko, V. Krot// Вісн. ХНТУСГ ім. Василенка – 2017 – Вип. 180–С. 72–77.

УДК 681.513

©Броварець О.О., к.т.н.

Київський кооперативний інститут бізнесу і права

ПОБУДОВА ШТРАФНИХ ФУНКЦІЙ В ЗАДАЧАХ ОПТИМІЗАЦІЇ ДИНАМІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ У РОСЛИННИЦТВІ

Використання штрафних функцій в задачах оптимізації динамічного управління дає можливість керувати якістю виконання технологічних операцій із використанням технічних систем оперативного моніторингу у рослинництві. Функція які використовуються у відомих типах штрафних функцій, можуть бути використані для динамічного управління якістю виконання технологічних операцій із використанням технічних систем

оперативного моніторингу у рослинництві для забезпеченням керованого агробіологічного стану сільськогосподарських угідь шляхом реалізації прогностично-компенсаційної технології диференційованого внесення технологічного матеріалу.

Постановка проблеми. За допомогою штрафних функцій багатокритеріальні задачі зводять до однокритеріальних, задачі з обмеженнями – до задач без обмежень. Різновидність типів штрафних функцій досить широкий і визначається специфікою розглядуваних задач [1,2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розглянемо основні типи штрафних функцій [1], які можуть бути використані у вирішенні задач, де цільова функція є поліекстремальною недиференційованою залежністю. Найпростіша штрафна функція являється статистичною, де до цільової функції у вигляді штрафу прибавляється деяка константа, далі використовується метрична штрафна функція, де в якості метрики використовується відстань від безлічі оптимальних рішень. До іншого тут належать динамічні штрафні функції, значення яких залежить від ітераційного кроку; адаптивні штрафні функції, де об'єднано облік відстані і кроку пошуку оптимального рішення. До них додані коеволюційні штрафні функції [2]. Наступна класифікація розглядає класифікацію штрафних функцій на: бар'єрні, квадратичні, абсолютні, логарифмічні із врахуванням «важливості обмежень» [3, 4].

Вперше метод штрафних функцій був запропонований в 1943 році американським математиком Р. Курантом і з 60-х років використовується для рішення задач локальної оптимізації, лінійного і нелінійного програмування, частіше всього як варіації внутрішніх і зовнішніх штрафів [5].

Мета дослідження. Побудова штрафних функцій в задачах оптимізації динамічного управління якістю виконання технологічних операцій із використанням технічних систем оперативного моніторингу у рослинництві.

Результати дослідження. Розглянемо цільову функцію, яка відображає якість виконання технологічних операцій, в якій відображено агробіологічний стану сільськогосподарських угідь та фізичну дію на нього агробіологічного стану сільськогосподарських угідь:

$$F_r(t) = \alpha_{ABC} \cdot \int_{t_0}^{t+\Delta t} \sum_{n=1}^r \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m k_{nij} \cdot x_{nij}^{II-VP}(t) \cdot \Delta \alpha_{nij}^{II-VP}(t) \cdot dt + \\ + \alpha_{CGM} \cdot \left(\sum_{d=1}^w (x_{MTA_j}^{MTA} \cdot \Delta \alpha_{nij}^{MTA-VP} + \sum_{q=1}^p x_q^{CGM} \cdot \Delta \alpha_q^{CGM-VP} \right),$$

де

$$\sum_{q=1}^p x_q^{CGM} \cdot \Delta \alpha_q^{CGM_VP} = \sum_{q=1}^p n_q^{CGM} \cdot (n_q^{PO_CGM} \cdot x_q^{PO_CGM} \cdot \Delta \alpha_q^{PO_CGM_VP}).$$

Тоді маємо

$$F_r(t) = \alpha_{ABC} \cdot \int_{t_0}^{t+\Delta t} \sum_{n=1}^r \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m k_{nij} \cdot x_{nij}^{\Pi_VP}(t) \cdot \Delta \alpha_{nij}^{\Pi_VP}(t) \cdot dt +$$

$$+ \alpha_{CGM} \cdot \left(\sum_{d=1}^w (x_j^{MTA} \cdot \Delta \alpha_{nij}^{MTA_VP} + \sum_{q=1}^p n_q^{CGM} \cdot (n_q^{PO_CGM} \cdot x_q^{PO_CGM} \cdot \Delta \alpha_q^{PO_CGM_VP})) \right).$$

$$L_i \in T \sum_{i=1}^{n_i} d_{il}^j \chi Z_{il}^{T_j} \rightarrow \max,$$

де r - якість виконання технологічних операцій;

α_{ABC} , α_{CGM} - вагові коефіцієнти, як вказують на пріоритет агробіологічного стану сільськогосподарських угідь та фізичної дії на нього сільськогосподарських знарядь;

x_j і y_j - вимоги до агробіологічного стану сільськогосподарських угідь та сільськогосподарських машин;

Z_j^y - комплексні вимоги до агробіологічного стану сільськогосподарських угідь;

L_i — агробіологічне поле;

T_j - сільськогосподарська машина;

$Z_{il}^{T_j}$ - параметри, які задовольняє сільськогосподарська машина;

d_{il}^j - пріоритет задоволення таких параметрів;

l - кількість вимог до якості виконання технологічних операцій;

k - необхідні кількість виконаних технологічних операцій;

M - необхідні кількість сільськогосподарських машин у складі машинно-тракторного агрегату;

n_i - кількість робочих органів у складі машини в i -й групі;

Ω - область обмежень, P, S, L, A – множина агробіологічних параметрів сільськогосподарського поля.

Оптимізація по приведених витратах внесення технологічного матеріалу та використання машинно-тракторного агрегату:

$$F_r(t) = \sum_{n=1}^r \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m c_{nij}^{ABC} \cdot x_{nij}^{ABC} + \sum (c^{MTA} \cdot x^{MTA} + \sum c^{CGM} \cdot x^{CGM}).$$

Надалі будемо використовувати наступні позначення:

$$F_1(r) = \sum_{j=1}^l x_j \chi Z_j^\gamma \quad \text{і} \quad F_2(r) = \sum_{j=1}^K y_i \sum_{i=1}^M \chi L_i \in T_j \sum_{l=1}^{n_i} d_{il}^j \chi Z_j^\gamma.$$

Відомо, що область Q складається із двох областей Ω_1 і Ω_2 , де перша область визначає ведення органічного землеробства, друга – ведення традиційного хімічного землеробства. При реалізації однієї і іншої технології всі вимоги до якості повинні бути виконані, тобто $r \in \Omega_{1,2}(P, S, L, A)$, при цьому повинно бути виконуватися умова:

$$\chi_{\Omega_{1,2}}(r) = 1. \quad (3)$$

A, ϵ функція-індикатор $\chi_A = \begin{cases} 1, x \in A \\ 0, x \notin A \end{cases}$

Рішення r називають допустимим, якщо виконується умова (3).

Рішення r^* називається оптимальним, якщо воно належить множині:

$$\{r^* / \chi_{\Omega} = 1 \& r^* \in \Omega_2(P, S, L, A) \& r^* = \arg \max F(r)\}. \quad (4)$$

Із визначення випливає, що потужність множини оптимальних рішень може бути більше одиниці.

Враховуючи характері задачі (1), (2), пошук оптимального рішення проблематичний. В більшості випадків знайти оптимальне рішення за допустимий час не вдається, до тогож оптимальне керування агробіологічним станом аргіогі не відомо. Тоді обмежуються допустимі рішення, які являються допустимими і визначаються по деякому зовнішньому критерію. Замітимо також, що область $\Omega_2(P, S, L, A)$ визначається як типом рівності, так і не рівності.

Пошук оптимально рішення з використанням штрафної функції. В роботі [4] для вирішення задачі динамічного управління якістю виконання технологічних операцій із використанням технічних систем оперативного моніторингу у рослинництві для забезпеченням керованого агробіологічного стану сільськогосподарських угідь шляхом реалізації прогностично-компенсаційної технології диференційованого внесення технологічного матеріалу було використано генетичні алгоритим, еволюційованої стратегії і розроблений комбінований метод направленої оптимізації (EvoMax), а також виконання конструювання структури потенціального рішення динамічного управління якістю. Вони передбачають наступні кроки [4]:

Крок 1. Визначення структури S потенціального рішення r .

Крок 2. Визначення критерій E кінцевого пошуку оптимального рішення.

Крок 3. Виконати кодування потенціального рішення.

Крок 4. Поки не виконається критерій E :

Крок 4.1. Поки вибірка потенціальних рішень Z неповна.

Крок 4.1.1. Згенерувати потенційне рішення r .

Крок 4.1.2. Якщо воно недопустиме ($r \notin \Omega_1(P, S, L, A)$), то перейти на крок 4.1.1.

Крок 4.1.3. Якщо рішення прийнятне $r \notin \Omega_2(P, S, L, A)$, то записати вибірку Z і перейти на крок 4.1.

Крок 4.1.4. Якщо рішення r неприйнятне хотя б по одному із обмежень із $\Omega_2(P, S, L, A)$ то реалізується один із трьох варіантів:

A: перейти на крок 4.1.1.

B: Якщо варіант A виконаний більше A_{\max} раз, то перейти до варіанту C .

C: Положить

$$F(r) = \alpha_S \cdot F_1(r) + \alpha_L F_2(r) - \beta_{it} \cdot \varphi(F_1(r) \vee F_2(r)), \quad (5)$$

де β - ваговий коефіцієнт, it - номер ітерації; $\varphi(*)$ - функція штрафу.

Вважати r потенціальним рішенням і перейти на крок 4.1.1.

Крок 4.2. Для всіх потенціальних рішень вирахувати значення цільової функції $F(*)$, враховуючи те, що якщо рішення допустиме або прийнятне, то значення функції штрафу $\varphi(*) = 0$.

Крок 4.3. Виконує генерацію нових потенціальних рішень, виходячи із значення цільової функції, використовуючи операції кроссовера.

Крок 5. Обрахування значень критерій E .

У запропонованому методі використовується штрафна функція. Зрозуміло, що якби всі допустимі рішення були б допустимі, необхідності в її використанні не було б. Але в більшості випадків на практиці це не так.

Якщо вважати пріоритети агробіологічного стану сільськогосподарських угідь і якості виконання технологічних операцій заданими, то отримаємо значення F_{\max} буде відповідати отриманню оптимального значення $F_{1\max}$ і $F_{2\max}$. Зазвичай агробіологічний стан сільськогосподарських угідь являється

стабільним, тому традиційним способом збільшення значення цільової функції – це першочергове виконання бажанням і потреб реалізації диференційованого внесення технологічних матеріалів (насіння і мінеральних добрив) з великими ваговими коефіцієнтами.

Побудова штрафної функції. Розглянемо задачу конструювання функції штрафу.

$$\varphi(F_1(r) \vee F_2(r)) = \begin{cases} 0, r \in \Omega_2(P, R, L, A) \\ f(\underset{j=1}{\overset{l}{\vee}} x_j \vee \underset{j=1}{\overset{k}{\vee}} y_j, D, \gamma \end{cases} \quad (6)$$

У виразі (6) нульове значення функції штрафу відповідає випадку, коли не виконується хоч б одна із вимог агробіологічного стану сільськогосподарських угідь, D - значення, інтегруючі пріоритетні вимоги агробіологічного стану сільськогосподарських угідь, γ - деякий параметр.

Оскільки «оштрафованими» можуть бути і рішення, які не задовольняють якість виконання агробіологічного стану сільськогосподарських угідь і технологічних операцій, тому доцільно вважати цільову функцію адитивною і записати в такому виді:

$$\varphi(F_1(r) \vee F_2(r)) = \beta_1 \varphi_1(F_1(r)) + \beta_2 \varphi_2(F_2(r)) = \beta_1 f_1(\underset{j=1}{\overset{l}{\vee}} x_j) + \beta_2 f_2(\underset{j=1}{\overset{k}{\vee}} y_j, D). \quad (7)$$

Очевидно, що чим в більшому ступені порушуються обмеження, тим більше повинно бути значення функції штрафу. За станом функція штрафу являється невід'ємною функцією, а виходячи із свого значення, для неї справедлива нерівність:

$$0 \leq \varphi(*) \leq F_{\max} \quad (8)$$

Аналогічно і для її компонента:

$$0 \leq \varphi_i(F_i(r)) \leq F_{i\max} \quad \text{і} \quad 0 \leq f_i(\underset{j=1}{\overset{l}{\vee}} x_j) \leq F_{1\max}, \quad 0 \leq f_2(\underset{j=1}{\overset{k}{\vee}} y_j) \leq F_{2\max}.$$

Розглянемо побудову штрафної функції $\varphi_1(*)$. Введемо функцію відстані від передбачуваного потенціального рішення r до області $\Omega_2(P, S, L, A)$.

Очевидно, що доцільно вважати, що $T \cup \bar{T} = V$, де T – прийятна вимога, \bar{T} – неприйятна вимога, V – м ножина можливих вимог до чогось.

Таким чином, існує декілька підходів до визначення штрафної функції керування якістю виконання технологічних операцій. Для першого способу достатньо припустити:

$$\bar{x}_j = 1 - x_j, \quad j = \overline{1, l}, \quad \sum_{j=1}^l x_j = 1, \quad \sum_{j=1}^l \bar{x}_j = 1.$$

І вважати, що

$$f_1(\bigvee_{j=1}^l x_j) = \sum_{j=1}^l (1 - x_j) = l - \sum_{j=1}^l x_j. \quad (9)$$

Перевага функції (9) – простота отримання, недолік – припущення про те, що значення чогось бажаного обернено пропорційне значенню бажаного, що не завжди справедливе. Крім того відсутня градація по відсутності деяких показників.

Висновки. Запропонована технологія пошуку оптимального або допустимого динамічного управління якістю виконання технологічних операцій із використанням технічних систем оперативного моніторингу у рослинництві для забезпеченням керованого агробіологічного стану сільськогосподарських угідь шляхом реалізації прогностично-компенсаційної технології диференційованого внесення технологічного матеріалу дозволяє запобігти тупикових ситуацій, коли відсутні прийнятні варіанти розписання. Використання штрафних функцій націлене на збільшення потенціальних рішень, пошук рішень, які відповідають великим значенням цільової функції, але являються неприйнятні для деяких рішень агробіологічного керування станом сільськогосподарських угідь.

Література:

1. Smith A.E. Constraint-Handling Techniques - Penalty Functions / A.E. Smith, D.W. Coit // Handbook of Evolutionary Computation. - Institute of Physics Publishing and Oxford University Press, Bristol, U.K., 1997. - Chapter C 5.2. - 25 p.
2. Yeniay O. Penalty function methods for constrained optimization with genetic algorithms / O. Yeniay // Mathematical and Computational Applications. - 2005. - Vol. 10, N 1. - P. 45 - 56.
3. Попов В.Б. Эволюционные стратегии формирования оптимального кредитного портфеля финансовых предприятий / В.Б. Попов // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. - (Серия «Экономика и управление»). - 2011. - Т. 24 (63), № 1. - С. 164 - 181.
4. Сипко Е.Н. Об особенностях формирования целевой функции и ограничений в задаче составления расписаний / Е.Н. Сипко, В.Е. Снитюк // Математичні машини і системи. - 2014. - № 3. - С. 88--95.].
5. Шмелев В.В. Точные штрафные функции в линейном и целочисленном линейном программировании / В.В. Шмелев // Автоматика и телемеханика. - 1992. - № 5. - С. 106 – 115.

Рецензент д.т.н. Дідух В.Ф.

УДК 631.33.02

©Васильковська К.В., к.т.н, Васильковський О.М., к.т.н., Мороз С.М.
к.т.н.

Центральноукраїнський національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНОСТІ ПНЕВМОМЕХАНІЧНОГО ВИСІВНОГО АПАРАТА З ПЕРИФЕРІЙНИМ РОЗТАШУВАННЯМ КОМІРОК ТА ІНЕРЦІЙНИМ ВИДАЛЕННЯМ ЗАЙВОГО НАСІННЯ

Нова конструкція пневмомеханічного висівного апарата для точного висіву насіння просапних культур з периферійним розташуванням комірок на висівному диску та інерційним видаленням зайвого насіння дозволяє проводити висів насіння цукрових буряків, сої, соняшнику та кукурудзи без зміни висівного диска. Наведені результати перевірки універсальності висівного апарата із запропонованим висівним диском.

Постановка проблеми. Створення нових технологій та засобів механізації повинно мати на меті збереження родючості ґрунтів та зменшення ресурсовитрат і збереження навколишнього середовища, що стане запорукою майбутнього врожаю та доброти країни. Вибір обладнання для сільськогосподарського виробництва на початковому етапі, а саме: сівалки для точного висіву насіння – є першочерговою умовою майбутнього врожаю.

Мета дослідження. З метою підвищення ефективності точного висіву насіння на кафедрі сільськогосподарського машинобудування Центральноукраїнського національного технічного університету розроблено дослідний зразок секції нової пневмомеханічної сівалки для точного висіву насіння просапних культур [1-5].

Результати дослідження. Головною особливістю нового висівного апарата (рис. 1) є використання висівного диска з периферійним розташуванням комірок, за якими на його внутрішній поверхні розмішені лопатки для примусового захоплення насіння диском в робочій камері та подальшого його транспортування до зони скидання.

Для видалення зайвого насіння з комірок висівного диска у верхній частині циліндричної поверхні корпусу виконано пасивний пристрій у вигляді порожнини, до якої потрапляють зайві насінини і, відокремлюючись від диска, повертаються до зони заповнення.

В нижній частині поверхні корпусу виконано висівне вікно, яке забезпечує вільне випадіння насіння до борозни.

Для визначення раціональних параметрів та режимів роботи висівного апарата використовується метод планування багатофакторного експерименту. Встановлено вплив розрідження у вакуумній камері (ΔP) та колової швидкості комірок висівного апарату (V_k) на якість їх заповнення [6-9].

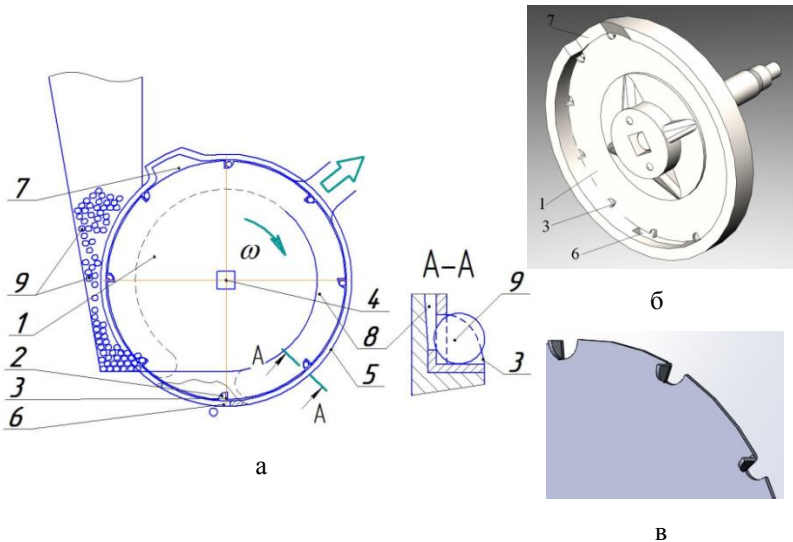


Рис. 1 – Запропонований пневмомеханічний висівний апарат:
 1 – висівний диск; 2 – комірка; 3 – лопатка; 4 – приводний вал;
 5 – корпус; 6 – висівне вікно; 7 – пасивний пристрій (порожнина)
 для видалення зайвого насіння; 8 – вакуумна камера; 9 – насіння
 а – схема; б – тривимірна модель висівного апарата;
 в – тривимірна модель фрагмента висівного диска

Для підтвердження універсальності запропонованого висівного апарата проведено дослідження на насінні сої, соняшнику та кукурудзи.

Отримано залежності коефіцієнту заповнення комірок висівного диска K від розрідження у вакуумній камері ΔP для відповідних видів насіння (рис. 2, 3 та 4).

Перевіркою універсальності дослідного висівного апарата встановлено, що диск з коміркою, радіусом твірної $r=6,0$ мм дозволяє задовільно дозувати насіння цукрових буряків, сої та соняшнику.

Оптимальне значення коефіцієнту заповнення комірок ($K=100\%$) при дозуванні вказаних культур досягається встановленням наступних параметрів:

- для сої – $\Delta P=0,4\dots0,5$ кПа, $V_k=1,5\dots2,0$ м/с;
- для соняшнику – $\Delta P=0,4\dots0,5$ кПа, $V_k=1,5\dots2,5$ м/с.

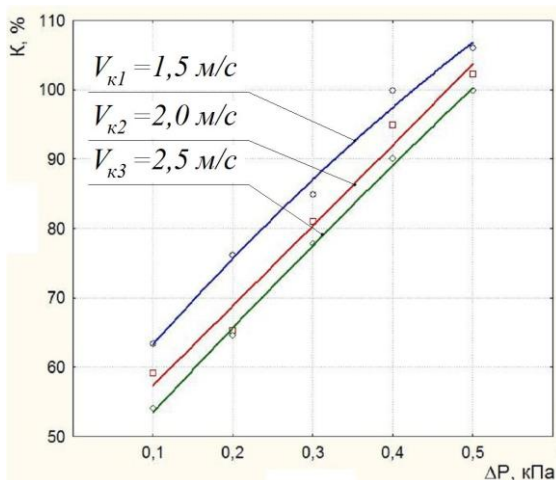


Рис. 2 – Залежність коефіцієнта заповнення комірок висівного диска K від величини розрідження у вакуумній камері ΔP для насіння сої

Аналіз залежності коефіцієнту заповнення комірок для насіння кукурудзи (рис. 4) диском з коміркою, радіусом твірної $r=6,0$ мм ускладнений великими розмірами насіння, внаслідок чого максимальне значення коефіцієнту заповнення комірок $K=88\%$ досягається при $\Delta P=2,6$ кПа, $V_k=1,5$ м/с. Тому для цієї просапної культури необхідно використовувати окремий висівний диск з більшим радіусом твірної комірки.

Висновки. Таким чином, перевіркою універсальності дослідного висівного апарата встановлено, що диск з коміркою, радіусом твірної $r=6,0$ мм дозволяє дозувати насіння цукрових буряків, сої та соняшнику. Коефіцієнт заповнення комірок $K=100\%$ при дозуванні вказаних культур досягається встановленням наступних параметрів: для сої – $\Delta P=0,4\dots0,5$ кПа, $V_k=1,5\dots2,0$ м/с; для соняшнику – $\Delta P=0,4\dots0,5$ кПа, $V_k=1,5\dots2,5$ м/с.

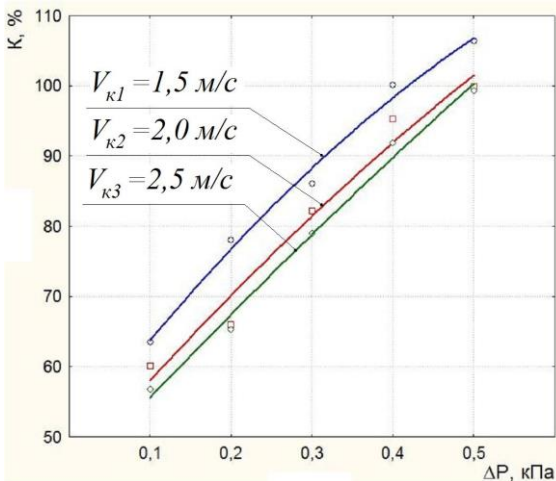


Рис. 3 – Залежність коефіцієнта заповнення комірок висівного диска K від величини розрідження у вакуумній камері ΔP для насіння соняшнику

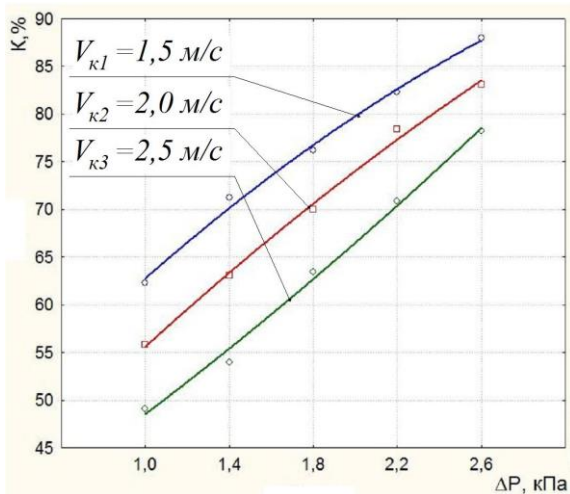


Рис. 4 – Залежність коефіцієнта заповнення комірок висівного диска K від величини розрідження у вакуумній камері ΔP для насіння кукурудзи

А висів насіння кукурудзи диском з коміркою, радіусом твірної $r=6,0$ мм ускладнений великими розмірами насіння, внаслідок чого максимальне значення коефіцієнта заповнення комірок $K=88\%$ досягається при $\Delta P = 2,6$ кПа, $V_k=1,5$ м/с.

Література

1. Пат. 77191 У Україна, МПК А01С 7/04 (2006.01). Пневмомеханічний висівний апарат [Текст] / М. М. Петренко, М. І. Васильковський, К. В. Васильковська (Україна); заявник і патентотримач Кіровоградський національний технічний університет. – №u201203339; заявл. 20.03.2012; опубл. 11.02.2013, Бюл. № 3.
2. Васильковська, К. В. Вплив форми і типу комірок висівного диска на якість дозування насіння [Текст] / К. В. Васильковська, О. М. Васильковський // Східноєвропейський журнал новітніх технологій. Vol 6, No 7 (72) (2014) – Харків: Технологічний центр, 2014. С. 33-36.
3. Васильковская, Е. Обоснование конструктивной схемы пневмомеханического высевального аппарата для точного высева семян пропашных культур [Текст] / Е. Васильковская, Н. Петренко, С. Гончарова // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture: an international journal on operation of farm and agri-food industry machinery. – Lublin, Vol.15, No. 2, - 2013, 99–105.
4. Васильковська, К. В. Аналіз роботи пневмомеханічного висівного апарата з периферійним розташуванням комірок / К. В. Васильковська, М. М. Петренко, С. Я. Гончарова [Текст] // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 43, Ч. 1 – Кіровоград: КНТУ, 2013. – С. 18-22.
5. Васильковська К.В. Обґрунтування параметрів універсального пневмомеханічного висівного апарата точного висіву: дис. на здоб. наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.11. «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / К.В. Васильковська. – Кіровоград, 2014.
6. Vasylkovs'ka K. Characterization of peripherally based cells of the pneumatic-mechanical seeding machine of accurate sowing for tilled crops / K. Vasylkovs'ka, O. Vasylkovs'kyu, S. Leschenko, D. Petrenko // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 44 – Кіровоград: КНТУ, 2014. – С. 3-6.
7. Васильковська, К. В. Визначення оптимальних параметрів пристрою для видалення зайвого насіння з комірок висівного диска пневмомеханічного апарата [Текст] / К. В. Васильковська, О. М. Васильковський // Збірник наукових праць Кіровоградського

національного технічного університету: Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузево машинобудування, автоматизація. Вип. 28 – Кіровоград, КНТУ, 2015. – С. 159-163.

8. Vasytkovska, K. Researches of pneumatic sowing machine with peripheral cells location and inertial superfluous seeds extraction [Text] / K. Vasytkovska, O. Vasytkovsky, O. Anisimov, N. Trykina // ECONTechMOD: an international quarterly journal on economics of technology and modelling processes. – Lublin; Rzeszow. Vol. 4. No. 4. 2015, 85-89.

9. Васильковська, К. В. Визначення якості висіву насіння пневмомеханічним висівним апаратом з периферійним розташуванням комірок та інерційним видаленням зайвого насіння [Текст] / К. В. Васильковська, О. М. Васильковський, М. М. Петренко // Механізація та електрифікація сільського господарства [загальнодержавний збірник]. - Вип. 3 (102). Глевах: Національний науковий центр «ІМЕСГ», 2016. – С. 34-43.

Рецензент д.т.н. Дідух В.Ф.

УДК 631.35

©Н.В. Васильчук

Луцький національний технічний університет

ОГЛЯД СУЧАСНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЖАТОК ДЛЯ ЗБИРАННЯ СОНЯШНИКА

В роботі розглянуті сучасні конструкції жаток для збирання соняшнику від провідних світових виробників сільськогосподарської техніки. Описані переваги та недоліки кожної з них

Постановка проблеми. На сьогоднішній день Україна є одним із світових лідерів по вирощування соняшника. Так на 2016 році зібрано 131905,5 тис. ц. соняшнику (у 2015 році – 110871,1 тис. ц.) [1].

Для такого великого об'єму дуже важливими є хороша механізація і відповідні комплекси для виробництва та особливо збирання соняшнику. Велика продуктивність, мінімум втрат та пошкодження насіння у всьому циклі – ось найважливіші вимоги до засобів механізації.

Найбільш складним процесом при виготовленні соняшнику – є процес збирання. Це пов'язано із неоднорідністю росту та складної будови самої рослини. Тому для сучасних виробників жаток для соняшнику ставляться найвищі вимоги щодо якості та низької енергоємності процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Виконаний аналіз процесів збирання соняшнику та технічних засобів для їхнього здійснення виявив, що робочі органи механічних засобів для збирання даної культури не є досконалими, що приводить до значних втрат врожаю [2, 3, 4, 5]. Мінімізація втрат врожаю у ході виконання технологічного процесу збирання соняшника - науково-практична задача, яка потребує пошуків нових конструктивних рішень робочих органів спеціалізованих збиральних машин. Крім того, багатьом сільськогосподарським господарствам нова техніка закордонних виробників є недоступною через значну вартість. У цьому випадку найкращим рішенням вищезгаданої задачі є модернізація наявної техніки. Вибір шляхів проведення модернізації потребує обґрунтування. Підґрунтям для обґрунтування напрямків модернізації є аналіз чинних конструкцій машин.

Мета дослідження. Огляд сучасних конструкцій жаток від провідних світових виробників. Визначення основних переваг та недоліків.

Результати дослідження. За останні роки передові світові фірми представили різноманітні рішення соняшникозбиральних жаток. Розглянемо деякі особливості цієї техніки.

Американський виробник John Deere випускає жатку Frontier SH (рис.1), яка має вісім, дванадцять або шістнадцять рядів [6]. Основний акцент був поставлений на мінімізацію втрат насіння за рахунок застосування вібротранспортерів. Таке рішення дозволило збільшити кількість сировини, яка може збиратися з одиниці площі поля. Проте, в свою чергу недоліком вібротранспортерів є швидкий знос елементів конструкції, що в свою чергу потребує додаткового технічного обслуговування.

В свою чергу інший гігант сільськогосподарської техніки Claas пропонує своїм покупцям інше рішення. У жатці Claas Sunspeed (рис. 2) спочатку соняшник захоплюється ліфтерами (рис 3) [7]. Потім регульована направляюча пластина 1 віджимає кошика соняшнику вперед. Одночасно протягуючий валець 4 під ріжучим апаратом 3 притискає стебла вниз. Таким чином напрямна пластина 1 і валець 4 запобігають передчасному зрізу стебел. Зріз відбувається тільки в момент захоплення кошиків соняшнику мотомилом 2. Завдяки цьому до подаючого шнека потрапляють тільки кошики соняшнику, які потім

подаються в похилу камеру. Це дозволяє зменшити засмічення рухомих елементів конструкції, оскільки до шнека не потрапляють стебла культури. Проте така конструкція має свої недоліки: виникнення додаткової сили тертя між стеблом соняшнику та направляючої пластини; за рахунок пружності стебла, після проходження соняшником ділянки з пластиною, рослина може повернутися у своє початкове положення.



Рис.1 – Комбайн із жаткою John Deere Frontier SH



Рис.2 – Комбайн із жаткою Claas Sunspeed

Принципово іншим рішенням є жатка російського виробника Rostslemash Falcon (рис.4) [8]. Ця конструкція передбачає встановлення високих бортів, для зменшення втрат при збиранні різноярусного соняшнику. Проте, більш цікавим є пропозиція встановлення додаткових стрічкових транспортерів, які підбирають та переміщують корзинки та зерна, які осипалися до шнекового транспортера. Крім того таке рішення дозволяє збирати соняшники пізніше необхідного строку (при пізньому зборі збільшується частка насіння яке обсіпається при збиранні), що особливо актуально для невеликих господарств, де кількість комбайнів обмежена. Проте привод таких транспортерів потребує додаткових енерговитрат та постійного ТО за рахунок постійного засмічення транспортерів та його вузлів стеблами та листям соняшника.

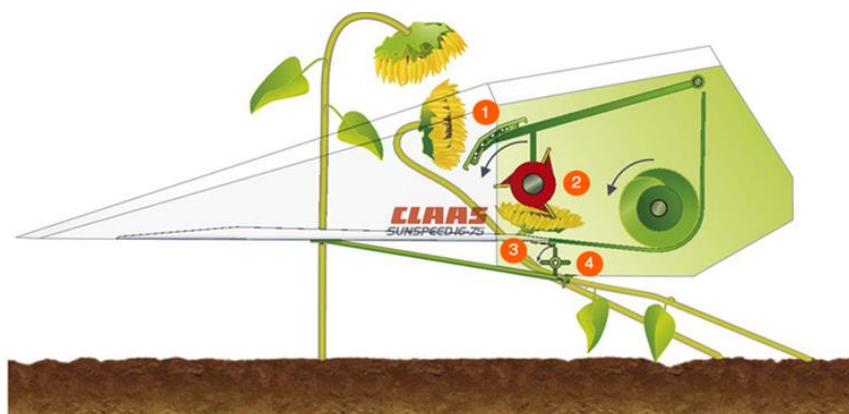


Рис.3 – Принципова схема роботи жатки Claas Sunspeed: 1 – регулююча направляюча пластина, 2 – мотовило, 3 – ріжучий апарат, 4 – протягуючий валець



Рис.4 – Соняшникова жатка Rostslemash Falcon

Іншим цікавим рішенням є жатка, спроектована іспанськими інженерами Moresil G-4570 (рис. 5) [9]. Її особливістю є те, що окрім стандартних горизонтальних ланцюгових механізмів додатково встановлений вертикальний подаючий ланцюг, який дозволяє підбирати лежачі стебла соняшнику та уникати накопичення соняшника на піддонах. Застосування такого механізму, в свою чергу збільшує енергозатрати та посилює засмічення рухомих механізмів жатки через збільшення частки стебел та листя, які попадають на шнек та ланцюги.



Рис.5 – Соняшникова жатка Moresil G-4570

Український виробник «Бердянський завод сільгосптехніки» пропонує своїм покупцям два варіанти соняшникових жаток [10]. Першим варіантом є жатка традиційної конструкції Прімера (рис.6.), яка є проста та надійна в експлуатації. Другий варіант – це полегшене

пристосування (рис.7), яка агрегується на відомі жатки комбайнів українського та світового виробництва. Таке рішення дозволяє значно економніше і простіше в експлуатації, при наявності невеликих площ культури, але значно зростають виробничі втрати насіння, через недосконалість конструкції.



Рис.6 – Соняшникова жатка Primera Бердянського заводу сільгосптехніки



Рис.7 – Полегшена соняшникова жатка Бердянського заводу сільгосптехніки

Інші відомі бренди сільськогосподарського машинобудування, такі як: Capello, Zaffrani, Optiger, Гомсельмаш та інші, як правило, пропонують класичні жатки з ланцюговою подачею соняшника до шнекового транспортера. Такі конструкції надійні та перевірені часом.

Висновки. Таким чином, сучасні виробники пропонують досить цікаві рішення для інтенсифікації збирання соняшнику та зменшення виробничих втрат. Серед них: використання вібраційних та

стрічкових транспортерів та спеціальних ножів, для відділення корзинки від стебла соняшника. Але питання наукового обґрунтування модернізації жаток для збирання соняшнику є недостатньо розглянутим.

Література

1. Статистичний бюлетень. Збирання врожаю сільськогосподарських культур та проведення інших польових робіт: станом на 1 листопада 2016 р. /Державна служба статистики України – Офіц. вид. – Київ : 2016. –58 с. – (Бібліотека офіційних видань).
2. Трубилин Е.И. Машины для уборки сельскохозяйственных культур/ Е.И. Трубилин, В.А. Абликов. Краснодар, 2010. – 325 с.
3. Старцев, А. С. Анализ существующих средств для уборки подсолнечника / А. С. Старцев, М. Ю. Попов // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения профессора В.В. Красникова : Сб. науч. тр. Саратов, 2008. С. 133-137.
4. Старцев А. С. Исследование влияния режимных параметров шнека-мотовила на потери семян подсолнечника в процессе скашивания шнеком-мотовилом / А. С. Старцев, М. Ю. Попов // Научное обозрение. 2011. -№ 6. -С. 131-136.
5. Шванская, И. А. Современные технологии и оборудование для переработки масличных культур : Научно-аналитический обзор / И. Н. Шванская. -М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2001.-С.3.
6. Жатки подсолнечника Frontier [Електронний ресурс]/ Deere & Company:– 2016.– Режим доступу: https://www.deere.ua/uk_UA/products/equipment/combindes/headers/frontier_sunflower_header/frontier_sunflower_header.page
7. Sunspeed [Електронний ресурс]/ CLAAS KGaA mbH: – 2016. – Режим доступу: <http://www.claas.ua/cl-pw-ru/produkte/maehdrescher/vorsatzgeraete-2016/vorsatzgeraete/sunspeed>
8. Жатки для уборки подсолнечника серии Falcon [Електронний ресурс]/ Ростсельмаш: – 1929-2016. – Режим доступу: http://rostselmash.com/products/grain_harvesters/headers_gh/Falcon
9. Цепная жатка для уборки подсолнечника G-4570 [Електронний ресурс]/ Moresil, S.L: – 2016. – Режим доступу: <http://www.moresil.com/ru/zhatka-dlya-podsolnechnika-tsepnaya.html>
10. Бердянський завод сільхозтехніки [Електронний ресурс]: – 2016. – Режим доступу: <http://bzst.com.ua/>

Рецензент д.т.н. Налобіна О.О.

УДК 633.491:631.674.6:631.81

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

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ САДІННЯ КАРТОПЛІ

У статті запропоновані напрямки розвитку технології садіння картоплі в умовах Західного Полісся та вдосконалення технічних засобів для забезпечення умов її реалізації

КАРТОПЛЯ, ВРОЖАЙНІСТЬ, ПОЛІССЯ, НАСІННЯ, ДОБРИВО, ГУМУС, ТЕХНОЛОГІЇ, ВЛАСТИВОСТІ.

Постановка проблеми. Складність процесів, які відбуваються у сучасному сільськогосподарському виробництві, вимагають нових підходів у вирощуванні окремих культур. Останні статистичні данні щодо розвитку агропромислового комплексу вказують, що Україна так і не спромоглася перейти до ринкових умов господарювання у виробництві продукції, пов'язаної із життєзабезпеченням людини. Даний висновок базується на тому, що у 1982 році для України було 33 відсотки чорноземів, а сьогодні – лише 25-28. Таке явище можна пояснити тим, що значні запаси земель середньої полоси інтенсивно експлуатуються агрохолдінговими компаніями при вирощуванні сільськогосподарських культур зернової групи, постійно змінюючи свій вплив на зайнятість сільського населення з різким переходом на сучасні світові технології та відповідні для їх реалізації технічні засоби.

З іншої сторони, розпаювання земель державної власності, призвело до появи депресивних територій та унеможливають ефективно вести на них сільськогосподарське виробництво. Для прикладу, у Волинській області, на сьогодні пустує до 30 тис. га орної землі, яка не обробляється. У Львівській області, середні ділянки сільськогосподарського призначення знаходяться у межах 0,3-0,7 га і з них 93% площ обробляються кінною тягою. Така особливість депресивних територій пов'язана з особливими зональними природно – кліматичними умовами, які дозволяють вирощувати лише культури, характерні для них. Так для Західного Полісся найбільш придатними залишаються льон та картопля. Якщо виробничі спроби відродження льону постійно відбуваються то картопля, у більшій мірі, вирощується на малих за площею ділянках. При цьому постійно зменшується внесення органічних добрив, як основного засобу отримання високих врожаїв даної культури на дерново-підзолистих ґрунтах.

У зв'язку з цим, розробка основних технологічних прийомів вирощування картоплі на малих площах з використанням технічних засобів, є досить актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Картопля – культура пухкого багатого органічними та поживними мінеральними речовинами ґрунту. Основна маса кореневої системи розміщується в шарі глибиною до 20 см, а значить і основний та передпосадковий обробіток ґрунту необхідно спрямовувати на цей шар. [1,3].

Картопля добре реагує на внесення добрив, особливо органічних. Найпоширеніше органічне добриво - гній. Його краще вносити восени під оранку. Оптимальна норма 50 т/га. Але, внаслідок значного зменшення поголів'я тварин, наявної кількості підстилкового гною і посліду для виробництва традиційних компостів вистачає тільки для мінімального забезпечення органічними добривами технологій з вирощування рослинної продукції для дитячого харчування, перш за все овочів[3].

Крім цього, значними недоліками гною і посліду, зокрема, є такі:

- значний вміст насіння бур'янів;
- низьке співвідношення (4-9) вуглецю до азоту, що призводить до великих втрат азоту за умов неминучого тривалого зберігання;
- зараження яйцями і личинками гельмінтів, а також патогенною мікрофлорою, що створює, за використання гною без належної підготовки, загрозу розповсюдження хвороб серед тварин і населення через продукти харчування, а осади стічних вод, окрім недоліків, аналогічних недолікам гною і посліду, ще й токсичні, мають значну концентрацію елементів важких металів.

Таким чином, внесення органічних добрив у чистому вигляді, у деякій мірі, є негативним явищем і всі зусилля необхідно спрямовувати на їх виробництво на основі різних видів органічних речовин.

З іншої сторони у світі все ширше набуває популярності органічне землеробство. Проте в Україні лише у 2015 році був прийнятий Закон № 191 – VIII від 12.02.15р. " Про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції та сировини ". При цьому у світі існує велика різноманітність технологічних схем компостування, більшість яких ґрунтується на аеробному біотермічному переробленні органічних відходів, зокрема, побудовано заводи з виробництва органічних добрив методом біологічної ферментації у США, Росії та у Західній Європі. Зрозуміло, що такі добрива є вартісними і необхідно вести пошук зменшення норми їх внесення, особливо при вирощування картоплі.

Метою проведених досліджень було запропонувати технології локального внесення твердих органічних добрив з розвитком відповідних технічних засобів.

Результати досліджень. В основі процесу внесення твердих органічних добрив покладено поверхневий спосіб їх розподілу по поверхні поля. Зрозуміло, що один із шляхів зменшення норми внесення, може стати спосіб, коли вкладання органічних добрив технічним засобом буде полосами перед вкладанням насіння картоплі або локально у зону розміщення бульби.

Динаміка вмісту гумусу в ґрунтах Волинської області(див. табл.) на глибині 0-20 см вказує про необхідність обов'язкового внесення органічних добрив, бажано якісних і за обґрунтованими технологіями.

Таблиця – Динаміка вмісту гумусу в ґрунтах Волинської області

Тур	Рік	Вміст гумусу,		Втрати до попереднього туру	
		%	т/га	%	т/га
VI	1990-94р	1.84	64.4	-	-
VII	1995-99р	1.68	58.8	0.16	5.6
VIII	2005-2010	1.62	56,9	0.06	1.9

Для цього органічні добрива повинні добре підготовленими шляхом компостування та доведенні до стану сипучості. Серед сировини для проведення компостування варто звернути увагу на солому злакових культур, рідкий гній ВРХ, інші органічні матеріали (торф, сапропель, відходи харчових виробництв). Проведенні лабораторні дослідження(рис.1.), вказують, що перспективним є формування бургтів заглиблених у ґрунт з твердою ізольованою основою для уникнення втрат рідкої фракції на стадії анаеробного бродіння (рис.2) [4].

Урожайність картоплі в Україні невисока - 120-130 ц/га. Для порівняння: в Нідерландах цей показник становить близько 450 ц/га, Бельгії - 430, Данії - 420, Польщі - 170 ц/га. Це свідчить про те, що картоплярству в нашій державі приділяється недостатня увага. Також варто звернути увагу на те, що кількість спеціальних машин порівняно з 1990 роком зменшилась у чотири рази, а затрати праці на тонну картоплі зросли майже втричі. Якщо врахувати, що комплекс спеціальних машин для механізації вирощування та збирання картоплі в основному випускається в країнах СНД (Росія, Білорусь, Естонія), а також у провідних європейських країнах (Німеччина, Нідерланди,

Італія, Норвегія та ін.), то нові напрацювання механізації вирощування картоплі є важливими.



Рис.1 – Лабораторні дослідження компостування соломи злакових культур

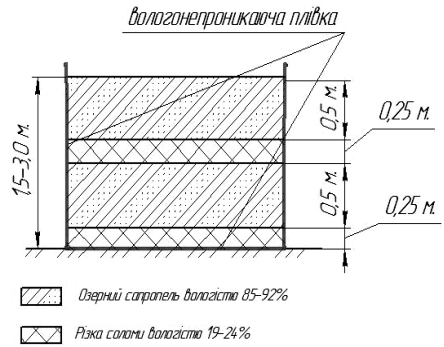


Рис.2 - Схема закладання бурта для виробничих умов

Найбільш поширені в Україні технічно недосконалі картоплесаджалки КСМ-4 і КСМ-6 (завод «Лідасільмаш», Білорусь) із барабанно-ложковим садильним апаратом, який суттєво пошкоджує бульби. Зарубіжні виробники картоплесаджалок (фірма Grimme, Cramer, Kverneland та ін.) застосовують більш досконалий ложко-пасовий або ложко-ланцюговий садильний апарат. Картоплесаджалки фірми Јuko (Фінляндія) мають чашковий садильний елеватор. Більшість таких картоплесаджалок є чотирьохрядні, які добре підходять для комплектування двох МТА: з модернізованим розкидачем для вкладання добрив у чотири полоси та з чотирьохрядною картоплесаджалкою. В іншому випадку такі розкидачі необхідно обладнувати відповідними агрегатами для садіння картоплі(рис.3), що ускладнює конструкцію машини та умови її експлуатації.

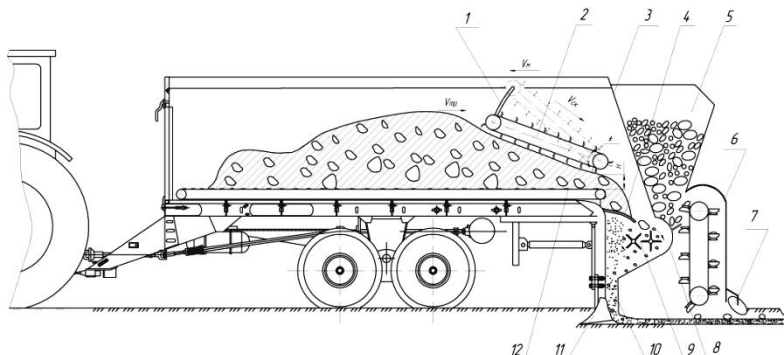


Рис. 3 – Комбінована машина для внесення органічних добрив полосами на чотири рядки з посадкою картоплі: 1 – направляюча ; 2 – скребковий транспортер; 3 – обмежувачий щит; 4 – пружковий сепаратор; 5 – бункер з картоплею; 6 – садильний апарат; 7 – дисковий загортач; 8 – скатна поверхня; 9 – подрібнювальний пристрій; 10 – тукопровід; 11 – сошник; 12 – подавальний транспортер

Норму внесення $\text{кг}/\text{м}^2$ у такому випадку залежить від секундної їх подачі у полоси і визначається за формулою:

$$Q_n = \frac{V_{mp} \cdot S_{ш} \cdot \rho_0}{V_m \cdot S_p \cdot n \cdot K_n}, \quad (1)$$

де V_{mp} , V_m – відповідно швидкості транспортера та машини, $\text{м}/\text{с}$;

$S_{ш}$, S_p – ширина кузова машини та захвату, м ;

n – кількість полос, у які одночасно вкладаються добрива;

K_n – коефіцієнт, який враховує рівномірність подачі добрив на поле, $1/\text{м}$;

ρ_0 – щільність вкладених добрив, $\text{кг}/\text{м}^3$.

В результаті істотного скорочення виробництва картоплі у спеціалізованих сільськогосподарських підприємствах та відсутності коштів на придбання сучасної сільськогосподарської техніки вирощування та збирання бульб в основному базується на використанні «малої механізації» на невеликих за розмірами площах. До таких можна віднести широкий спектр двохрядних картоплесаджалок вітчизняного та закордонного виробництва.

Дані картоплесаджалки є навісними і легко обладнуються двома боковими бункерами для органічних добрив з дозаторами спеціальної конструкції. Такі дозатори забезпечують порційне внесення сипких

органічних добрив під кожен бульбу з врахуванням як відстані садіння між ними, так і ширину міжрядь.

Компонувальна схема запропонованої картоплесаджалки з одночасним порційним внесенням органічних добрив (рис.4) вказує на взаємодію всіх робочих органів машини з матеріалами: картоплею, твердими органічними добривами, мінеральними добривами, ґрунтом.

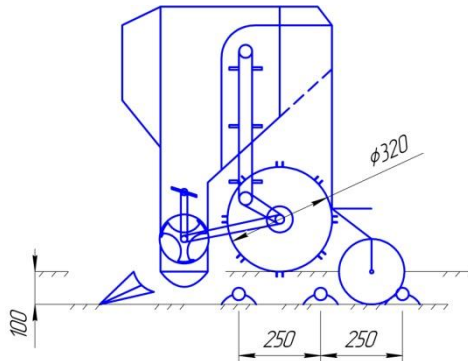


Рис.4 – Взаємне розміщення основних конструктивних вузлів картоплесаджалки та розміри розміщення матеріалів

Основними вузлами такої машини є: рама, яка спирається на одновісну опорну систему, що виконує функції привідного механізму за допомогою двох металевих коліс. На раму встановлено бункер картоплі з двома садильними ланцюгово-ложковими апаратами. На передній стінці бункера картоплі передбачено ємкість для мінеральних добрив, до днища котрої кріпиться два тукопроводи для подачі мінеральних добрив у зону розміщення картоплі. З обох боків бункера картоплі передбачено ємкості для твердих органічних добрив, у нижніх частинах яких встановлено механізми подачі. Вони складаються з двох вузлів: розворушувача та дозатора.

В свою чергу, конструкція картоплесаджалки з одночасним порційним внесенням органічних добрив забезпечує їх подачу відповідно до заданої норми Q (т/га), яка знаходиться у прямій залежності від швидкості переміщення садильного агрегату та одночасно із двома садильними апаратами вкладає до двох сформованих рядків картоплю з органічними добривами:

$$Q = \frac{10q}{Bv_{ac}kn}, \quad (2.)$$

де B – площа вкладених органічних добрив на ґрунт, m^2 ;

v_{ac} - робоча швидкість машино-тракторного агрегату, м/с;
 k - коефіцієнт, який враховує кількість висаджених бульб на один погонний метр з одночасним внесенням органічних добрив, при відстані між бульбами 250мм - $k=3, 1/м$;
 n - кількість рядків картоплесаджалки.

Залежно від рельєфу поля, картоплесаджалка може агрегатуватися з тракторами класу тяги 0,6 – 1,4 кН.

Висновки. Аналіз ситуації, яка склалася у картоплярстві з технічним забезпеченням технологічної операції садіння та наявністю органічних добрив, вимагає кардинальних рішень щодо вирішення посталої проблеми.

Відновлення родючості ґрунтів, ведення органічного землеробства потребує виробництва нових видів органічних добрив на основі місцевих сировинних ресурсів. Серед таких солончаків складові злакових культур, які є в наявності будь - якого господарства, торф, сапропель, мулові наноси, відходи харчових виробництв та ін.

Новим напрямом внесення органічних добрив за зменшеними нормами є їх концентрація у зонах живлення рослин. Даного ефекту можна досягти при вкладанні твердих органічних добрив полосами у відповідності до кількості рядків під посадку картоплі або порційною подачею під кожну бульбу. Запропоновані технічні рішення для реалізації нових технологій не вимагають створення високо затратних машин, а дозволяють проводити модернізацію серійних як вітчизняних, так і закордонних аналогів.

Література.

1. Основи органічного виробництва: навч. посіб. / [П. О. Стецишин, В. В. Рекуненко, В. В. Пиндус та ін.]. - Вінниця: Нова Кн., 2008. - 528 с.
2. Закон України "Про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції та сировини" - № 425-18 від 05.04.15р..
2. Мельник І.І. Комплекси машин для виробництва картоплі / І.І. Мельник, А.Д. Гречкосій, Р.В. Шатров // Аграрна техніка та обладнання. -2009. - №1(6). С. 30-33.
3. Шувар І.А. Технології для поліпшення родючості ґрунтів у сучасному землеробстві / І.А. Шувар, О.М. Бунчак, В. М. Седлецький, О.Б. Тимофійчук // Агробізнес сьогодні. - - 2016. - №9(328). С. 15-21.
4. Патент №75617 Україна, МПК А01С 21/00. Спосіб локального внесення твердих добрив / М.М. Поліщук, В.Ф. Дідух, С.Ф. Бабарика,

А.С. Суховецький (Україна). – № u201205632; Заявл. 08.05.2012; Опубл. 10.12.2012, Бюл. №23.

6. Дідух В.Ф. Дослідження технології локального внесення твердих органічних добрив під час садіння картоплі / В.Ф.Дідух, М.М. Поліщук, В.В. Тарасюк // 36. наук. статей "Сільськогосподарські машини".- 2016. - Вип. 34 – С. 30....38.

7. Бондарчук А.А. Стан і пріоритетні напрямки розвитку картоплярства в Україні // А.А. Бондарчук // Картоплярство. – 2008. - № 38. – С.7-13.

8. Кубарева Л.С.. Локальное внесение удобрений – один из путей повышения их эффективности / Л.С. Кубарева // Бюлл. ВИУА. – 1980. – № 53. – С. 13–15.

9. Патент на КМ №111480 Україна, МПК А01С 15/00. Машина для садіння картоплі з одночасним внесенням органічних і мінеральних добрив / М.М. Поліщук, В.Ф. Дідух, О.К. Каганюк (Україна). – № u201605086; Заявл. 10.05.2016; Опубл. 10.11.2016, Бюл. №21.

УДК 621.929:664

© І.М. Дударєв, д.т.н.

Луцький національний технічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ У СПІРАЛЬНОМУ ЗМІШУВАЧІ

У статті представлено результати моделювання процесу змішування двох сипких матеріалів у спіральному змішувачі. Моделювання процесу змішування здійснено на основі аналізу можливих випадків переміщення частинок сипких матеріалів спіральною робочою поверхнею змішувача та з використанням математичного апарата, що розроблений для Марковського випадкового процесу.

МОДЕЛЮВАННЯ, ПРОЦЕС ЗМІШУВАННЯ, СИПКИЙ МАТЕРІАЛ, ЙМОВІРНІСТЬ, СПІРАЛЬНИЙ ЗМІШУВАЧ.

Постановка проблеми. Технології виробництва продукції у різних галузях промисловості, зокрема і в агропромисловому комплексі, передбачають змішування різних сипких матеріалів з метою одержання однорідних за складом сумішей. Спосіб змішування компонентів вибирається з врахуванням властивостей сипких

матеріалів. Відповідно до обраного способу підбирається конструкція змішувача, що забезпечить необхідну якість та склад готової суміші без пошкодження компонентів. Математичний опис процесу змішування у більшості випадків зводиться до визначення якості готової суміші за допомогою методів статистичного аналізу. Розробка нових конструкцій змішувачів вимагає створення математичних моделей, щоб дозволили обґрунтувати параметри змішувача та спрогнозувати ступінь змішування компонентів, тобто якість суміші.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ґрунтовні дослідження процесу змішування сипких матеріалів у змішувачах різних конструкцій представлені у наукових працях [1 – 5], більшість з яких присвячено обґрунтуванню конструктивних параметрів змішувачів. У зазначених наукових працях недостатньо висвітлено питання опису процесу змішування сипких матеріалів. Розробка конструкції спірального змішувача зумовлює необхідність моделювання процесу змішування сипких матеріалів у ньому, щоб дозволило обґрунтувати параметри змішувача та встановити якісні показники процесу.

Мета дослідження – проаналізувати переміщення частинок сипких матеріалів спіральною робочою поверхнею змішувача та змоделювати процес змішування двох сипких матеріалів у спіральному змішувачі.

Результати дослідження. Проаналізуємо можливість змішування сипких матеріалів у спіральному змішувачі (рис. 1, е) [6]. Для подальшого розгляду приймемо, що потоки сипких матеріалів (компонентів суміші) являють собою сукупність окремих частинок, що мають однакові фізико-механічні властивості, форму, розміри та масу. Потоки сипких матеріалів висотою в одну частинку рухаються вздовж спрямовувачів об'єднувача потоку. Після їх сходження зі спрямовувачів об'єднувача потоків можливі три випадки:

1) внаслідок впливу сукупності силових факторів на частинку і швидкості частинки під час її сходження зі спрямовувача траєкторія руху частинки днищем після сходження зі спрямовувача не перетинає поздовжню вісь днища, тобто змішування компонентів не відбувається, вони продовжують рух окремими потоками (рис. 1, а);

2) внаслідок впливу сукупності силових факторів на частинку і швидкості частинки під час її сходження зі спрямовувача траєкторія руху частинки днищем після сходження зі спрямовувача перетинає поздовжню вісь днища, але змішування не відбувається, оскільки частинки матеріалів не контактують між собою, тому продовжують рухатися окремими потоками (рис. 1, б);

3) внаслідок впливу сукупності силових факторів на частинку і швидкості частинки під час її сходження зі спрямовувача можлива траєкторія руху частинки днищем після сходження зі спрямовувача перетинає поздовжню вісь днища, але цього не відбувається внаслідок удару (контакту) частинок різних матеріалів, що спричиняє зміну їх траєкторії, тому змішування не відбувається, частинки різних матеріалів продовжують рухатися далі окремими потоками (рис. 1, в).

Якщо розглядати не ідеалізовані сипкі матеріали, а реальні, то частинки різних компонентів, а також частинки одного компонента мають різні фізико-механічні властивості, форму, розміри та масу. Внаслідок цього під час руху потоків компонентів спіральним змішувачем мають місце усі три випадки, що і забезпечує змішування компонентів. Для забезпечення високого ступеня змішування компонентів у спіральному змішувачі необхідно обґрунтувати його конструктивні і технологічні параметри з врахуванням фізико-механічних властивостей частинок, їх форми, розмірів та маси. Параметри мають бути такими, щоб більша кількість частинок компонентів під час руху днищем після сходження зі спрямовувачів об'єднувача потоку досягала поздовжньої осі днища.

Під час змішування сипких матеріалів з різними фізико-механічними властивостями, формою, розмірами та масою необхідно за рахунок обґрунтування відповідних параметрів спірального змішувача уникати випадку, коли потік частинок одного компонента після сходження зі спрямовувача об'єднувача потоків перетинає поздовжню вісь днища, а іншого компонента – ні (рис. 1, г). У цьому випадку на етапі проходження компонентами об'єднувача потоків відбувається їх змішування (об'єднування), але при виході з робочої зони наступного об'єднувача потоків відбувається знову розділення компонентів на два потоки, внаслідок різних властивостей і параметрів компонентів.

Змодельовано процес змішування сипких матеріалів у спіральному змішувачі з метою обґрунтування необхідної кількості об'єднувачів потоків та розділювачів потоку. Для цього розглянемо переміщення вздовж днища спірального матеріалопроводу окремої частинки одного з матеріалів (компонентів), приймаючи, що переміщення вздовж днища усіх решта частинок двох компонентів, які змішуються, буде мати подібний характер. Як було зазначено вище, при сходженні частинки матеріалу зі спрямовувача об'єднувача потоків можливі три випадки. Приймаємо, що усі три випадки рівноймовірні. Тоді ймовірність того, що частинка матеріалу, яка сходить з лівого спрямовувача об'єднувача потоків, опиниться на лівому спрямовувачі розділювача потоку складає $P_{\text{лів.}} = 2/3$ (рис. 1, д),

а ймовірність того, що частинка матеріалу опиниться на правому спрямовувачі розділювача потоків, тобто перетне поздовжню вісь днища, складає $P_{пр.} = 1/3$. Для математичного опису процесу змішування компонентів у спіральному змішувачі, тобто руху їх частинок вздовж днища спірального матеріалопроводу, застосуємо математичний апарат, що розроблений для Марковського випадкового процесу з дискретними етапами і дискретним часом [7].

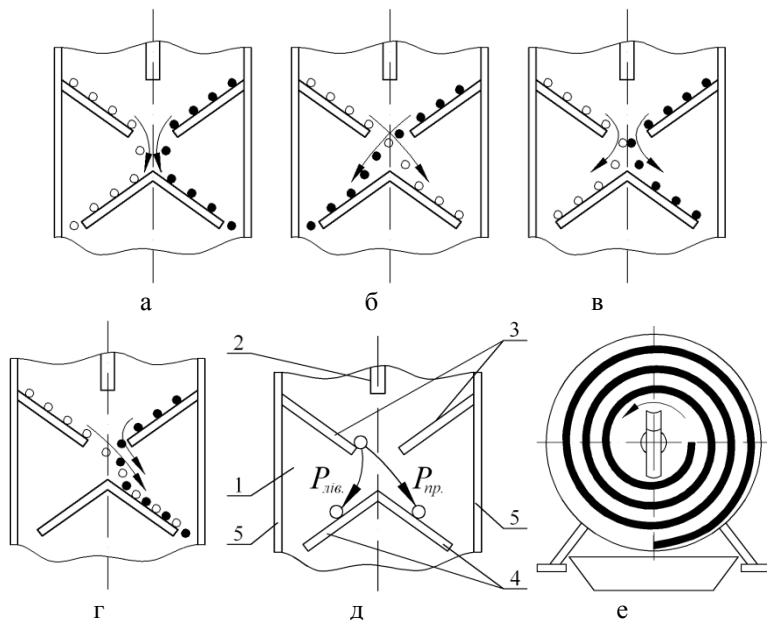


Рис. 1 – Схеми до пояснення можливих випадків переміщення частинок сипкого матеріалу спіралеподібним матеріалопроводом: а, б, в, г – випадки переміщення частинок різних матеріалів (компонентів) днищем після сходження зі спрямовувачів об'єднувача потоків; д – схема до визначення ймовірностей переміщення частинки матеріалу днищем після сходження зі спрямовувача об'єднувача потоків (1 – днище; 2 – перегородка; 3 – спрямовувачі об'єднувача потоків; 4 – спрямовувачі розділювача потоку; 5 – борти); е – спіральний змішувач

Нехай випадковий процес переміщення частинки матеріалу днищем (тут мається на увазі випадковий характер переміщення частинки після її сходження зі спрямовувача об'єднувача потоків, а саме, чи перетне частинка поздовжню вісь днища, чи ні, і, відповідно, на якому спрямовувачі розділювача потоку вона опиниться, тобто, куди вона буде далі рухатися) полягає у тому, що в послідовні моменти часу t_1, t_2, \dots, t_k частинка матеріалу знаходиться в деякому стані S_i ($i = \overline{1, n}$). Під станом S_i розумітимемо знаходження частинки матеріалу на одному зі спрямовувачів (лівому або правому) об'єднувачів потоків. Під час переміщення днищем частинка матеріалу буде переходити зі стану в стан у моменти часу t_1, t_2, \dots, t_k . Називатимемо ці моменти етапами (кроками) процесу змішування. Ці моменти часу відповідають моментам, коли стає зрозумілим, який з трьох можливих випадків руху частинки матеріалу матиме місце і, відповідно, яким спрямовувачем (лівим чи правим) розділювача потоку частинка буде рухатися після сходження зі спрямовувача об'єднувача потоків. У проміжку часу між цими моментами частинка матеріалу зберігає свій стан, оскільки рухається в одному з двох потоків (лівому чи правому) відповідними спрямовувачами (лівим чи правим) розділювача потоку та наступного за ним об'єднувача потоків.

Будемо вважати, що для кожного етапу ймовірність переходу з довільного стану S_i в довільний стан S_j не залежить від того, коли і як частинка матеріалу набула стану S_i , тоді отримуємо випадкову послідовність подій, що називається Марковським ланцюгом. Зобразимо процес переміщення частинки матеріалу днищем спірального матеріалопроводу у вигляді графа станів (рис. 2), де частинка матеріалу переходить зі стану в стан у моменти t_1, t_2, \dots, t_k . Таким чином, частинка матеріалу рухаючись вздовж днища спірального матеріалопроводу може перебувати в n станах S_1, S_2, \dots, S_n (де n – кількість спрямовувачів об'єднувачів потоків, що розміщені вздовж днища спірального матеріалопроводу, на яких може перебувати частинка матеріалу, шт.). Крім того, відомими є ймовірності можливих переходів частинки матеріалу зі стану в стан. Позначимо через P_{ij} ймовірність переходу частинки матеріалу зі стану S_i в стан S_j . Якщо окремі переходи неможливі, тоді їх ймовірності рівні нулю. Матриця перехідних ймовірностей матиме вигляд:

$$(P_{ij}) = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1j} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2j} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{i1} & P_{i2} & \dots & P_{ij} & \dots & P_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nj} & \dots & P_{nn} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

На головній діагоналі матриці (1) знаходяться ймовірності того, що частинка не вийде зі стану S_i . Сума членів, що знаходяться у кожному рядку матриці (1) рівна одиниці.

Якщо зі стану S_i не виходить жодна стрілка, тоді відповідна ймовірність затримки рівна одиниці. Маючи матрицю (1) перехідних ймовірностей можна знайти ймовірність станів $p_1(k)$, $p_2(k)$, ..., $p_n(k)$ після довільного k -го етапу за формулою [7]:

$$p_i(k) = \sum_{j=1}^n p_j(k-1) \cdot P_{ji}, \quad (i = \overline{1, n}). \quad (2)$$

Розглянемо переміщення частинки матеріалу днищем спірального матеріалопроводу на якому встановлено вісім об'єднувачів потоків та сім розділювачів потоку (рис. 2, а). Частинка матеріалу може перебувати в п'ятнадцяти станах ($n = 15$): S_1, S_2, \dots, S_{15} . Прийmemo, що на кожному етапі, при переході частинки матеріалу з одного стану в інший, можливі усі три випадки руху частинки після сходження зі спрямовувачів об'єднувача потоків, причому вони рівноймовірні.

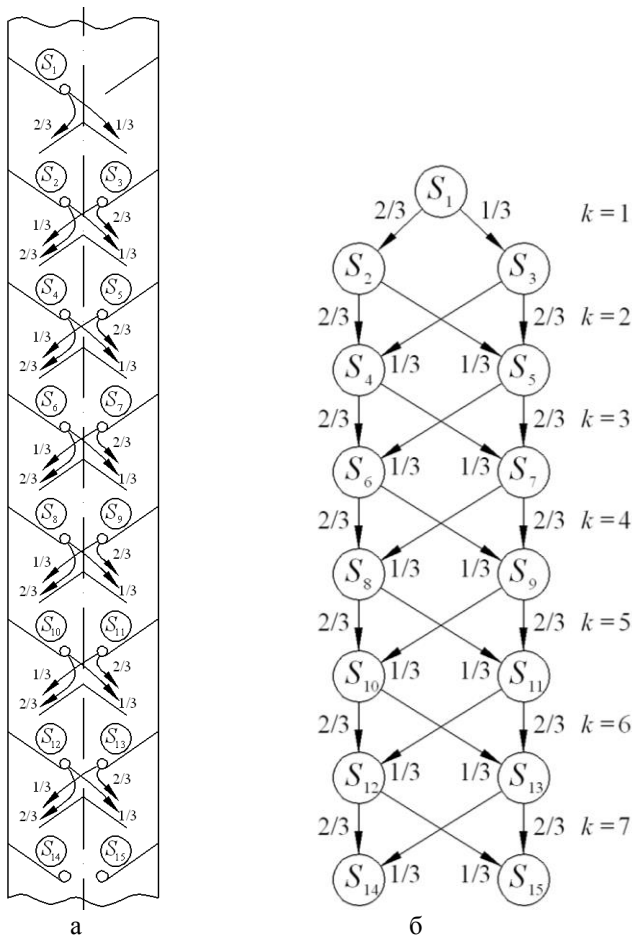


Рис. 2 – Схеми до визначення станів частинки сипкого матеріалу під час її переміщення спіральним матеріалопроводом: а – схема з перехідними ймовірностями між станами частинки матеріалу (на схемі представлена розгортка спірального матеріалопроводу); б – граф станів частинки матеріалу під час переміщення спіральним матеріалопроводом

Відповідно до зазначеного, матимемо граф станів частинки матеріалу, що представлений на рис. 2, б. Знайдемо ймовірність перебування частинки матеріалу в кожному стані. Для цього складемо матрицю перехідних ймовірностей:

$$(P_{ij}) = \begin{pmatrix} 0 & \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{3} & \frac{2}{3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{3} & \frac{2}{3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{3} & \frac{2}{3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{3} & \frac{2}{3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{3} & \frac{2}{3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{3} & \frac{2}{3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

У початковий момент частинка матеріалу знаходиться в стані S_1 , тому $p_1(0) = 1$. Ймовірність станів частинки матеріалу після першого етапу береться з першого рядка матриці (3):

$$p_2(1) = 2/3 = 0,666; \quad p_3(1) = 1/3 = 0,333;$$

$$p_1(1) = p_4(1) = p_5(1) = p_6(1) = p_7(1) = p_8(1) = p_9(1) = p_{10}(1) = p_{11}(1) = \\ = p_{12}(1) = p_{13}(1) = p_{14}(1) = p_{15}(1) = 0.$$

Надалі у виразах для визначення ймовірностей станів частинки матеріалу складові, які не рівні нулю, будуть підкресленими.

Ймовірність станів частинки матеріалу після другого етапу:

$$p_1(2) = p_1(1) \cdot P_{11} = 0;$$

$$p_2(2) = p_1(1) \cdot P_{12} + p_2(1) \cdot P_{22} = 0;$$

$$p_3(2) = p_1(1) \cdot P_{13} + p_2(1) \cdot P_{23} + p_3(1) \cdot P_{33} = 0;$$

$$p_4(2) = p_1(1) \cdot P_{14} + p_2(1) \cdot P_{24} + p_3(1) \cdot P_{34} + p_4(1) \cdot P_{44} =$$

$$= \frac{2}{3} \cdot \frac{2}{3} + \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} = 0,555;$$

$$p_5(2) = p_1(1) \cdot P_{15} + p_2(1) \cdot P_{25} + p_3(1) \cdot P_{35} + p_4(1) \cdot P_{45} + p_5(1) \cdot P_{55} =$$

$$= \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{3} + \frac{1}{3} \cdot \frac{2}{3} = 0,444;$$

$$p_6(2) = p_1(1) \cdot P_{16} + p_2(1) \cdot P_{26} + p_3(1) \cdot P_{36} + p_4(1) \cdot P_{46} + p_5(1) \cdot P_{56} +$$

$$+ p_6(1) \cdot P_{66} = 0;$$

$$p_7(2) = p_1(1) \cdot P_{17} + p_2(1) \cdot P_{27} + p_3(1) \cdot P_{37} + p_4(1) \cdot P_{47} + p_5(1) \cdot P_{57} +$$

$$+ p_6(1) \cdot P_{67} + p_7(1) \cdot P_{77} = 0;$$

$$p_8(2) = p_1(1) \cdot P_{18} + p_2(1) \cdot P_{28} + p_3(1) \cdot P_{38} + p_4(1) \cdot P_{48} + p_5(1) \cdot P_{58} +$$

$$+ p_6(1) \cdot P_{68} + p_7(1) \cdot P_{78} + p_8(1) \cdot P_{88} = 0;$$

$$p_9(2) = p_1(1) \cdot P_{19} + p_2(1) \cdot P_{29} + p_3(1) \cdot P_{39} + p_4(1) \cdot P_{49} + p_5(1) \cdot P_{59} +$$

$$+ p_6(1) \cdot P_{69} + p_7(1) \cdot P_{79} + p_8(1) \cdot P_{89} + p_9(1) \cdot P_{99} = 0;$$

$$p_{10}(2) = p_1(1) \cdot P_{110} + p_2(1) \cdot P_{210} + p_3(1) \cdot P_{310} + p_4(1) \cdot P_{410} + p_5(1) \cdot P_{510} +$$

$$+ p_6(1) \cdot P_{610} + p_7(1) \cdot P_{710} + p_8(1) \cdot P_{810} + p_9(1) \cdot P_{910} + p_{10}(1) \cdot P_{1010} = 0;$$

$$p_{11}(2) = p_1(1) \cdot P_{111} + p_2(1) \cdot P_{211} + p_3(1) \cdot P_{311} + p_4(1) \cdot P_{411} + p_5(1) \cdot P_{511} +$$

$$+ p_6(1) \cdot P_{611} + p_7(1) \cdot P_{711} + p_8(1) \cdot P_{811} + p_9(1) \cdot P_{911} + p_{10}(1) \cdot P_{1011} +$$

$$+ p_{11}(1) \cdot P_{1111} = 0;$$

$$p_{12}(2) = p_1(1) \cdot P_{112} + p_2(1) \cdot P_{212} + p_3(1) \cdot P_{312} + p_4(1) \cdot P_{412} + p_5(1) \cdot P_{512} +$$

$$+ p_6(1) \cdot P_{612} + p_7(1) \cdot P_{712} + p_8(1) \cdot P_{812} + p_9(1) \cdot P_{912} + p_{10}(1) \cdot P_{1012} +$$

$$+ p_{11}(1) \cdot P_{1112} + p_{12}(1) \cdot P_{1212} = 0;$$

$$p_{13}(2) = p_1(1) \cdot P_{113} + p_2(1) \cdot P_{213} + p_3(1) \cdot P_{313} + p_4(1) \cdot P_{413} + p_5(1) \cdot P_{513} +$$

$$+ p_6(1) \cdot P_{613} + p_7(1) \cdot P_{713} + p_8(1) \cdot P_{813} + p_9(1) \cdot P_{913} + p_{10}(1) \cdot P_{1013} +$$

$$+ p_{11}(1) \cdot P_{1113} + p_{12}(1) \cdot P_{1213} + p_{13}(1) \cdot P_{1313} = 0;$$

$$p_{14}(2) = p_1(1) \cdot P_{114} + p_2(1) \cdot P_{214} + p_3(1) \cdot P_{314} + p_4(1) \cdot P_{414} + p_5(1) \cdot P_{514} +$$

$$+ p_6(1) \cdot P_{614} + p_7(1) \cdot P_{714} + p_8(1) \cdot P_{814} + p_9(1) \cdot P_{914} + p_{10}(1) \cdot P_{1014} +$$

$$+ p_{11}(1) \cdot P_{1114} + p_{12}(1) \cdot P_{1214} + p_{13}(1) \cdot P_{1314} + p_{14}(1) \cdot P_{1414} = 0;$$

$$p_{15}(2) = p_1(1) \cdot P_{115} + p_2(1) \cdot P_{215} + p_3(1) \cdot P_{315} + p_4(1) \cdot P_{415} + p_5(1) \cdot P_{515} +$$

$$+ p_6(1) \cdot P_{615} + p_7(1) \cdot P_{715} + p_8(1) \cdot P_{815} + p_9(1) \cdot P_{915} + p_{10}(1) \cdot P_{1015} +$$

$$+ p_{11}(1) \cdot P_{1115} + p_{12}(1) \cdot P_{1215} + p_{13}(1) \cdot P_{1315} + p_{14}(1) \cdot P_{1415} + p_{15}(1) \cdot P_{1515} = 0.$$

На наступних етапах з метою скорочення записів будемо записувати лише вирази, в яких ймовірність станів не рівна нулю.

Ймовірність станів частинки матеріалу після третього етапу:

$$p_1(3) = p_2(3) = p_3(3) = p_4(3) = p_5(3) = p_8(3) = p_9(3) = p_{10}(3) = p_{11}(3) = \\ = p_{12}(3) = p_{13}(3) = p_{14}(3) = p_{15}(3) = 0;$$

$$p_6(3) = p_1(2) \cdot P_{16} + p_2(2) \cdot P_{26} + p_3(2) \cdot P_{36} + p_4(2) \cdot P_{46} + p_5(2) \cdot P_{56} + \\ + p_6(2) \cdot P_{66} = \frac{5}{9} \cdot \frac{2}{3} + \frac{4}{9} \cdot \frac{1}{3} = 0,519;$$

$$p_7(3) = p_1(2) \cdot P_{17} + p_2(2) \cdot P_{27} + p_3(2) \cdot P_{37} + p_4(2) \cdot P_{47} + p_5(2) \cdot P_{57} + \\ + p_6(2) \cdot P_{67} + p_7(2) \cdot P_{77} = \frac{5}{9} \cdot \frac{1}{3} + \frac{4}{9} \cdot \frac{2}{3} = 0,481.$$

Ймовірність станів частинки матеріалу після четвертого етапу:

$$p_1(4) = p_2(4) = p_3(4) = p_4(4) = p_5(4) = p_6(4) = p_7(4) = p_{10}(4) = p_{11}(4) = \\ = p_{12}(4) = p_{13}(4) = p_{14}(4) = p_{15}(4) = 0;$$

$$p_8(4) = p_1(3) \cdot P_{18} + p_2(3) \cdot P_{28} + p_3(3) \cdot P_{38} + p_4(3) \cdot P_{48} + p_5(3) \cdot P_{58} + \\ + p_6(3) \cdot P_{68} + p_7(3) \cdot P_{78} + p_8(3) \cdot P_{88} = \frac{14}{27} \cdot \frac{2}{3} + \frac{13}{27} \cdot \frac{1}{3} = 0,506;$$

$$p_9(4) = p_1(3) \cdot P_{19} + p_2(3) \cdot P_{29} + p_3(3) \cdot P_{39} + p_4(3) \cdot P_{49} + p_5(3) \cdot P_{59} + \\ + p_6(3) \cdot P_{69} + p_7(3) \cdot P_{79} + p_8(3) \cdot P_{89} + p_9(3) \cdot P_{99} = \frac{14}{27} \cdot \frac{1}{3} + \frac{13}{27} \cdot \frac{2}{3} = 0,494.$$

Ймовірність станів частинки матеріалу після п'ятого етапу:

$$p_1(5) = p_2(5) = p_3(5) = p_4(5) = p_5(5) = p_6(5) = p_7(5) = p_8(5) = p_9(5) = \\ = p_{12}(5) = p_{13}(5) = p_{14}(5) = p_{15}(5) = 0;$$

$$p_{10}(5) = p_1(4) \cdot P_{110} + p_2(4) \cdot P_{210} + p_3(4) \cdot P_{310} + p_4(4) \cdot P_{410} + p_5(4) \cdot P_{510} + \\ + p_6(4) \cdot P_{610} + p_7(4) \cdot P_{710} + p_8(4) \cdot P_{810} + p_9(4) \cdot P_{910} + p_{10}(4) \cdot P_{1010} = \\ = \frac{41}{81} \cdot \frac{2}{3} + \frac{40}{81} \cdot \frac{1}{3} = 0,502;$$

$$p_{11}(5) = p_1(4) \cdot P_{111} + p_2(4) \cdot P_{211} + p_3(4) \cdot P_{311} + p_4(4) \cdot P_{411} + p_5(4) \cdot P_{511} + \\ + p_6(4) \cdot P_{611} + p_7(4) \cdot P_{711} + p_8(4) \cdot P_{811} + p_9(4) \cdot P_{911} + p_{10}(4) \cdot P_{1011} + \\ + p_{11}(4) \cdot P_{1111} = \frac{41}{81} \cdot \frac{1}{3} + \frac{40}{81} \cdot \frac{2}{3} = 0,498.$$

Ймовірність станів частинки матеріалу після шостого етапу:

$$p_1(6) = p_2(6) = p_3(6) = p_4(6) = p_5(6) = p_6(6) = p_7(6) = p_8(6) = p_9(6) = \\ = p_{10}(6) = p_{11}(6) = p_{14}(6) = p_{15}(6) = 0;$$

$$p_{12}(6) = p_1(5) \cdot P_{112} + p_2(5) \cdot P_{212} + p_3(5) \cdot P_{312} + p_4(5) \cdot P_{412} + p_5(5) \cdot P_{512} + \\ + p_6(5) \cdot P_{612} + p_7(5) \cdot P_{712} + p_8(5) \cdot P_{812} + p_9(5) \cdot P_{912} + p_{10}(5) \cdot P_{1012} + \\ + p_{11}(5) \cdot P_{1112} + p_{12}(5) \cdot P_{1212} = \frac{122}{243} \cdot \frac{2}{3} + \frac{121}{243} \cdot \frac{1}{3} = 0,5007;$$

$$p_{13}(6) = p_1(5) \cdot P_{113} + p_2(5) \cdot P_{213} + p_3(5) \cdot P_{313} + p_4(5) \cdot P_{413} + p_5(5) \cdot P_{513} + \\ + p_6(5) \cdot P_{613} + p_7(5) \cdot P_{713} + p_8(5) \cdot P_{813} + p_9(5) \cdot P_{913} + p_{10}(5) \cdot P_{1013} + \\ + p_{11}(5) \cdot P_{1113} + p_{12}(5) \cdot P_{1213} + p_{13}(5) \cdot P_{1313} = \frac{122}{243} \cdot \frac{1}{3} + \frac{121}{243} \cdot \frac{2}{3} = 0,4993.$$

Ймовірність станів частинки матеріалу після сьомого етапу:

$$p_1(7) = p_2(7) = p_3(7) = p_4(7) = p_5(7) = p_6(7) = p_7(7) = p_8(7) = p_9(7) = \\ = p_{10}(7) = p_{11}(7) = p_{12}(7) = p_{13}(7) = 0;$$

$$p_{14}(7) = p_1(6) \cdot P_{114} + p_2(6) \cdot P_{214} + p_3(6) \cdot P_{314} + p_4(6) \cdot P_{414} + p_5(6) \cdot P_{514} + \\ + p_6(6) \cdot P_{614} + p_7(6) \cdot P_{714} + p_8(6) \cdot P_{814} + p_9(6) \cdot P_{914} + p_{10}(6) \cdot P_{1014} + p_{11}(6) \cdot P_{1114} + \\ + p_{12}(6) \cdot P_{1214} + p_{13}(6) \cdot P_{1314} + p_{14}(6) \cdot P_{1414} = \frac{365}{729} \cdot \frac{2}{3} + \frac{364}{729} \cdot \frac{1}{3} = 0,5002;$$

$$p_{15}(7) = p_1(6) \cdot P_{115} + p_2(6) \cdot P_{215} + p_3(6) \cdot P_{315} + p_4(6) \cdot P_{415} + p_5(6) \cdot P_{515} + \\ + p_6(6) \cdot P_{615} + p_7(6) \cdot P_{715} + p_8(6) \cdot P_{815} + p_9(6) \cdot P_{915} + p_{10}(6) \cdot P_{1015} + \\ + p_{11}(6) \cdot P_{1115} + p_{12}(6) \cdot P_{1215} + p_{13}(6) \cdot P_{1315} + p_{14}(6) \cdot P_{1415} + p_{15}(6) \cdot P_{1515} = \\ = \frac{365}{729} \cdot \frac{1}{3} + \frac{364}{729} \cdot \frac{2}{3} = 0,4998.$$

Висновки. Високий ступінь змішування компонентів матиме місце, якщо компоненти будуть рівномірно розподілятися у двох потоках суміші в кінці матеріалопроводу. Це можливо, якщо ймовірність знаходження частинки компоненту в кожному з двох потоків суміші в кінці матеріалопроводу буде $P_{лів.} \approx 0,5$, $P_{пр.} \approx 0,5$. Як показують представлені вище розрахунки, ймовірності знаходження частинки матеріалу у двох потоках досягають значень $P_{лів.} = p_{14}(7) = 0,5002$ та $P_{пр.} = p_{15}(7) = 0,4998$ після сьомого етапу, тобто у станах S_{14} та S_{15} , що відповідають восьмому об'єднувачу потоків. Тому у збільшенні кількості об'єднувачів потоків у змішувачі немає необхідності. Так, якщо необхідно змішати два матеріали зі схожими фізико-механічними властивостями, формою, розмірами та масою у відношенні 1:1, тоді необхідно на лівий спрямовувач першого по ходу матеріалу об'єднувача потоків подати один матеріал ($M1$), а

на правий спрямовувач того ж об'єднувача потоків – другий матеріал ($M2$). Тоді в кінці матеріалопроводу одержимо лівий і правий потоки суміші матеріалів. Причому, в лівому потоці ймовірність знаходження частинок матеріалу $M1$ складатиме $P_{лів.M1} = 0,5002$, а частинок матеріалу $M2$ – $P_{лів.M2} = 0,4998$. У правому потоці ймовірність знаходження частинок матеріалів буде навпаки: для матеріалу $M1$ складатиме $P_{пр.M1} = 0,4998$, а для матеріалу $M2$ – $P_{пр.M2} = 0,5002$.

Література

1. Макаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов / Ю.И. Макаров. – М.: Машиностроение, 1973. – 216 с.

2. Верлока И.И. Современные гравитационные устройства непрерывного действия для смешивания сыпучих компонентов / И.И. Верлока, А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев // Электронный научный журнал “Инженерный вестник Дона”, №4 (2014) [Электронный ресурс]. – Режим доступа до журн.: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2014/2599>

3. Багринцев И.И. Исследование процесса смешения сыпучих материалов в гравитационно-решетчатом смесителе с пневмоциркуляцией / И.И. Багринцев, А.И. Барвин, В.Б. Модестов // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – №7 (154), ч. 2. – Луганськ, 2010.

4. Воронин В.В. Критерии и способы оценки качества смешивания сыпучих материалов / В.В. Воронин, К.А. Адигамов, С.С. Петренко, Р.А. Сизякин // Электронный научный журнал “Инженерный вестник Дона”, №4 (часть 2), 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа до журн.: <http://ivdon.ru/ru/magazine/issue/106?page=2>

5. Першин В.Ф. Переработка сыпучих материалов в машинах барабанного типа / В.Ф. Першин, В.Г. Однолько, С.В. Першина. – М.: Машиностроение, 2009. – 220 с.

6. Заявка на винахід № а201701162 від 08.02.2017. Спіральний змішувач сипких матеріалів / І.М. Дударев.

7. Боровик О.В. Дослідження операцій в економіці: навч. посіб. / О.В. Боровик, Л.В. Боровик. – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 424 с.

УДК 621.929:664

© І.М. Дударев, д.т.н.

Луцький національний технічний університет

А.В. Хомич, к.т.н., Т.П. Герасимик-Чернова, Ю.А. Хомич

Любешівський технічний коледж Луцького НТУ

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ПАРАМЕТРІВ СПІРАЛЬНОГО ЗМІШУВАЧА СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

У статті запропоновано конструкцію спірального змішувача сипких матеріалів. Теоретичним шляхом одержані залежності для обґрунтування конструктивних параметрів спірального змішувача сипких матеріалів.

СПІРАЛЬНИЙ ЗМІШУВАЧ, КОНСТРУКЦІЯ, ПАРАМЕТРИ, СИПКИЙ МАТЕРІАЛ, РІВНЯННЯ РУХУ.

Постановка проблеми. У харчових і переробних виробництвах, кормовиробництві та інших галузях промисловості для приготування сумішей з сипких матеріалів широко використовуються різноманітні конструкції змішувачів [1 – 4]: відцентрові, барабанні, вібраційні, черв'ячно-лопатеві, лопатеві відцентрової дії, гравітаційні, пневматичні, шнекові, стрічкові та інші. Визначальним фактором при виборі конструкції змішувача є фізико-механічні властивості компонентів суміші. Оскільки при виробництві окремих сумішей не допускається пошкодження компонентів суміші, тому для змішування цих компонентів не рекомендується використовувати змішувачі з активними робочими органами. Також важливе значення має обґрунтування раціонального режиму роботи змішувача, за якого було б забезпечено необхідний ступінь змішування компонентів без їх пошкодження. Враховуючи зазначене, дослідження спрямовані на обґрунтування нових конструкцій змішувачів сипких матеріалів та їх параметрів є актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед відомих конструкцій змішувачів сипких матеріалів найменші пошкодження компонентів суміші спричиняють барабанні змішувачі, а найменші витрати енергії – гравітаційні без рухомих робочих органів [1 – 4]. Разом з тим, барабанні змішувачі мають низький ступінь заповнення об'єму робочої камери, а у гравітаційних – ускладнено їх регулювання при використанні компонентів з різними фізико-механічними властивостями. Перспективним є обґрунтування конструкції та параметрів спірального змішувача сипких матеріалів, що має переваги барабанних і гравітаційних змішувачів, але разом з тим позбавлений їх

недоліків. Таким чином, необхідно проводити подальші дослідження у цьому напрямку.

Мета дослідження – обґрунтувати конструкцію та параметри спірального змішувача сипких матеріалів.

Результати дослідження. На основі аналізу конструкцій змішувачів пропонується спіральний змішувач сипких матеріалів (рис.1) [5], що містить диск, до якого прикріплено спіральний матеріалопровід. Спіральний матеріалопровід скручено по спіралі та утворено днищем і двома бортами. Вздовж спірального матеріалопроводу до днища прикріплені за принципом “один через один” об’єднувачі потоків та розділювачі потоку. Кожний об’єднувач потоків утворений двома спрямовувачами і має “V”-подібну форму зі звуженням від бортів до поздовжньої осі днища у напрямку руху потоку компонентів суміші сипких матеріалів днищем. Зі сторони, де спрямовувачі об’єднувача потоків наближаються один до одного, передбачено зазор між ними для проходження об’єднаного потоку компонентів суміші сипких матеріалів. Протилежними сторонами спрямовувачі об’єднувачів потоків кріпляться до бортів. Кожний розділювач потоку утворений двома спрямовувачами і має “V”-подібну форму з розширенням від поздовжньої осі днища до бортів у напрямку руху потоку компонентів суміші сипких матеріалів днищем. Зі сторони, де спрямовувачі розділювача потоку наближаються до бортів, передбачено зазори між ними і бортами для проходження розділених потоків компонентів суміші. На першому витку спірального матеріалопроводу вздовж днища передбачено перегородку, яка розділяє простір між бортами на дві секції для різних компонентів суміші. Для завантаження компонентів передбачено дві завантажувальні горловини. Під спіральним матеріалопроводом встановлено ємкість для збору готової суміші сипких матеріалів.

Під час обертання диска з спіральним матеріалопроводом компоненти суміші сипких матеріалів подаються завантажувачами в необхідній пропорції у відповідні завантажувальні горловини. З горловин компоненти суміші спрямовуються у секції першого витка спірального матеріалопроводу. Внаслідок обертання спірального матеріалопроводу компоненти суміші окремими потоками починають рухатися його днищем між перегородкою і бортами в межах секцій. У кінці перегородки окремі потоки компонентів суміші надходять у простір між спрямовувачами першого по ходу сипких матеріалів об’єднувача потоків. У результаті об’єднання потоків компоненти змішуються і утворюють один потік суміші, який проходить через зазор між спрямовувачами об’єднувача потоків та спрямовується днищем до першого по ходу суміші розділювача потоку.

Спрямовувачами розділювача потоку потік суміші розділяється на два потоки суміші, які рухаються вздовж спрямовувачів розділювача потоку та, пройшовши зазор між спрямовувачами розділювача потоку і бортами, надходять двома окремими потоками суміші у простір між спрямовувачами наступного по ходу суміші об'єднувача потоків. Далі процес об'єднування в один потік суміші компонентів та її розділення на два потоки проходить аналогічно до описаного вище і багаторазово. Внаслідок багаторазового об'єднування потоків і їх розділення відбувається змішування сипких матеріалів, чим досягається необхідний ступінь змішування компонентів суміші. З кінця останнього витка спірального матеріалопроводу готова суміш компонентів спрямовується у ємкість для збору готової суміші.

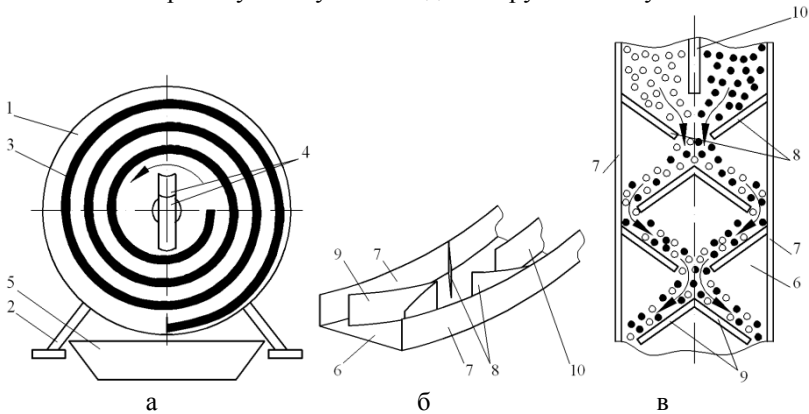


Рис. 1 – Спіральний змішувач сипких матеріалів (1 – диск; 2 – рама; 3 – спіральний матеріалопровід; 4 – завантажувальні горловини; 5 – ємкість для готової суміші; 6 – днище; 7 – борт; 8 – об'єднувач потоків; 9 – розділювач потоку; 10 – перегородка): а – спіральний змішувач; б – фрагмент спірального матеріалопроводу; в – фрагмент розгортки спірального матеріалопроводу

Для обґрунтування конструктивних параметрів змішувача розглянемо процес переміщення частинки сипкого матеріалу вздовж спрямовувача об'єднувача потоку спірального змішувача. Виділимо на спіральному матеріалопроводі фрагмент, що у площині рис. 2, а позначено *ab*, в межах якого розміщено спрямовувачі об'єднувача потоку. Нехай днищем вздовж спрямовувача переміщується частинка сипкого матеріалу, яку прийемо за матеріалу точку А (рис. 3). Враховуючи, що довжина розглядуваного фрагмента *ab* є значно

меншою за довжину витка спірального матеріалопроводу, оскільки $\angle\beta \ll 2\pi$ (де β – кут, що визначає довжину фрагмента спірального матеріалопроводу, на якому розміщено спрямовувач, град.), тоді для спрощення подальших розрахунків замінимо спіральний фрагмент ab матеріалопроводу на фрагмент a_1b_1 циліндричної форми (у площині рис. 2, а – фрагмент буде у вигляді дуги кола з радіусом $r = (r_a + r_b)/2$ (де r_a, r_b – відповідно менший та більший радіуси спірального фрагмента матеріалопроводу, м)). Така заміна можлива, оскільки зміна радіуса спірального фрагмента в межах кута β є незначною, тобто $r_a \approx r_b$. Для подальшого спрощення розрахунків замінимо фрагмент матеріалопроводу циліндричної форми на площину, тобто у площині рис. 2, б – замінимо дугу a_1b_1 хордою a_1b_1 , різниця між довжиною розглядуваних хорди та дуги є незначною, оскільки $\angle\beta \ll 2\pi$. Таким чином, у результаті зазначених спрощень отримаємо плоский фрагмент спірального матеріалопроводу, на якому розміщено об'єднувач потоку.

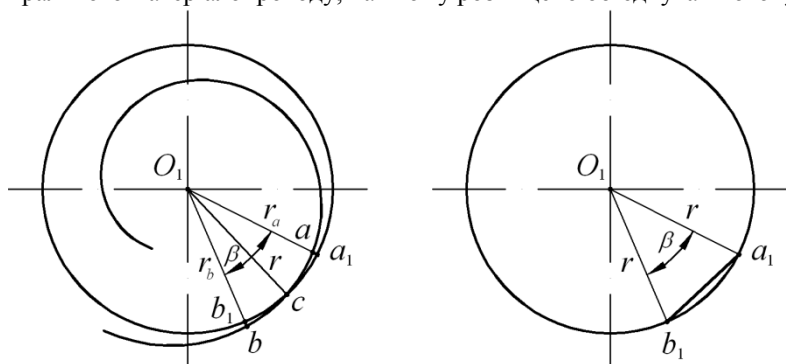


Рис. 2 – Схеми для пояснення перетворень: а – спірального фрагмента днища матеріалопроводу на фрагмент циліндричної форми; б – фрагмента днища циліндричної форми на площину

З врахуванням зазначених спрощень дослідимо відносний рух частинки сипкого матеріалу вздовж спрямовувача об'єднувача потоків (рис. 3). Для цього розмістимо рухому систему координат xuz на початку спрямовувача у точці O . Вісь x спрямуємо вздовж спрямовувача у напрямку руху частинки матеріалу. Вісь y спрямуємо перпендикулярно до поверхні спрямовувача у напрямку поздовжньої осі днища. Вісь z спрямуємо перпендикулярно поверхні днища у

напрямку осі обертання спірального матеріалопроводу. Під час руху частинки матеріалу днищем вздовж спрямовувача на неї будуть діяти сили: сила ваги частинки сипкого матеріалу mg [Н], що спрямована вертикально вниз (де m – маса частинки сипкого матеріалу, кг; g – прискорення вільного падіння, м/с²); внаслідок обертання спірального матеріалопроводу зі сталою кутовою швидкістю ω [рад./с] на частинку діє переносна сила інерції $P_{in.} = m\omega^2 r$ [Н] (де r – відстань від осі обертання матеріалопроводу до частинки сипкого матеріалу, м), що спрямована вздовж радіус-вектора опущеного з точки O_1 (у площині рис. 3, б точка O_1 лежить на осі обертання спірального матеріалопроводу) до точки A ; коріолісова сила інерції $F_{\kappa} = 2m\omega V_r \sin(\hat{\omega}, \hat{V}_r)$ [Н] (де V_r – відносна швидкість руху частинки матеріалу вздовж спрямовувача, м/с), що спрямована вздовж додатного напрямку осі z ; нормальна реакція поверхні днища спірального матеріалопроводу $N_{\partial n.}$ [Н], що спрямована вздовж додатного напрямку осі z ; нормальна реакція поверхні спрямовувача об'єднувача потоків $N_{cn.}$ [Н], що спрямована вздовж додатного напрямку осі y ; сила тертя частинки сипкого матеріалу по днищу $F_{тер. \partial n.} = f_{\partial n.} N_{\partial n.}$ [Н] (де $f_{\partial n.}$ – коефіцієнт тертя частинки матеріалу по днищу), що спрямована у протилежному напрямку від напрямку вектора швидкості відносного руху частинки матеріалу \overline{V}_r ; сила тертя частинки сипкого матеріалу по поверхні спрямовувача $F_{тер. cn.} = f_{cn.} N_{cn.}$ [Н] (де $f_{cn.}$ – коефіцієнт тертя частинки матеріалу по днищу), що спрямована у протилежному напрямку від напрямку вектора швидкості відносного руху частинки матеріалу \overline{V}_r . Для подальших розрахунків приймаємо, що коефіцієнти тертя частинки сипкого матеріалу по поверхні днища та спрямовувача рівні $f = f_{\partial n.} = f_{cn.}$. Складемо систему диференціальних рівнянь, що описують відносний рух частинки сипкого матеріалу:

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} &= mg \sin \alpha \sin(\varphi_0 + \varphi) + P_{in.} \sin \alpha \sin \gamma - F_{тер. \partial n.} - F_{тер. cn.}; \\ m\ddot{y} &= N_{cn.} - mg \cos \alpha \sin(\varphi_0 + \varphi) - P_{in.} \cos \alpha \sin \gamma; \\ m\ddot{z} &= N_{\partial n.} + F_{\kappa} - mg \cos(\varphi_0 + \varphi) - P_{in.} \cos \gamma; \end{aligned} \right\} (1)$$

де φ_0 – кут повороту матеріалопроводу за якого починається рух частинки сипкого матеріалу днищем вздовж спрямовувача (оскільки значення кутової швидкості ω невелике, то цей кут можна прийняти

рівним куту природного відкосу сипкого матеріалу), цей кут відкладається від вертикальної осі у напрямку обертання матеріалопроводу (рис. 3, б), рад.;

α – кут встановлення спрямовувачів об’єднувача потоків на днищі, град.

φ – кут повороту матеріалопроводу, $\varphi = \omega t$, рад.;

t – час, с;

γ – кут між перпендикуляром опущеним з точки O_1 до плоского фрагмента матеріалопроводу та радіусом-вектором опущеним з точки O_1 до точки A на поверхні плоского фрагмента, що характеризує положення частинки сипкого матеріалу на плоскому фрагменті, град.

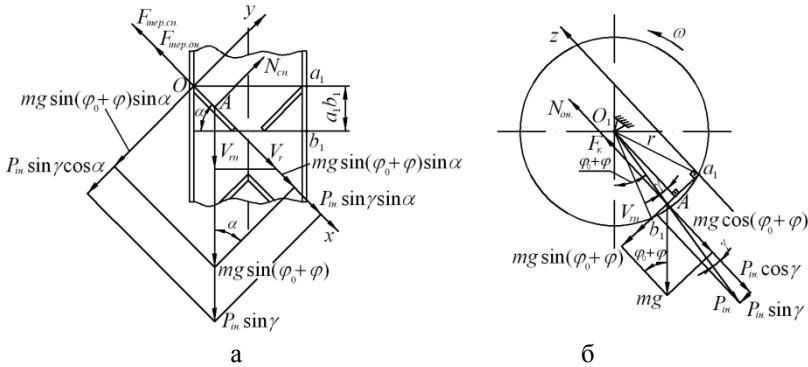


Рис. 3 – Розрахункові схеми до визначення переміщення та відносної швидкості частинки сипкого матеріалу вздовж спрямовувача: а – вид зверху на плоский фрагмент матеріалопроводу; б – вид збоку на плоский фрагмент матеріалопроводу

Оскільки кут $\angle \beta \leq 10^\circ$, тоді найбільше значення, яке може приймати кут $\angle \gamma \leq \angle \beta / 2 = 5^\circ$. Враховуючи зазначене, можна прийняти, що $\sin \gamma = 0$ та $\cos \gamma = 1$. Тоді система рівнянь (1) матиме вигляд:

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} &= mg \sin \alpha \sin(\varphi_0 + \varphi) - F_{мер.он} - F_{мер.сн}; \\ m\ddot{y} &= N_{сн} - mg \cos \alpha \sin(\varphi_0 + \varphi); \\ m\ddot{z} &= N_{он} + F_{к} - mg \cos(\varphi_0 + \varphi) - P_{ин}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Так як в межах кута $\angle\beta$ радіуси опущені з точки O_1 до розглядуваного плоского фрагмента ab матеріалопроводу змінюються не в значних межах, тоді за прийнятих припущень можна записати, що $r_a = r_b = r$ і відстань від точки O_1 до будь-якої точки розглядуваного плоского фрагмента ab в площині рис. 3, б є сталою та рівною r .

Враховуючи, що $V_r = \dot{x}$ та $\sin(\overline{\omega}, \overline{V_r}) = \sin\alpha$, тоді коріолісова сила інерції визначається наступним чином $F_\kappa = 2m\dot{x}\sin\alpha$.

Приймаємо, що під час обертання спірального матеріалопроводу частинка матеріалу переміщається днищем вздовж спрямовувача, тоді $y = \dot{y} = \ddot{y} = 0$ та $z = \dot{z} = \ddot{z} = 0$. З врахуванням зазначеного, з другого та третього рівнянь системи (2) визначимо нормальні реакції поверхонь спрямовувача $N_{cn.}$ та днища $N_{он.}$:

$$N_{cn.} = mg \cos\alpha \sin(\varphi_0 + \varphi), \quad (3)$$

$$N_{он.} = mg \cos(\varphi_0 + \varphi) - 2m\dot{x}\sin\alpha + m\omega^2 r. \quad (4)$$

Сили тертя $F_{тер.сн.}$ та $F_{тер.он.}$ з врахуванням виразів (3) і (4), визначатимуться за залежностями:

$$F_{тер.сн.} = fmg \cos\alpha \sin(\varphi_0 + \varphi), \quad (5)$$

$$F_{тер.он.} = fmg \cos(\varphi_0 + \varphi) - 2f m\dot{x}\sin\alpha + f m\omega^2 r. \quad (6)$$

Підставимо значення сил у перше рівняння системи (2):

$$m\ddot{x} = mg \sin\alpha \sin(\varphi_0 + \varphi) - fmg \cos(\varphi_0 + \varphi) + 2f m\dot{x}\sin\alpha - f m\omega^2 r - fmg \cos\alpha \sin(\varphi_0 + \varphi). \quad (7)$$

Після математичних перетворень диференціальне рівняння (7) матиме вигляд:

$$\ddot{x} - 2f\omega\dot{x}\sin\alpha = g((\sin\alpha - f \cos\alpha)\sin\varphi_0 - f \cos\varphi_0)\cos(\omega t) + g((\sin\alpha - f \cos\alpha)\cos\varphi_0 + f \sin\varphi_0)\sin(\omega t) - f\omega^2 r. \quad (8)$$

Введемо позначення $A = g((\sin\alpha - f \cos\alpha)\sin\varphi_0 - f \cos\varphi_0)$, $B = g((\sin\alpha - f \cos\alpha)\cos\varphi_0 + f \sin\varphi_0)$ та $D = -f\omega^2 r$, тоді рівняння (8) набуде вигляду:

$$\ddot{x} - 2f\omega\dot{x}\sin\alpha = A\cos(\omega t) + B\sin(\omega t) + D. \quad (9)$$

Розв'язок неоднорідного диференціального рівняння (9) шукатимемо у вигляді $x = x_1 + x_2$. Знайдемо розв'язок однорідного диференціального рівняння:

$$\frac{d^2x}{dt^2} - 2f\omega\sin\alpha \frac{dx}{dt} = 0. \quad (10)$$

Складемо характеристичне рівняння для рівняння (10):

$$k^2 - 2f\omega k \sin \alpha = 0 \text{ або } k(k - 2f\omega \sin \alpha) = 0. \quad (11)$$

Корені характеристичного рівняння (11): $k_1 = 2f\omega \sin \alpha$ та $k_2 = 0$. Розв'язок однорідного диференціального рівняння (10) буде $x_1 = c_1 e^{k_1 t} + c_2 e^{k_2 t} = c_1 e^{2f\omega \sin \alpha t} + c_2$.

Частковий розв'язок неоднорідного рівняння (9) будемо шукати у вигляді $x_2 = x_{21} + x_{22}$. Частковий розв'язок x_{21} :

$$x_{21} = N \cos(\omega t) + M \sin(\omega t). \quad (12)$$

Двічі диференціюючи (12) та підставивши отримані значення у рівняння (9), визначимо значення сталих N та M :

$$N = \frac{2fB \sin \alpha - A}{\omega^2(1 + 4f^2 \sin^2 \alpha)}, \quad M = -\frac{2fA \sin \alpha + B}{\omega^2(1 + 4f^2 \sin^2 \alpha)}. \quad (13)$$

Підставляючи N та M у рівняння (12), отримаємо:

$$x_{21} = \frac{2fB \sin \alpha - A}{\omega^2(1 + 4f^2 \sin^2 \alpha)} \cos(\omega t) - \frac{2fA \sin \alpha + B}{\omega^2(1 + 4f^2 \sin^2 \alpha)} \sin(\omega t). \quad (14)$$

Частковий розв'язок x_{22} :

$$x_{22} = Lt. \quad (15)$$

Двічі диференціюючи рівняння (15) та підставляючи отримані значення у (9), знайдемо L :

$$L = -\frac{D}{2f\omega \sin \alpha} = \frac{\omega r}{2 \sin \alpha}. \quad (16)$$

Частковий розв'язок неоднорідного рівняння (9):

$$x_2 = \frac{2fB \sin \alpha - A}{\omega^2(1 + 4f^2 \sin^2 \alpha)} \cos(\omega t) - \frac{2fA \sin \alpha + B}{\omega^2(1 + 4f^2 \sin^2 \alpha)} \sin(\omega t) + \frac{\omega r t}{2 \sin \alpha}. \quad (17)$$

Загальний розв'язок диференціального рівняння (9):

$$x = c_1 e^{2f\omega \sin \alpha t} + c_2 + \frac{2fB \sin \alpha - A}{\omega^2(1 + 4f^2 \sin^2 \alpha)} \cos(\omega t) - \frac{2fA \sin \alpha + B}{\omega^2(1 + 4f^2 \sin^2 \alpha)} \sin(\omega t) + \frac{\omega r t}{2 \sin \alpha}. \quad (18)$$

Для визначення сталих c_1 і c_2 продиференціюємо (18):

$$\frac{dx}{dt} = V_r = 2f\omega \sin \alpha c_1 e^{2f\omega \sin \alpha t} - \frac{2fB \sin \alpha - A}{\omega(1 + 4f^2 \sin^2 \alpha)} \sin(\omega t) - \frac{2fA \sin \alpha + B}{\omega(1 + 4f^2 \sin^2 \alpha)} \cos(\omega t) + \frac{\omega r}{2 \sin \alpha}. \quad (19)$$

Враховуючи початкові умови $t = 0$, $x(0) = x_0$, $\dot{x}(0) = V_0$, із рівнянь (18) та (19) з врахуванням заміни A , B та D знайдемо сталі:

$$c_1 = \frac{1}{2f\omega \sin \alpha} \times \\ \times [V_0 + \frac{g}{\omega(1+4f^2 \sin^2 \alpha)} ((\sin \alpha - f \cos \alpha)(2f \sin \alpha \sin \varphi_0 + \cos \varphi_0) - \\ - f(2f \sin \alpha \cos \varphi_0 - \sin \varphi_0)) - \frac{\omega r}{2 \sin \alpha}];$$

$$c_2 = x_0 - \frac{1}{2f\omega \sin \alpha} \times \\ \times [V_0 + \frac{g}{\omega(1+4f^2 \sin^2 \alpha)} ((\sin \alpha - f \cos \alpha)(2f \sin \alpha \sin \varphi_0 + \cos \varphi_0) - \\ - f(2f \sin \alpha \cos \varphi_0 - \sin \varphi_0)) - \frac{\omega r}{2 \sin \alpha}] -$$

$$- \frac{g}{\omega^2(1+4f^2 \sin^2 \alpha)} [(\sin \alpha - f \cos \alpha)(2f \sin \alpha \cos \varphi_0 - \sin \varphi_0) + \\ + f(2f \sin \alpha \sin \varphi_0 + \cos \varphi_0)].$$

Враховуючи заміну, загальний розв'язок неоднорідного диференціального рівняння (8) матиме вигляд:

$$x = c_1 e^{2f\omega t \sin \alpha} + c_2 + \frac{\omega r t}{2 \sin \alpha} + \frac{g}{\omega^2(1+4f^2 \sin^2 \alpha)} \times \\ \times [(2f \sin \alpha \sin \varphi_0 + \cos \varphi_0)(f \cos(\omega t) - (\sin \alpha - f \cos \alpha) \sin(\omega t)) + \\ + (2f \sin \alpha \cos \varphi_0 - \sin \varphi_0)(f \sin(\omega t) + (\sin \alpha - f \cos \alpha) \cos(\omega t))].$$

Відносна швидкість частинки матеріалу вздовж спрямовувача:

$$V_r = 2f\omega c_1 \sin \alpha e^{2f\omega t \sin \alpha} + \frac{\omega r}{2 \sin \alpha} - \frac{g}{\omega(1+4f^2 \sin^2 \alpha)} \times \\ \times [(2f \sin \alpha \sin \varphi_0 + \cos \varphi_0)((\sin \alpha - f \cos \alpha) \cos(\omega t) + f \sin(\omega t)) + \\ + (2f \sin \alpha \cos \varphi_0 - \sin \varphi_0)((\sin \alpha - f \cos \alpha) \sin(\omega t) - f \cos(\omega t))].$$

Задаючи шлях x , який проходить частинка матеріалу вздовж спрямовувача (для розрахунків доцільно приймати $x = L_{cn}$ (де L_{cn} – довжина спрямовувача об'єднувача потоків, м) та $x_0 = 0$, $V_0 = 0$), можна визначити час t_{cn} руху частинки вздовж спрямовувача (рис. 4).

Підставляючи значення часу $t_{cn.}$ у рівняння (23) можна визначити відносну швидкість $V_{rcn.}$ частинки при її сходженні з спрямовувача або це ж можна зробити за допомогою номограми (рис. 4).

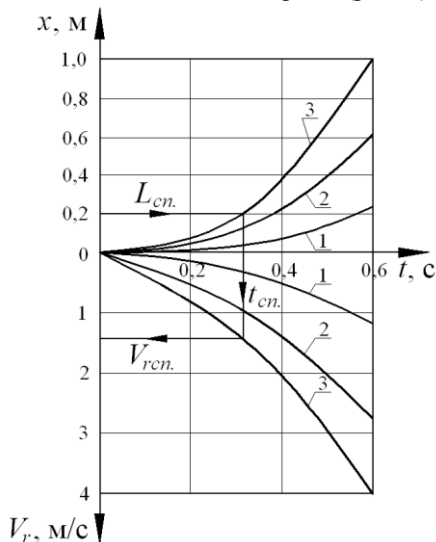


Рис. 4 – Номограма для визначення відносної швидкості $V_{rcn.}$ частинки сипкого матеріалу в момент її сходження з спрямовувача об'єднувача потоків при $x_0 = 0$, $V_0 = 0$, $\omega = 1,05$ рад./с, $\varphi_0 = \pi/4$ рад., $f = 0,4$ та $r = 0,3$ м: 1 – $\alpha = \pi/4$ рад.; 2 – $\alpha = \pi/3$ рад.; 3 – $\alpha = 1,308$ рад.

Дослідимо рух частинки матеріалу днищем матеріалопроводу після її сходження з спрямовувача об'єднувача потоків. Виділимо фрагмент спірального матеріалопроводу в межах між об'єднувачем потоків та розділювачом потоку (рис. 5). Для спрощення розрахунків здійснимо аналогічні спрощення до вище описаних, замінивши спіральний фрагмент матеріалопроводу на плоский. Дослідимо відносний рух частинки сипкого матеріалу (матеріальна точка А) днищем, що зійшла зі спрямовувача об'єднувача потоків. Для цього розмістимо рухому систему координат $\zeta\eta\tau$ у кінці спрямовувача в точці O (рис. 5, а, б). Вісь ζ спрямуємо паралельно до поздовжньої осі днища у напрямку руху частинки матеріалу. Вісь η спрямуємо

перпендикулярно до осі ζ у напрямку поздовжньої осі днища, тобто поперек днища. Вісь τ спрямуємо перпендикулярно поверхні днища у напрямку осі обертання спірального матеріалопроводу. Під час руху частинки матеріалу днищем на неї будуть діяти сили: сила ваги частинки сипкого матеріалу mg [Н]; переносна сила інерції $P_{ин.} = m\omega^2 r$ [Н]; коріолісова сила інерції $F_{к.}$ [Н]; нормальна реакція поверхні днища спірального матеріалопроводу $N_{дн.}$ [Н]; сила тертя частинки сипкого матеріалу по днищу $F_{тер.дн.} = f_{дн.} N_{дн.}$ [Н].

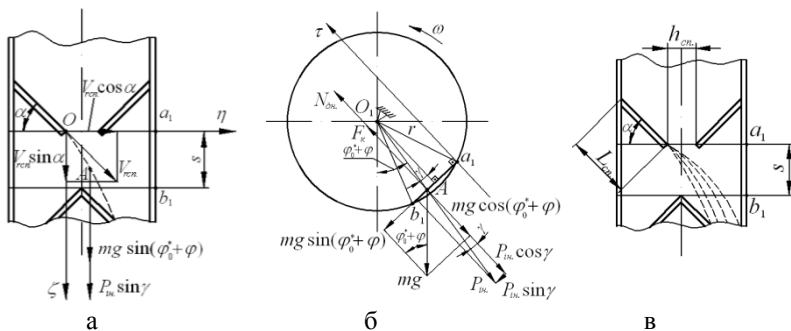


Рис. 5 – Розрахункові схеми до визначення переміщення частинки сипкого матеріалу днищем після сходження з спрямовувача: а – вид зверху на плоский фрагмент матеріалопроводу; б – вид збоку на плоский фрагмент матеріалопроводу; в – схема до визначення конструктивних параметрів матеріалопроводу

Складемо систему диференціальних рівнянь, що описують відносний рух частинки сипкого матеріалу днищем:

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{\zeta} &= mg \sin(\varphi_0^* + \varphi) + P_{ин.} \sin \gamma - F_{тер.дн.\zeta}; \\ m\ddot{\eta} &= -F_{тер.дн.\eta}; \\ m\ddot{\tau} &= N_{дн.} + F_{к.} - mg \cos(\varphi_0^* + \varphi) - P_{ин.} \cos \gamma. \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

де φ_0^* – кут повороту матеріалопроводу за якого починається рух частинки сипкого матеріалу днищем після сходження з спрямовувача об'єднувача потоків, $\varphi_0^* = \varphi_0 + \omega t_{ст.}$, рад.;

φ – кут повороту матеріалопроводу, $\varphi = \omega t$, рад.;

γ – кут між перпендикуляром опущеним з точки O_1 до плоского фрагмента матеріалоповоду та радіусом-вектором опущеним з точки O_1 до точки A на поверхні плоского фрагмента, що характеризує положення частинки сипкого матеріалу на плоскому фрагменті, град.;

$F_{тер.дн.\zeta}$, $F_{тер.дн.\eta}$ – проекції сили тертя $F_{тер.дн.}$ відповідно на осі ζ та η , Н.

Для спрощення розрахунків знехтуємо силою тертя $F_{тер.дн.}$. Врахуємо також, що частинка сипкого матеріалу не відривається від днища, тоді $\tau = \dot{\tau} = \ddot{\tau} = 0$. Крім того, враховуючи наведені вище припущення можна прийняти, що $\sin \gamma = 0$ та $\cos \gamma = 1$. Таким чином, з врахуванням усього зазначеного вище, для опису руху частинки сипкого матеріалу поверхнею днища достатньо першого та другого рівнянь системи (24), що після перетворень матимуть вигляд:

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{\zeta} &= mg \sin(\varphi_0^* + \varphi); \\ m\ddot{\eta} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

Здійснимо тригонометричні перетворення у першому рівнянні системи (25) та врахуємо, що $\varphi = \omega t$, тоді отримаємо:

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{\zeta} &= mg \sin \varphi_0^* \cos(\omega t) + mg \cos \varphi_0^* \sin(\omega t); \\ m\ddot{\eta} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

Двічі проінтегруємо диференціальні рівняння системи (26) за початкових умов $t = 0$, $\zeta(0) = \eta(0) = 0$, $\dot{\zeta}(0) = V_{рен.} \sin \alpha$, $\dot{\eta}(0) = V_{рен.} \cos \alpha$:

$$\left. \begin{aligned} \dot{\zeta} &= \frac{g \sin \varphi_0^*}{\omega} \sin(\omega t) + \frac{g \cos \varphi_0^*}{\omega} (1 - \cos(\omega t)) + V_{рен.} \sin \alpha; \\ \dot{\eta} &= V_{рен.} \cos \alpha; \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

$$\left. \begin{aligned} \zeta &= -\frac{g}{\omega^2} \sin(\varphi_0^* + \omega t) + t \left(V_{рен.} \sin \alpha + \frac{g \cos \varphi_0^*}{\omega} \right) + \frac{g \sin \varphi_0^*}{\omega^2}; \\ \eta &= V_{рен.} t \cos \alpha. \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

За рівняннями системи (28) побудовані траєкторії переміщення частинок сипкого матеріалу днищем матеріалопроводу після сходження їх з спрямовувача об'єднувача потоків (рис. 6).

Задаючи з конструктивних міркувань величину зазору між спрямовувачами об'єднувача потоків $h_{ен.}$, кут α та довжину

спрямовувача $L_{cn.}$, а також враховуючи, що усі траєкторії руху частинки сипкого матеріалу днищем після сходження з спрямовувача мають перетинати поздовжню вісь днища (у такому випадку забезпечуються найкращі умови для змішування сипких матеріалів), з другого рівняння системи (28) визначаємо час $t_{вісь}$, за який частинка матеріалу досягне поздовжньої осі днища, тобто

$$t_{вісь} = \frac{\eta}{V_{rcn.} \cos \alpha} = \frac{h_{cn.}}{2V_{rcn.} \cos \alpha}.$$

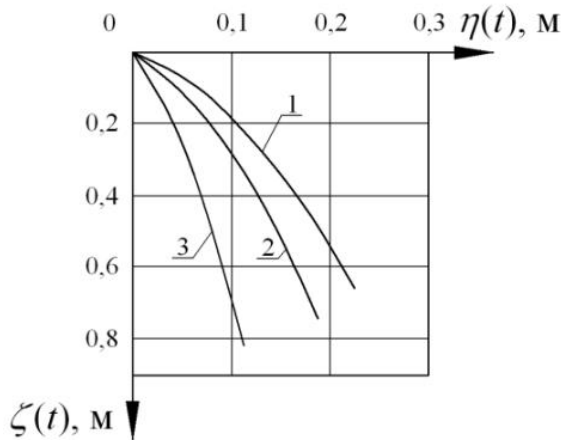


Рис. 6 – Траєкторії переміщення частинок сипкого матеріалу днищем матеріалопроводу після сходження їх з спрямовувача об'єднувача потоків при $\omega = 1,05$ рад./с, $\varphi_0 = \pi/4$ рад. та $t = 0,3$ с: 1 – $\alpha = \pi/4$ рад.; $t_{cn.} = 0,566$ с; $V_{rcn.} = 1,065$ м/с; $\varphi_0^* = 1,378$ рад.; 2 – $\alpha = \pi/3$ рад.; $t_{cn.} = 0,379$ с; $V_{rcn.} = 1,331$ м/с; $\varphi_0^* = 1,182$ рад.; 3 – $\alpha = 1,308$ рад.; $t_{cn.} = 0,313$ с; $V_{rcn.} = 1,562$ м/с; $\varphi_0^* = 1,113$ рад.

Підставляючи час $t_{вісь}$ у перше рівняння системи (28), отримаємо мінімально необхідне для перетину частинками матеріалу поздовжньої осі днища значення відстані $s = \zeta(t_{вісь})$ між об'єднувачем потоків та розділювачом потоку вздовж поздовжньої осі днища:

$$s \geq -\frac{g}{\omega^2} \sin\left(\varphi_0^* + \frac{\omega h_{cn.}}{2V_{ren.} \cos \alpha}\right) + \frac{h_{cn.}}{2V_{ren.} \cos \alpha} \left(V_{ren.} \sin \alpha + \frac{g \cos \varphi_0^*}{\omega}\right) + \frac{g \sin \varphi_0^*}{\omega^2}. \quad (29)$$

Висновки. Запропоноване конструктивне рішення спірального змішувача сипких матеріалів, що дозволить забезпечити необхідний ступінь змішування компонентів суміші внаслідок багаторазового об'єднування та розділення потоків компонентів суміші без жодних силових дій на них, що унеможливило їх пошкодження. Крім того, теоретичним шляхом одержано залежності, які дозволяють обґрунтувати раціональні конструктивні параметри змішувача.

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. Макаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов / Ю.И. Макаров. – М.: Машиностроение, 1973. – 216 с.
3. Верлока И.И. Современные гравитационные устройства непрерывного действия для смешивания сыпучих компонентов / И.И. Верлока, А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев // Электронный научный журнал “Инженерный вестник Дона”, №4 (2014) [Электронный ресурс]. – Режим доступа до журн.: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2014/2599>
4. Багринцев И.И. Исследование процесса смешения сыпучих материалов в гравитационно-решетчатом смесителе с пневмоциркуляцией / И.И. Багринцев, А.И. Барвин, В.Б. Модестов // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – №7 (154), ч. 2. – Луганськ, 2010.
5. Заявка на винахід № а201701162 від 08.02.2017. Спіральний змішувач сипких матеріалів / І.М. Дударев.

УДК 629.366:662.76(066)

©О.В. Захарчук, к.т.н., М.І. Захарчук,
Луцький національний технічний університет

ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗАПРАВКИ ГАЗОБАЛОННОГО ТРАКТОРА ГАЗОВИМ ПАЛИВОМ

Наведено результати досліджень шляхів покращення технологічного процесу заправки сільськогосподарської техніки з газобалонним обладнанням, яка буде працювати на транспортних роботах, природним газом.

КОЛІСНИЙ ТРАКТОР, ПРИРОДНИЙ ГАЗ, ГАЗОБАЛОННЕ ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕС ЗАПРАВКИ.

Постановка проблеми. Собівартість продукції аграрного виробництва, в значній мірі, залежить від витрат на моторне паливо для сільськогосподарської техніки. В якості двигунів на такій техніці використовуються дизелі. Переведення мобільної техніки сільськогосподарських підприємств на природний газ (ПГ) дозволить значно зменшити витрати на паливо та підвищити економічну ефективність роботи. Крім того, такі газові двигуни можуть працювати на біогазі, який є продуктом самого сільськогосподарського виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки на кафедрі автомобілів і транспортних технологій Луцького НТУ виконано переобладнання тракторного дизеля Д-243 в газовий двигун з іскровим запалюванням для роботи на ПГ, і проведено його випробування, які показали, що потужність двигуна при роботі на ПГ не зменшується, а сумарна токсичність відпрацьованих газів є меншою в 1,8 рази [1, 2]. Це особливо важливо, коли трактор використовується в якості технологічного транспортного засобу, і певний час працює в приміщеннях.

Також було здійснено переобладнання трактора МТЗ-80 для роботи на ПГ за тим же самим способом і проведені його випробування при виконанні транспортної роботи, які підтвердили його роботоздатність [3, 4]. Попередніми дослідженнями встановлено, що застосування ПГ в якості моторного палива на сільськогосподарській техніці дозволяє досягати значного економічного ефекту та малого терміну окупності капітальних вкладень [5].

Очевидно, що за рахунок використання дешевшого палива, собівартість транспортної роботи зменшиться, не зважаючи на те, що середні експлуатаційні витрати газового палива на 15–20 % більші у порівнянні з дизельним паливом [1]. Витрата 1 м³ газу еквівалентна витраті 1 л дизельного палива [6]. Моторесурс газового двигуна у перерахунку на пробіг до капітального ремонту приблизно на 20 % більший у порівнянні з дизелем. Також зменшується рівень шуму двигуна на 3–8 дБ [6].

Результати попередніх досліджень показали що колісний трактор з касетою з газовими балонами може працювати на транспортних роботах приблизно 7 годин, що в пікові періоди робіт буде вимагати додаткових дозаправок [7].

Тому для забезпечення переведення техніки для роботи на ПГ в сільськогосподарських господарствах, особливо для тракторів тягового класу 1,4 необхідні нові розробки способів заправки або вдосконалення вже існуючих.

Метою роботи є пошук шляхів покращення технологічного процесу заправки газобалонного трактора ПГ.

Результати досліджень. Було виконано аналіз способів розміщення газових балонів на сільськогосподарських тракторах та встановлено, що в більшості випадків вони встановлюються на даху кабіни трактора [8]. Відзначено, що їх розміщення на даху кабіни знижує стійкість трактора до перекидання, збільшує його висоту та утруднює відкриття люка на даху.

Більш раціональним є розміщення газобалонного обладнання на колісному тракторі в передній частині (рис. 1), що не призведе до значних змін параметрів стійкості та не збільшує габарити трактора по висоті, що дозволить безперешкодний заїзд в ворота ферм, теплиць, складів та інших сільськогосподарських споруд [9]. Також встановлення газового обладнання призведе до покращення тягово-зчіпних властивостей колісного трактора, що, в свою чергу, поліпшить паливну економічність та підвищить продуктивність праці [10].

Для переобладнання колісного трактора МТЗ-80 для роботи на ПГ використовуються металопластикові полегшені балони БМПФ 50-20 об'ємом 50 л. Для кріплення балонів в передній частині трактора виготовляється спеціальна металева конструкція – касета. Маса касети для установки балонів – 30 кг. В касеті розміщується три балони. Маса касети з заправленими балонами рівна 177 кг.

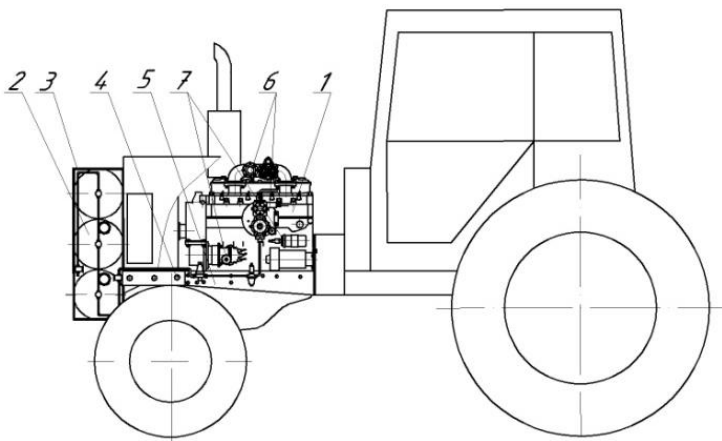


Рис. 1 – Колісний трактор МТЗ-80 з газобалонним обладнанням

Газобалонний трактор (рис.1) містить газовий двигун 1, газові балони 2, встановлені в касеті 3, прикріпленій болтами 4 до рами 5 в передній частині трактора перед радіатором. Розміщення балонів 2 в передній частині трактора суттєво знижує центр ваги у порівнянні з їх розміщенням на даху кабіни трактора, що підвищує стійкість трактора в цілому. В підкапотньому просторі трактора розміщується комплект газової паливної апаратури 6 та комплект системи запалювання 7.

При експлуатації сільськогосподарської техніки, оснащеної газобалонним обладнанням однією з суттєвих проблем є недостатня кількість газозаправного обладнання включаючи автомобільні газонаповнювальні компресорні станції (АГНКС).

Що стосується заправки газобалонного обладнання, то в даному дослідженні проведено аналіз основних способів заправки колісних тракторів ПГ. Серед них основними є (рис. 2):

- заправка тракторів на автомобільній газонаповнювальній компресорній станції (АГНКС);
- заправка пересувного автомобільного газового заправника (ПАГЗ) на АГНКС і доставка ПГ на місце роботи тракторів;
- заправка змінних касет з газовими балонами;
- використання індивідуальних газонаповнювальних станцій в сільській місцевості, які живляться, від централізованої системи газоподачі.

Аналізуючи рис. 2 можна виділити наступні способи заправки. Спосіб перший, заправка техніки безпосередньо на АГНКС, куди вона переїздить своїм ходом з місця роботи. Основним недоліком даного

способу є те, що більшість АГНКС розташовані віддалено від сільської місцевості. Але, якщо АГНКС знаходиться на незначній відстані від сільськогосподарського господарства, цей спосіб буде мати найбільшу рентабельність, так як не вимагає затрат на купівлю додаткового обладнання та техніки для заправки.

Наступний можливий спосіб це заправка сільськогосподарської техніки від ПАГЗ, який призначений для транспортування, зберігання та заправки техніки безкомпресорним способом на місці виконання робіт. На ринку України реалізуються декілька видів ПАГЗ, які, в основному, відрізняються об'ємом газу, що транспортується. Основною перевагою даного способу заправки є близькість запасу палива до місць експлуатації сільськогосподарської техніки. Недоліками є те, що господарство додаткове несе витрати на купівлю та обслуговування ПАГЗ. Економічно вигідно буде придбання такої техніки для заправки господарству з великою кількістю газобалонної техніки.

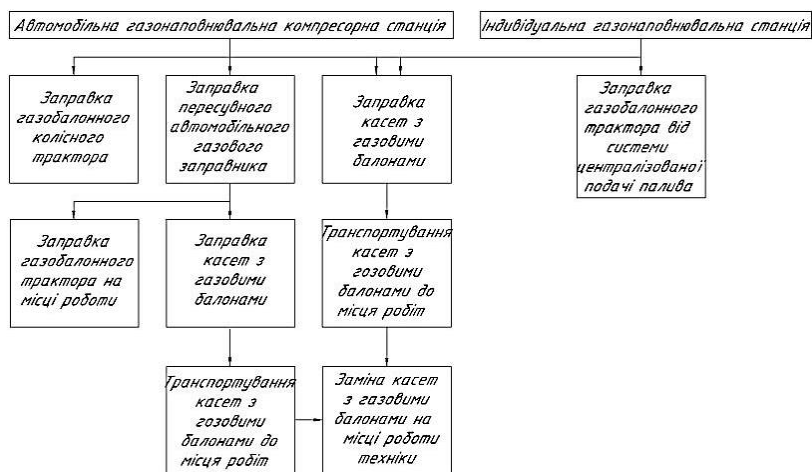


Рис. 2 – Схема заправки сільськогосподарської техніки, яка працює на ПГ

Спосіб заправки з використанням змінних касет з газовими балонами (рис. 1). Касети можливо заправляти декількома способами: на АГНКС, які потім транспортуються вантажним автомобілем; від ПАГЗ; від індивідуальних газонаповнювальних установок. Також може створюватись оборотний фонд для тимчасового зберігання газового

палива. До переваг такого способу слід віднести високу продуктивність, можливість заправки в місцях безпосередньої експлуатації. Недоліком є малий об'єм ПГ, який може зберігатись в касеті та додаткові витрати на транспортування.

Ще одним способом є заправка техніки від індивідуальних газонаповнювальних станцій, які під'єднуються до централізованої подачі ПГ в самому господарстві. В першому випадку техніка своїм ходом рухається до компресорної станції, в іншому з можливістю заправки знімних касет з подальшим їх транспортуванням. Основною перевагою даного способу є безпосередня близькість до місць роботи техніки. Недоліками є низька продуктивність та пропускна здатність і висока вартість таких установок.

Слід враховувати, що найкращим способом є заправка техніки ПГ безпосередньо на місцях їх роботи по мірі закінчення палива. Також слід мати на увазі що, сільськогосподарські роботи мають сезонний характер з піком робіт в весняно-осінній періоди. Тому в цей час буде суттєве навантаження газозаправної техніки.

Висновки. На даний час мережа АГНКС розвинута дуже слабо і виникає можлива проблема заправки ПГ сільськогосподарської техніки з газобалонним обладнанням. При значній віддаленості господарств від АГНКС витрати на заправку можуть значно знизити економію від застосування ПГ, так як додатково затрачаються кошти на переміщення техніки та покупку додаткового обладнання. Було встановлено, що розміщення балонів в передній частині колісного трактора найбільш доцільно, тому, що покращуються показники стійкості та тягово-зчіпні властивості з дорожнім покриттям. Також, було проаналізовано можливі способи заправки колісного трактора МТЗ-80 з газобалонним обладнанням і встановлено, що вибір найкращого способу безпосередньо буде залежати від віддаленості господарства від АГНКС.

Тому наступним етапом роботи буде дослідження економічної ефективності експлуатації газобалонних тракторів при різних способах заправки, різній кількості техніки та різній віддаленості аграрного господарства від АГНКС.

Література

1. Матейчик В.П., Захарчук В.І., Козачук І.С., Захарчук О.В. Особливості використання природного газу як моторного палива для транспортних засобів // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2008. – С. 127-130.
2. Захарчук В.І. Можливість переобладнання дизелів сільськогосподарської техніки в газові двигуни / В.І. Захарчук, І.С.

Козачук, О.В. Захарчук // Сільськогосподарські машини: Збірник наукових статей. – Випуск 18, Луцьк, 2009. – С. 127–132.

3. Захарчук О.В. Експериментальні дослідження колісного трактора при роботі на альтернативному паливі / О.В. Захарчук, О.П. Сітовський // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – №6. – 2010. – С. 114–117.

4. Матейчик В.П. Определение рациональных значений параметров управления трансмиссией и газовым двигателем колесного трактора в транспортном процессе / В.П. Матейчик, В.И. Захарчук, О.В. Захарчук // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Lublin, 2013. – Vol. 15, № 4. 2013. – С. 309–313.

5. Захарчук О.В. Економічна ефективність переобладнання мобільної техніки для роботи на природному газі / О.В. Захарчук // Вісник НТУ «ХПІ». №9, 2015. – С. 126-132.

6. Морев А.И. Эксплуатация и техническое обслуживание газобаллонных автомобилей / А.И. Морев, В.И. Ерохов. – М.: Транспорт, 1988. – 184 с.

7. Захарчук О.В. Обґрунтування економічної ефективності переобладнання колісного трактора для роботи на природному газі / О.В. Захарчук // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник за напрямом “Інженерна механіка”. Випуск 46, 2014. – С. 190-194.

8. Савельев Г.С. Технологии и технические средства адаптации автотракторной техники к работе на альтернативных видах топлива: автореферат дис. докт. техн. наук: 05.20.01 / Г.С. Савельев. – М.: ГНУ ВИМ Россельхозакадемии, 2011. – 43 с.

9. Захарчук О.В. Оцінка стійкості колісного трактора МТЗ-80 при роботі з газобаллонним обладнанням / О.В. Захарчук, М.А. Демидюк, М.І. Захарчук // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник за галузями знань “Технічні науки”. Випуск 55, 2016. – С. 157-162.

10. Захарчук О.В. Оцінка тягово-зчіпних властивостей колісного трактора МТЗ-80 з газобаллонним обладнанням при виконанні транспортної роботи / О.В. Захарчук, М.І. Захарчук // Матеріали міжнародної науково-практичної та науково-методичної конференції «Новітні технології в автомобілебудуванні, транспорті і при підготовці фахівців» Х.: ХНАДУ. – 2016. – С. 81-82.

Рецензент д.т.н. Пустюльга С.І.

УДК. 631.3.024

©Р.В. Кірчук, к.т.н, М.М. Поліщук, к.т.н., Забродоцька Л.Ю., к.т.н.,
Хомич С.М., к.т.н.

Луцький національний технічний університет

Хвесик В.О.

Любешівський технологічний коледж Луцького НТУ

ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОФІЛЮ СКРЕБКА ТРАНСПОРТЕРА

У статті представлені теоретичні дослідження та обґрунтування профілю скребка транспортера для машини для локального внесення твердих органічних добрив.

**ЧАСТИНКА, СКРЕБОК, КУТ, ШАР, САПРОПЕЛЬ,
ПЕРЕМІЩЕННЯ ТРАНСПОРТЕР, ЛОКАЛЬНЕ ВНЕСЕННЯ,
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ,**

Постановка проблеми. Серед органічних добрив найбільше поживних речовин для ґрунту дає підстилковий гній та компости на його основі. Ефективність підстилкового гною оцінюється нормою внесення 40-60 т/га, що при зменшенні поголів'я худоби в Україні за останні роки, унеможливує дотримання агротехнічних вимог для отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур.

Основним шляхом вирішення ситуації, що склалася, може стати локальне внесення виготовлених органічних добрив. Тому зростає потреба в органічних добривах, одними з яких можуть стати озерні сапропелі прісноводних водойм [1]. При зневодненні сапропелів широке застосування набуло їх проморожування температурами навколишнього середовища [2] з подальшою підготовкою до внесення. В результаті механічних дій при складанні сапропелю у бурти та тривалого їх зберігання, утворюються тверді агрегати, які впливають на процеси внесення та ефективність використання, як органічної сировини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В промисловості існують загалом машини та агрегати лише для внутрішньогрунтового внесення тільки рідких і напіврідких органо-мінеральних сумішей вологістю не менше 92% на певну глибину у ґрунт. Це здійснюється машинами АВМ-Ф-2,8, АВО-Ф-2,8 і АВВ-Ф-2,8 [3]. Машин чи агрегатів для локального внесення твердих органічних добрив вологістю менше 70% не існує. Тому нами запропонована машина для локального внесення твердих органічних добрив (рис 1) [4].

Мета дослідження. Теоретично обґрунтувати геометричні параметри робочої поверхні скребка транспортера (рис. 1), для оптимізації робочого процесу формування вхідного потоку твердих органічних добрив до сапропелепроводів.

Результати досліджень. Аналізі переміщення шару матеріалу поверхню скребка будемо розглядати як рух окремих матеріальних частинок M шорсткою поверхнею. Введемо систему координат YOX із центром у вершині скребка та припустимо, що ця система рухається у напрямку вектора швидкості транспортера \vec{V}_{cx} прямолинійно і рівномірно. У такому випадку матеріальна частинка M буде здійснювати переносний рух – разом із скребком транспортера, і відносний рух – поступальний вздовж робочої поверхні скребка з лінійною швидкістю V_r .

Для забезпечення постійної висоти вхідного потоку добрив у конструкції передбачено скребковий транспортер. Тому в роботі було поставлено завданням теоретично дослідити та обґрунтувати профіль робочої поверхні скребка транспортера. Це дозволить оптимізувати робочий процес формування вхідного потоку добрив під час переміщення в сапропелепроводах.

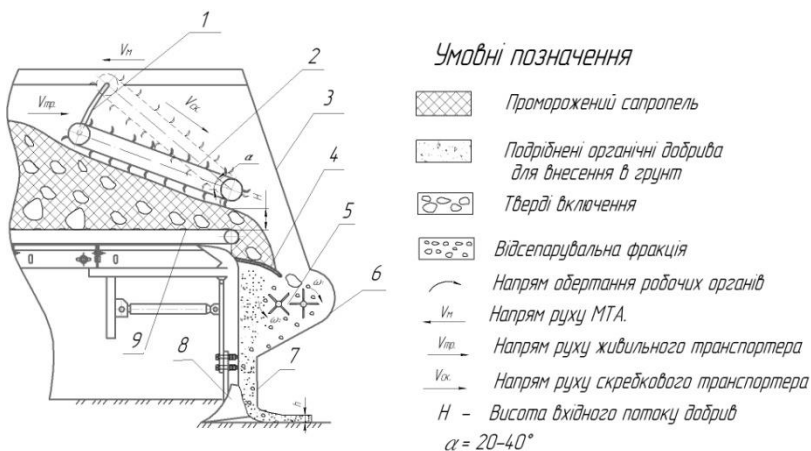


Рис. 1 – Схема процесу локального внесення промороженого сапропелю: 1 – направляюча; 2 – скребковий транспортер; 3 – огороджуючий щиток; 4 – прутковий сепаратор; 5 – подрібнюючий пристрій; 6 – скатна поверхня; 7 – сапропелепровід; 8 – сошник; 9 – подавальний транспортер

Для вирішення поставленого завдання необхідно прийняти допущення, що матеріальна частинка сапропелю (точка M) захоплюється скребком транспортера в крайньому нижньому положенні (т. A_1) та, переміщуючись у процесі роботи транспортера, сходиться з його робочої поверхні в крайньому верхньому положенні (т. A_2 , рис. 2).

Надалі під час аналізу переміщення шару матеріалу поверхнею скребка будемо розглядати його як рух окремих матеріальних частинок M шорсткою поверхнею. Введемо систему координат XOY , (рис. 2). Ця система рухається у напрямку вектора швидкості транспортера $\vec{v}_{ск}$ прямолінійно і рівномірно. У такому випадку матеріальна частинка M буде здійснювати переносний рух – разом із скребком транспортера, і відносний рух – поступальний вздовж робочої поверхні скребка з лінійною швидкістю V_r .

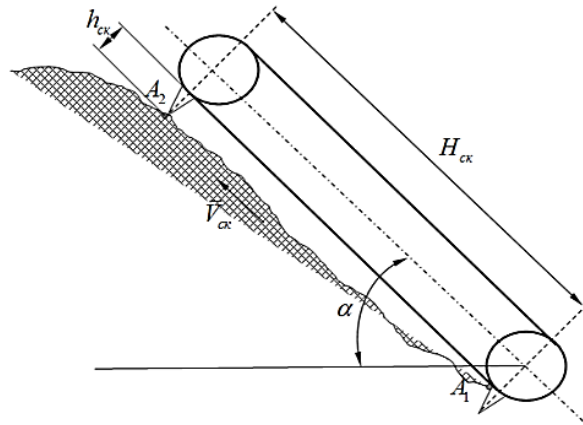


Рис. 2 – Схема до визначення переміщення частинки сапропелю робочою поверхнею скребка у процесі роботи транспортера

Для визначення профілю скребка транспортера розглянемо схему руху частинки сапропелю M (рис. 3), що надійшла на скребок. Частинка M буде підніматись разом зі скребком і переміщуватись його робочою поверхнею.

При цьому на матеріальну частинку діють такі сили:

- 1) сила ваги частинки $G = mg$, Н;
- 2) сила тертя $F_{mp} = f_{mp} \cdot N$, Н;

3) сила внутрішнього тертя між частинками сапропелю

$$F_{mp}^e = f_{mp}^e N, \text{ Н};$$

де f_{mp} – коефіцієнт тертя ковзання сапропелю по металу;

f_{mp}^e – коефіцієнт внутрішнього тертя маси сапропелю.

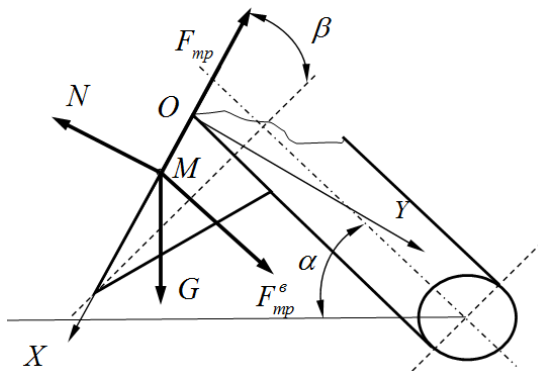


Рис. 3 – Розрахункова схема до визначення кута профілю скребка: α – кут нахилу транспортера, β – кут профілю робочої поверхні скребка

Для визначення профілю скребка транспортера необхідно встановити значення кута β та розробити модель, яка взаємопов’язує кут нахилу транспортера α , висоту скребка h та згаданий кут профілю скребка β .

Рівняння відносного руху частинки матеріалу вздовж осі Y (в напрямі, перпендикулярному до поверхні скребка буде, проекція на вісь OY):

$$m\ddot{y} = -N + F_{mp}^e \cos \beta + G \sin(\alpha - \beta). \tag{1}$$

Оскільки переміщення вздовж осі Y не відбувається, тоді $\ddot{y} = \dot{y} = y = 0$, відповідно, отримуємо:

$$-N + F_{mp}^e \cos \beta + G \sin(\alpha - \beta) = 0. \tag{2}$$

Звідки:

$$N = f_{mp}^e N \cos \beta + mg \sin(\alpha - \beta),$$

або

$$N = \frac{mg \sin(\alpha - \beta)}{1 - f_{mp}^e \cos \beta}. \quad (3)$$

Складаючи суму проєкцій сил на вісь OX і прирівнюючи її до добутку маси на прискорення, отримаємо диференціальне рівняння руху частинки робочою поверхнею скребка:

$$m\ddot{x} = -F_{mp} + F_{mp}^e \sin \beta + G \cos(\alpha - \beta), \quad (4)$$

або

$$m\ddot{x} = -f_{mp} N + f_{mp}^e N \sin \beta + mg \cos(\alpha - \beta). \quad (5)$$

Беручи до уваги рівняння (3) і (5) після відповідних перетворень система буде матиме вигляд:

$$\ddot{x} = \frac{g \cdot \sin(\alpha - \beta)}{1 - f_{mp}^e \cdot \cos \beta} (f_{mp}^e \sin \beta - f_{mp}) + g \cdot \cos(\alpha - \beta), \quad (3)$$

Двічі інтегруючи вираз (3) за часом t з урахуванням початкових умов при $t = 0$, $\dot{x} = V_{mp} = 0$ та $x = 0$, матимемо:

$$x = \left[\frac{g \cdot \sin(\alpha - \beta)}{1 - f_{mp}^e \cdot \cos \beta} (f_{mp}^e \sin \beta - f_{mp}) + g \cdot \cos(\alpha - \beta) \right] \frac{t^2}{2}. \quad (4)$$

За умови задачі, час руху частинки сапропелю робочою поверхнею скребка складе $t = \frac{H_{ск}}{V_{ск}}$, а відстань, яку вона пройде, буде рівною $\frac{h_{ск}}{\sin \beta}$.

Тому для отримання моделі взаємозв'язку параметрів α , β та $h_{ск}$ складемо систему рівнянь та обмежень:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{h_{ск}}{\sin \beta} &= \left[\frac{g \cdot \sin(\alpha - \beta)}{1 - f_{mp}^e \cdot \cos \beta} (f_{mp}^e \sin \beta - f_{mp}) + g \cdot \cos(\alpha - \beta) \right] \frac{\left(\frac{H_{ск}}{V_{ск}} \right)^2}{2}, \\ -45^\circ &\leq \beta \leq 45^\circ, \\ 20^\circ &\leq \alpha \leq 80^\circ. \end{aligned} \right. \quad (5)$$

За математичною моделлю (5) отримано результуючі графіки, зображені на рис. 4 і рис.5, за таких вхідних даних: $H_{ск} = 1,2$ м; $\bar{v}_{ск} = 1,0$ м/с; $f_{mp} = 0,25$; $f_{mp}^e = 0,5$.

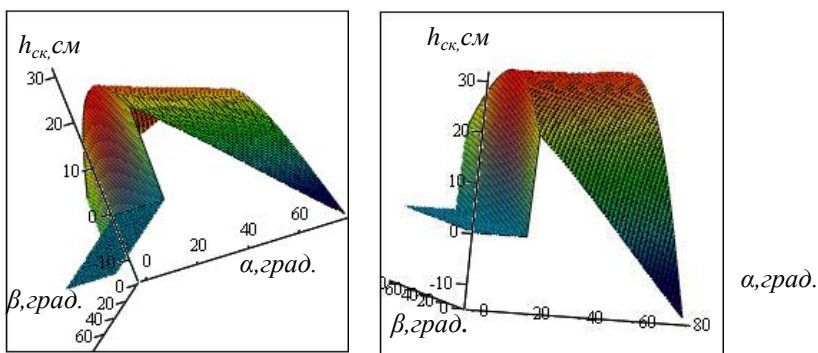


Рис. 4 – Графічна залежність параметрів α , β ($0^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$) та $h_{ск}$

На основі проведених розрахунків можна зробити висновок, що зі збільшенням кута підйому транспортера α зростає значення кута профілю скребка β .

Загалом, під час розгляду вищезазначеної задачі слід враховувати і те, що конструкція машини передбачає можливість зміни кута нахилу скребкового транспортера α . Тому введемо в розрахункову схему (рис. 3) відцентрову F_i та Кориолісову F_k сили (рис. 6).

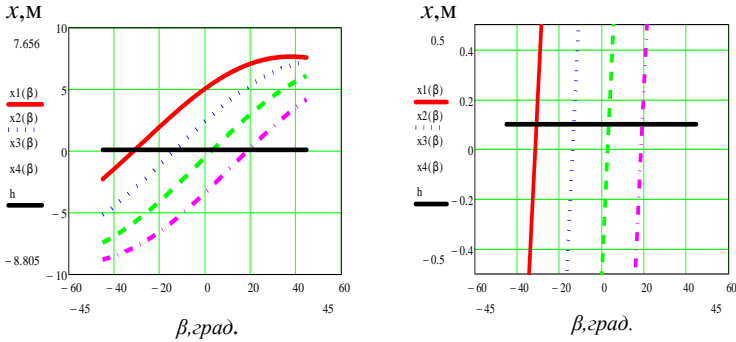


Рис. 5 – Відстань, яку пройде точка М робочою поверхнею скребка залежно від кута профілю скребка β : $x_1) \alpha=20^0$; $x_2) \alpha=40^0$; $x_3) \alpha=60^0$; $x_4) \alpha=80^0$

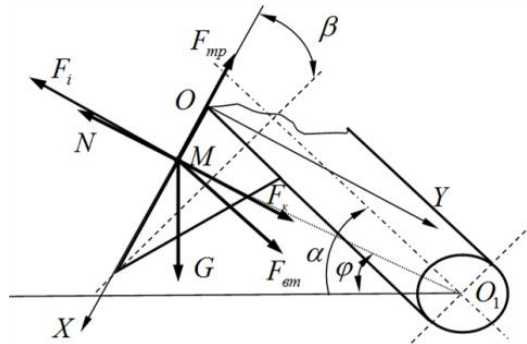


Рис. 6 – Розрахункова схема до визначення кута профілю скребка

Враховуючи можливість зміни кута нахилу транспортера α відносно т. O_1 , сума проєкцій всіх сил на вісь Y:

$$m\ddot{y} = -N + F_{mp}^g \cos \beta + G \sin(\alpha - \beta) + F_k - F_i \cos(\alpha - \varphi) \cos \beta. \quad (6)$$

Оскільки переміщення вздовж осі Y не відбувається, тоді $\ddot{y} = \dot{y} = y = 0$, відповідно, отримаємо:

$$-N + F_{mp}^g \cos \beta + G \sin(\alpha - \beta) + F_k - F_i \cos(\alpha - \varphi) \cos \beta = 0. \quad (7)$$

Звідси:

$$N = \frac{mg \sin(\alpha - \beta) + 2m\omega V_{mp} - mr\omega^2 \cos(\alpha - \varphi) \cos \beta}{1 - f_{mp}^e \cos \beta}, \quad (8)$$

де ω – кутова швидкість обертання транспортера навколо т. O_1
 $(\omega = \frac{V_{ck}}{H})$, рад/с;

V_{ck} – лінійна швидкість скребкового транспортера, м/с;

H – висота шару сапропелю, що формується скребковим транспортером (висота вхідного потоку добрив).

Оскільки $H_{ck} \gg h_{ck}$, то можна прийняти, що $\varphi \approx \alpha$ і радіус вектор $r = \frac{V_{ck}}{t}$, який зображено на рисунку 6, збігається з відрізком

O_1M .

Знову ж таки, складаючи суму проєкцій сил на вісь OX і прирівнюючи її до добутку маси на прискорення, отримаємо диференціальне рівняння руху частинки робочою поверхнею скребка:

$$m\ddot{x} = -F_{mp} + F_{mp}^e \sin \beta + G \cos(\alpha - \beta) - F_i \sin \beta \quad (9)$$

або

$$m\ddot{x} = N [f_{mp}^e \sin \beta - f_{mp}] + mg \cos(\alpha - \beta) - mr\omega^2 \sin \beta. \quad (10)$$

Підставляючи рівняння (8) в (10), отримаємо:

$$\ddot{x} = \frac{g \cdot \sin(\alpha - \beta) + 2\omega \dot{x} - r\omega^2 \cos \beta}{1 - f_{mp}^e \cdot \cos \beta} (f_{mp}^e \sin \beta - f_{mp}) + g \cdot \cos(\alpha - \beta) - r\omega^2 \sin \beta. \quad (11)$$

У такому випадку математична модель переміщення частинки сапропелю робочою поверхнею скребка матиме вигляд:

$$\begin{cases} \ddot{x} = \frac{g \cdot \sin(\alpha - \beta) + 2\omega \dot{x} - r\omega^2 \cos \beta}{1 - f_{mp}^e \cdot \cos \beta} (f_{mp}^e \sin \beta - f_{mp}) + g \cdot \cos(\alpha - \beta) - r\omega^2 \sin \beta, \\ -45^\circ \leq \beta \leq 45^\circ. \end{cases} \quad (12)$$

Для визначення профілю скребка транспортера слід виконати розрахунки згідно прийнятої моделі (12) в n точках за його висотою h_{ck} зважаючи на те, що:

$$\alpha = \omega \cdot t = \frac{V_{ck}}{H} \cdot t; \quad t = \frac{H_{ck}}{V_{ck}}, \quad (13)$$

та початкові умови:

$$\text{при } t = 0, \quad \dot{x} = 0 \text{ та } x = 0. \quad (14)$$

Так як $H_{ck} \gg h_{ck}$, то можна прийняти, що $\varphi \approx \alpha$ і радіус вектор $r = V_{ck} \cdot t$, (рис. 6) і співпадає з відрізком O_1M .

Зважаючи на те, що параметри x, α, r є функціями часу, то отримати аналітичний результат моделі (12) є складно. Для проведення розрахунків використовувався чисельний метод розв'язку диференціального рівняння Рунге-Кутта з постійним кроком у середовищі MathCad.

Провівши числове моделювання, отримали графічні залежності (рис. 7), які дають можливість розрахувати робочий профіль скребка транспортера за умови переміщення частинки матеріалу із крайньої нижньої точки A_1 (рис. 2) в крайню верхню точку A_2 і повороту транспортера навколо точки O_1 (рис. 6). Отримані значення кута дають можливість побудувати робочий профіль скребка транспортера (рис. 8).

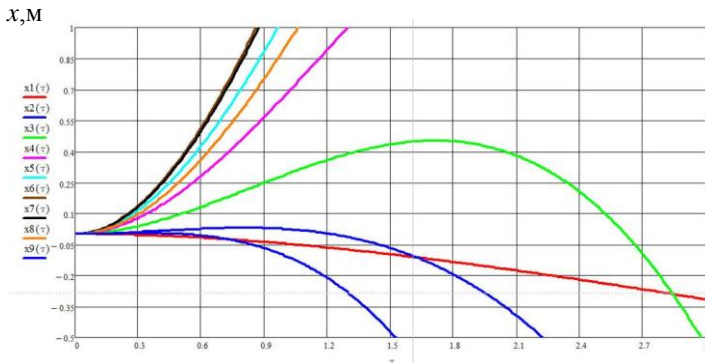


Рис. 7 – Залежність переміщення x частинки сапропелю M від часу $\tau_{рч}$ та кута профілю скребка β : $x_1 = 19^\circ$, $x_2 = 20^\circ$, $x_3 = 20,5^\circ$, $x_4 = 20,5^\circ$, $x_5 = 19^\circ$, $x_6 = 18^\circ$, $x_7 = 35^\circ$, $x_8 = 30^\circ$, $x_9 = 25^\circ$

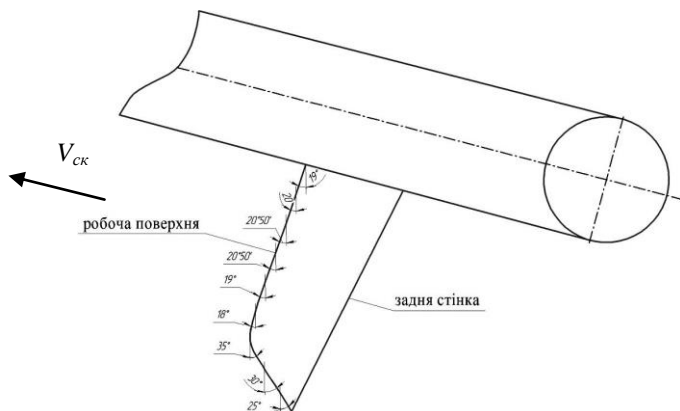


Рис. 8 – Робочий профіль скребка транспортера

Таким чином, запропонована математична модель дає можливість взаємозв'язати кінематичні і технологічні параметри машини та фізико-механічні властивості сапропелю. А також отримати профіль робочої поверхні скребка транспортера для формування шару сапропелю, який подається у зону формування смуг під час локального внесення добрив.

Висновки: Одержано математичні залежності, які враховують взаємозв'язок кінематичних і технологічних параметрів машини для локального внесення замороженого сапропелю та його фізико-механічні властивості. На основі аналізу переміщення елементарної маси криволінійною поверхнею встановлено, що кут профілю скребка є визначальним і перебуває у межах $\beta = 18^{\circ}$ - 35° і суттєво впливає на якість переміщення матеріалу. Зміна положення скребкового транспортера, який характеризується кутом $\alpha = 20$ - 80° , підтверджує необхідність у криволінійній формі робочої поверхні скребка.

Література.

1. Поліщук М.М. Зміна фізико-механічних властивостей замороженого сапропелю з часом // "Актуальні задачі сучасних технологій": збірник тез доповідей міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів, 19-20 грудня. 2012р., м. Тернопіль - Тернопіль., Видавництво ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2012. 17-18с.
2. Поліщук М.М., Бабарика С.Ф. Дослідження процесу подрібнення замороженого сапропелю. // Сільськогосподарські

машини. - 36. наук. ст. Вип. 24. - Луцьк: Ред. - вид. відділ ЛНТУ, 2013. - С. 298-305.

3. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. — К.: Вища освіта, 2004. — 544 с.; іл.

4. Патент №92888 Україна, А01С 3/06, А01С15/00. Машина для локального внесення твердих органічних добрив / М.М. Поліщук, В.Ф. Дідух, Р.В. Кірчук, Р.А. Хлопецький, В.В. Сацюк, В.В. Тарасюк (Україна). – №u201403211; Заявл. 31.03.2014; Опубл. 10.09.2014 Бюл. №17.

5. Дідух В.Ф. Обґрунтування профілю скребка транспортера / В.Ф.Дідух, Р.В. Кірчук, М.М. Поліщук // Вісник харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки «Технічний сервіс машин для рослинництва».– Харків, 2014. – Вип. 145. – С. 82-90.

Рецензент д.т.н. Дідух В.Ф.

УДК 631.3: 631.674

©В.П. Ковбаса, д.т.н., Хайдер Раад Надим Аль-Хазаали
Национальный университет биоресурсов и природопользования
Украины

ДИНАМИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛЕМЕХА КРОВОТАТЕЛЯ С ПОЧВОЙ ПРИ ОБРАЗОВАНИИ ПОЛОСТИ ДЛЯ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОГО ЭКРАНА

В статье приводятся результаты исследований взаимодействия лемешной части кротователя с почвой, которая представлена в виде упруго-вязкой модели, по определению компонент напряжений в ней на поверхности контакта с лемехом, а также ее уплотнения и определения составляющих усилий, которые возникают на рабочем органе в результате его взаимодействия с почвой.

Постановка проблемы. Для сохранения влаги (уменьшения проникновения воды в глубокие слои почвы) и лучшего распространения ее в горизонтальном направлении при внутривпочвенном орошении сельскохозяйственных растений возникает необходимость укладки увлажнителей совместно с

противофльтрационным экраном [1]. При этом для образования полости, в которой должен быть уложен экран способом протяжки, возможно использование лемешного рабочего органа, обоснование геометрических параметров и режимов работы которого является актуальной научной задачей.

Анализ последних исследований и публикаций [2-9] показывает, что для решения данной задачи необходима формализация почвы, как среды, на которую направлено действие рабочего органа, а также формализация взаимодействия самого рабочего органа с почвой. Чаще всего используются модели, больше напоминающие взаимодействие с абсолютно твердым телом, или модели, используемые в классической теории механики грунтов, которые основаны на механике сыпучих сред [7]. Кроме того, при построении моделей взаимодействия используются либо одномерные модели, либо в лучшем случае плоские решения, которые не всегда отображают реальный процесс изменений свойств почвы (грунта) под действием рабочего органа [4, 5].

При этом следует отметить, что плотность почвы под воздействием рабочего органа изменяется в функции изменения всех шести компонент деформаций или напряжений, что не может быть отображено в плоской постановке задачи, а тем более – в одномерной. Кроме того, такие постановки задачи не позволяют определить все три составляющие сопротивления движению рабочего органа в почве. Поэтому задача о взаимодействии рабочего органа с почвой в трехмерной постановке с установлением взаимосвязи геометрических параметров и режимов работы самого рабочего органа и изменением свойств почвы, а также компонент тягового сопротивления является актуальной и требует решения.

В связи с этим **целью исследования** является определение компонент напряжений в почве, ее уплотнения и составляющих усилий на поверхности лемеха в результате взаимодействия с почвой в зависимости от ее механических свойств, а также геометрических параметров и режимов работы лемешного рабочего органа.

Результаты исследования. В соответствии с принятой моделью связи напряжений со скоростями деформаций для почвы (зависимость 7 из [9]), определяются компоненты напряжений $\sigma_{x1}, \sigma_{y1}, \sigma_{z1}, \tau_{xy1}, \tau_{xz1}, \tau_{yz1}$ в почве на поверхности контакта лемеха с почвой, при этом компоненты скоростей деформаций на поверхности контакта составляют $\dot{\epsilon}_{x1}, \dot{\epsilon}_{y1}, \dot{\epsilon}_{z1}, \dot{\gamma}_{xy1}, \dot{\gamma}_{xz1}, \dot{\gamma}_{yz1}$:

$$\sigma_{xl} = \frac{4}{9} e^{\frac{Gt}{2\eta(1+\nu)}} \eta(1+\nu)(6\dot{\epsilon}_{xl} - 3(\dot{\epsilon}_{yl} + \dot{\epsilon}_{zl}) - \frac{e^{\frac{Gt}{\eta(1+\nu)}}(1+\nu)(\dot{\epsilon}_{xl} + \dot{\epsilon}_{yl} + \dot{\epsilon}_{zl})}{-1+2\nu});$$

$$\sigma_{yl} = \frac{4}{9} e^{\frac{Gt}{2\eta(1+\nu)}} \eta(1+\nu)(-3(\dot{\epsilon}_{xl} - 2\dot{\epsilon}_{yl} + \dot{\epsilon}_{zl}) - \frac{e^{\frac{Gt}{\eta(1+\nu)}}(1+\nu)(\dot{\epsilon}_{xl} + \dot{\epsilon}_{yl} + \dot{\epsilon}_{zl})}{-1+2\nu});$$

$$\sigma_{zl} = \frac{4}{9} e^{\frac{Gt}{2\eta(1+\nu)}} \eta(1+\nu)(-3(\dot{\epsilon}_{xl} + \dot{\epsilon}_{yl} - 2\dot{\epsilon}_{zl}) - \frac{e^{\frac{Gt}{\eta(1+\nu)}}(1+\nu)(\dot{\epsilon}_{xl} + \dot{\epsilon}_{yl} + \dot{\epsilon}_{zl})}{-1+2\nu});$$

$$\tau_{xyl} = 2e^{\frac{Gt}{2\eta(1+\nu)}} \eta(1+\nu)\dot{\gamma}_{xyl}, \tau_{yxl} = 2e^{\frac{Gt}{2\eta(1+\nu)}} \eta(1+\nu)\dot{\gamma}_{yxl}, \tau_{xzl} = 2e^{\frac{Gt}{2\eta(1+\nu)}} \eta(1+\nu)\dot{\gamma}_{xzl},$$

где $G = E/(2(1+\nu))$ – модуль упругости сдвиговых деформаций, η – коэффициент вязкости сдвиговых деформаций, E – модуль упругости линейных деформаций, G – модуль сдвига, ν – коэффициент Пуассона.

Из-за громоздкости полученных выражений, в статье они не приводятся, а графическая интерпретация компонент напряжений приведена на рисунках 1 и 2.

Анализируя зависимости изменения компонент напряжений (рис. 1, 2), следует отметить, что возрастание модулей упругости E и вязкости η приводят к увеличению всех компонент напряжений. Увеличение поступательной скорости перемещения лемеха V_m ведет к линейному возрастанию компонент напряжений, которое проявляется более существенно с возрастанием модуля вязкости почвы. Влияние углов наклона нормали к поверхности лемеха аналогично такому, которое проявляется для компонент скоростей деформаций.

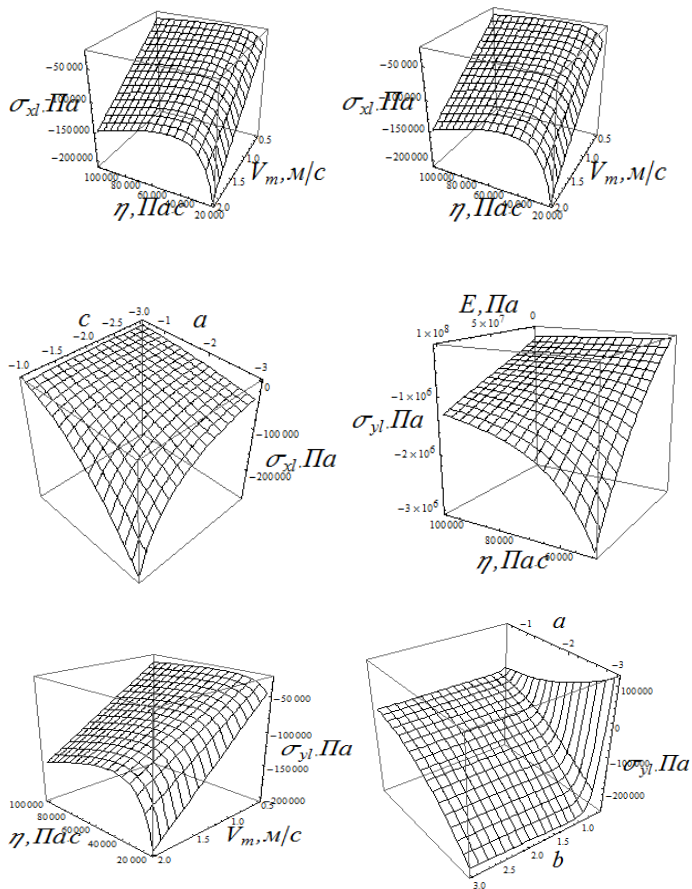


Рис. 1 – Графики зависимостей компонент нормальных напряжений σ_{xl}, σ_{yl} от свойств почвы E, η , скорости перемещения лемеха V_m и коэффициентов a, b, c уравнения его плоскости

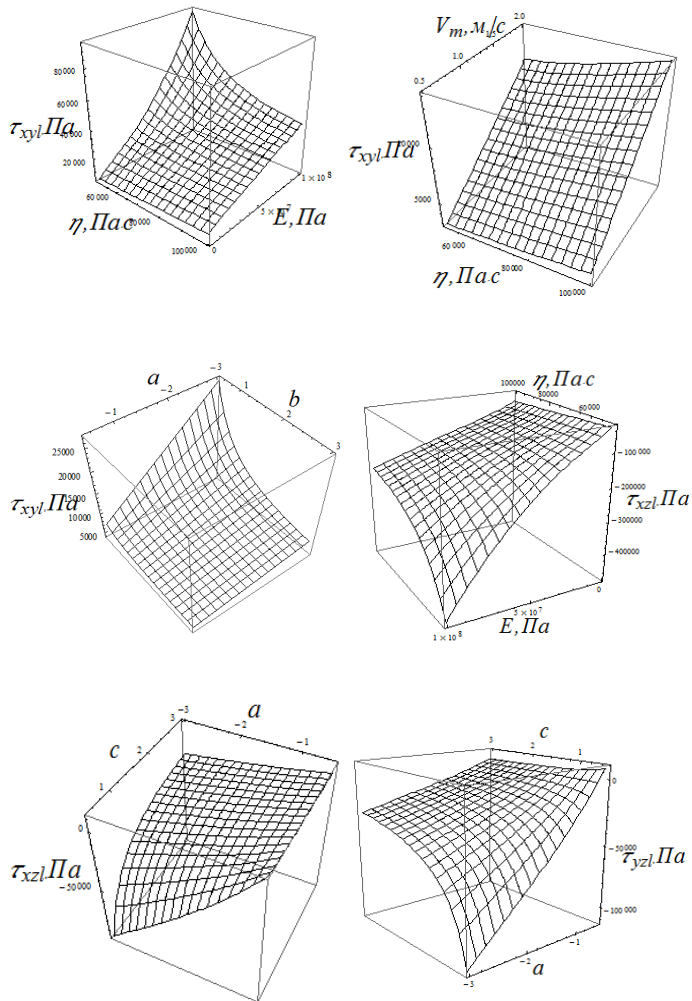


Рис. 2 – Графики зависимостей компонент касательных напряжений τ_{xyi} , τ_{xzl} , τ_{yzl} от свойств почвы E, η , скорости V_m перемещения лемеха и коэффициентов a, b, c уравнения его плоскости

Под воздействием изменения напряженно-деформированного состояния почвы (грунта) на границе контакта с рабочим органом происходят изменения плотности самой почвы (грунта). Наиболее известными регрессионными зависимостями, которые связывают изменения плотности почвы с изменением напряжений, являются выражения [4, 5]:

$$BVW = m \ln \left[\sqrt{\sigma_{ml}^2 + \tau_{ml}^2} \right] + n \left(\frac{\tau_{ml}}{\sigma_{ml}} \right) + b; \rho_l = \rho_0 + b \ln[\sigma_{ml}(1 + \tau_{ml})], \quad (2)$$

где BVW – изменение объема почвы, отнесенного к массе $[M^3/кг]$, ρ_l – конечная плотность почвы $[кг/М^3]$, ρ_0 – начальная плотность почвы, σ_{ml} – среднее или гидростатическое напряжение в рассматриваемом объеме, τ_{ml} – максимальное касательное напряжение в рассматриваемом объеме, m, n, b – эмпирические коэффициенты, которые характерны для определенного типа почвы при различных влажностях и подлежат экспериментальному определению.

Величина гидростатического напряжения определяется как $\sigma_{mk} = (\sigma_{xl} + \sigma_{zl} + \sigma_{yl})/3$, а величина максимального касательного напряжения для прикладных решений, согласно результатам исследований Новожилова [6], может быть представлена среднеквадратическим компонент касательных напряжений в виде:

$\tau_{ml} = \sqrt{(\tau_{xyl}^2 + \tau_{xzl}^2 + \tau_{yxl}^2)}/3$. Зависимости величин гидростатических и наибольших касательных напряжений от свойств почвы и параметров лемеха приведены на рисунке 3. Используя второе из выражений (2) и учитывая то, что для конкретной почвы при определенном ее состоянии величина $b = const$, с использованием вышеизложенных результатов можно построить зависимости изменения плотности почвы от ее механических свойств, геометрических параметров лемеха и скорости его движения. Сами зависимости в конечном виде не могут быть приведены в пределах публикации, а графическая интерпретация этих зависимостей представлена на рисунке 4.

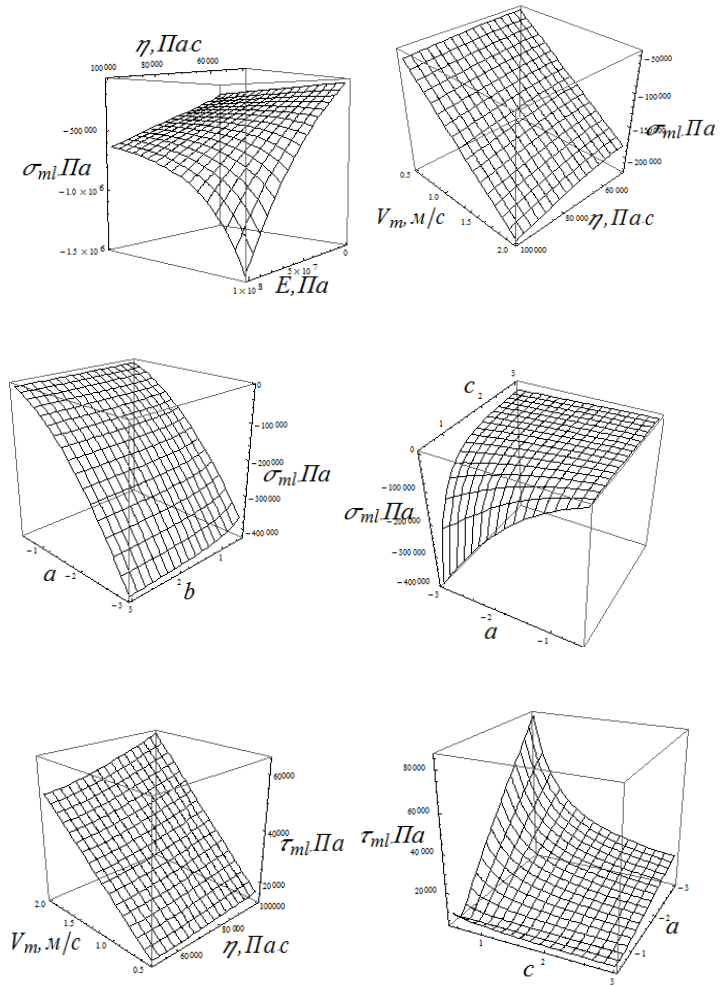


Рис. 3 – Графики зависимостей гидростатических и наибольших касательных напряжений σ_{ml}, τ_{ml} почвы от ее свойств E, η скорости V_m перемещения лемеха и коэффициентов a, b, c уравнения его плоскости

Распределения компонент давлений почвы (грунта) на поверхность лемеха могут быть определены из условий равновесия на поверхности:

$$dF_{xl} = \sigma_{xl}l_l + \tau_{xyl}m_l + \tau_{xzl}n_l; dF_{yl} = \tau_{xyl}l_l + \sigma_{yl}m_l + \tau_{yzl}n_l;$$

$$dF_{zl} = \tau_{xzl}l_l + \tau_{yzl}m_l + \sigma_{zl}n_l, \quad (3)$$

где $dF_{xl}, dF_{yl}, dF_{zl}$ – проекции на соответствующие оси координат компонент давлений почвы на поверхность кротователя, l_l, m_l, n_l – направляющие косинусы нормали к поверхности рабочего органа.

Интегрирование выражений (3) по проекциям, перпендикулярным соответствующим индексам компонент давлений, дает величины сил сопротивления движению кротователя в почве (грунте):

$$F_{xl} = \int_{-r}^r \int_0^B dF_{xl} d\eta_l d\zeta_l; F_{yl} = \int_{-r}^r \int_0^{L_l} dF_{yl} d\xi_l d\zeta_l; dF_{zl} = \int_0^B \int_0^{L_l} dF_{zl} d\xi_l d\eta_l, \quad (4)$$

где $-r, r; B; L_l$ -- проекции геометрических размеров лемеха на оси oz, oy, ox , соответственно.

Зависимости (4) в конечном виде не могут быть приведены в пределах публикации (вследствие их громоздкости), а графическая интерпретация этих зависимостей представлена на рисунках 5, 6, 7.

Суммарное сопротивление перемещению лемешной части рабочего органа в почве состоит из составляющей сопротивления почвы F_{xl} и сил трения по поверхности лемеха, спроектированных на направление движения. Тогда общая сила сопротивления движению выразится следующим образом:

$$F_{xt} = F_{xl} + \left(\sqrt{(F_{yl} m_l)^2 + (F_{zl} n_l)^2} \right) \operatorname{tg} \psi, \quad (5)$$

где ψ – угол внешнего трения почвы по материалу поверхности лемеха.

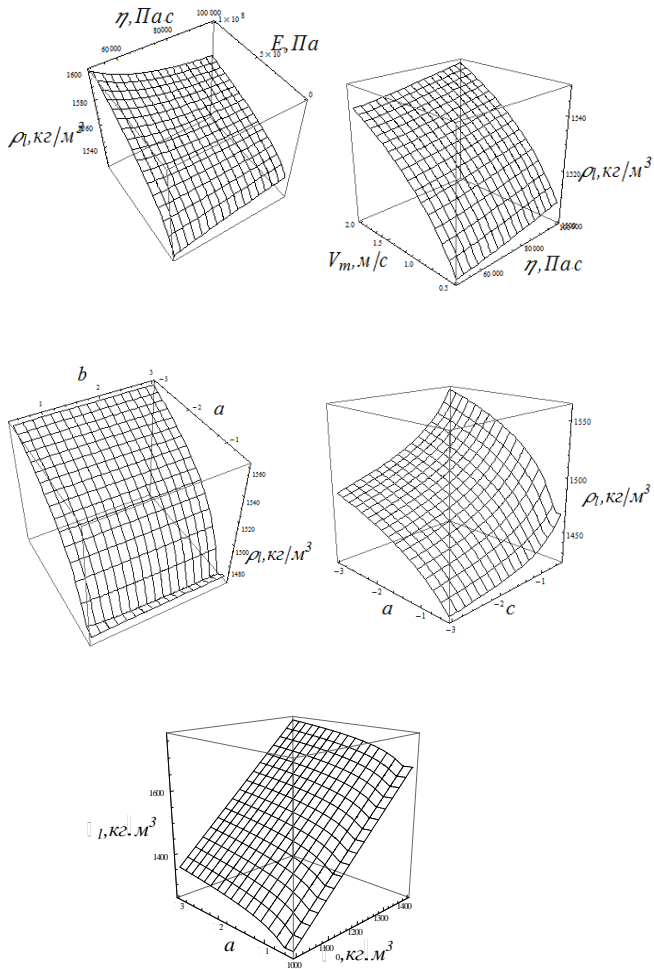


Рис. 4— Графики зависимостей изменения плотности почвы ρ_1 в зоне контакта с лемехом от ее свойств E, η , скорости V_m перемещения лемеха и коэффициентов a, b, c уравнения его плоскости

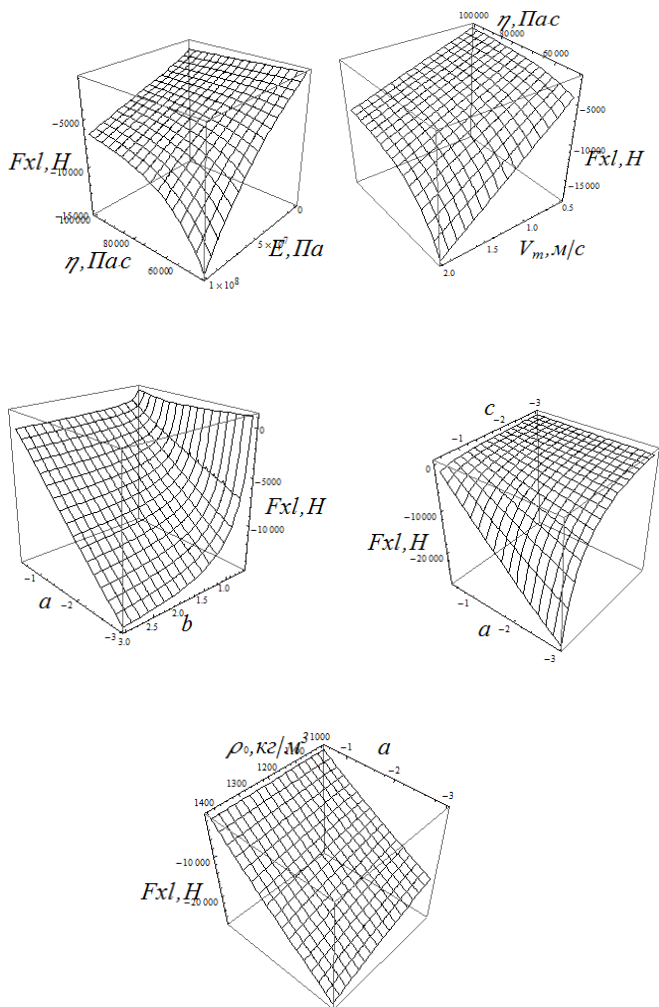


Рис. 5 – Графики зависимостей сопротивления движению лемеха F_{xl} в направлении поступательного движения рабочего органа от свойств почвы E, η , скорости V_m перемещения лемеха и коэффициентов a, b, c уравнения его плоскости

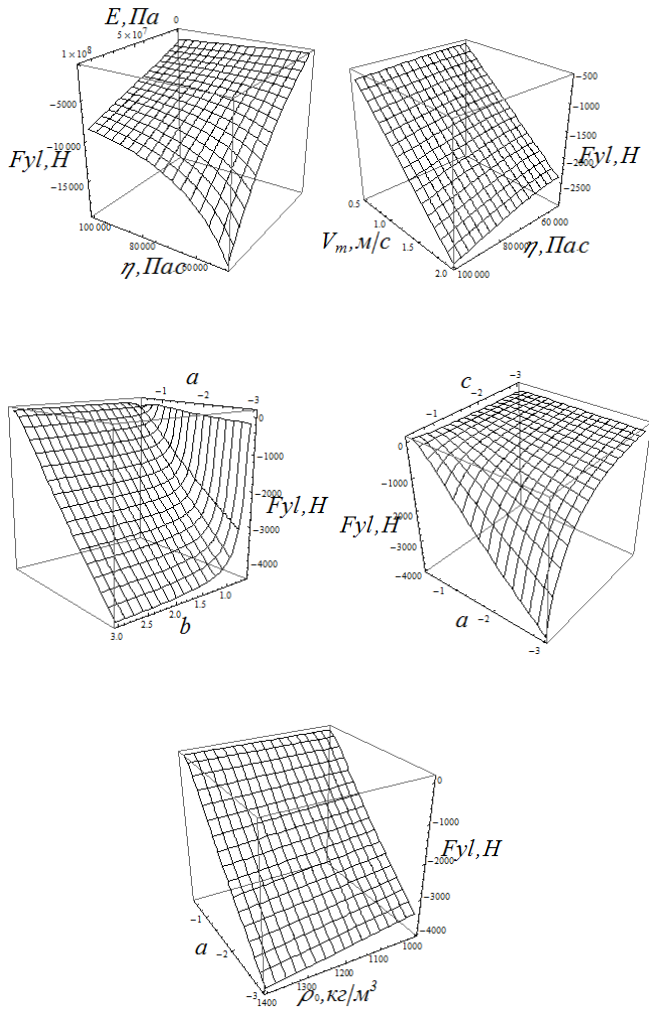


Рис. 6– Графики зависимостей сопротивления движению лемеха F_{yl} в горизонтально-поперечном направлении от свойств почвы E, η , скорости V_m перемещения лемеха и коэффициентов a, b, c уравнения его плоскости

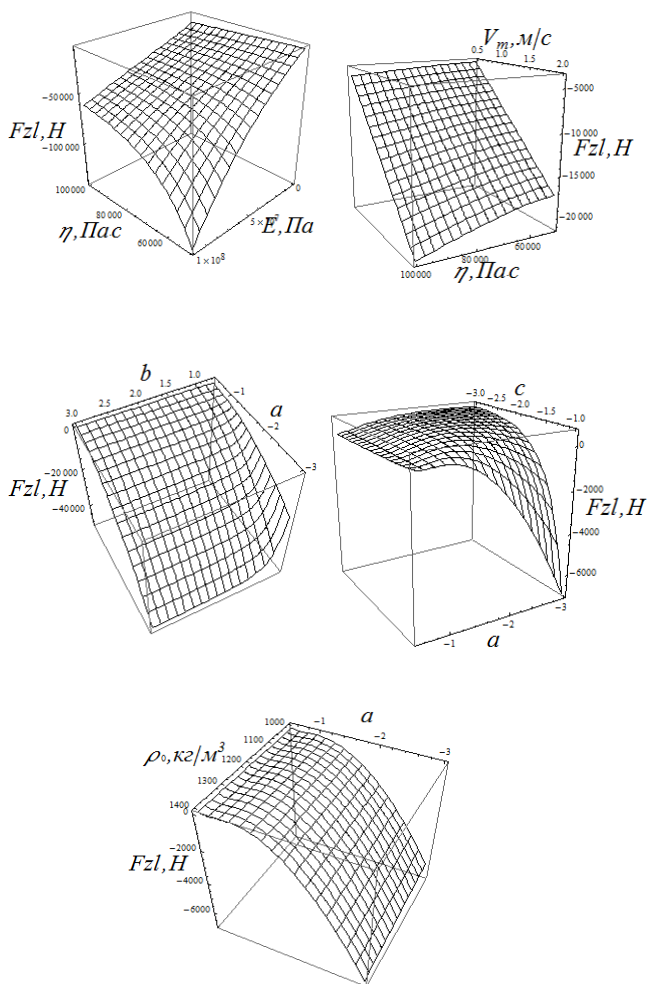


Рис. 7 – Графики зависимостей сопротивления движению лемеха F_{zl} в вертикальном направлении от свойств почвы E, η , скорости V_m перемещения лемеха и коэффициентов a, b, c уравнения его плоскости

Графически зависимости общего сопротивления движению и изменение плотности почвы для величин коэффициентов плоскости, близким к рациональным, представлены на рисунке 8.

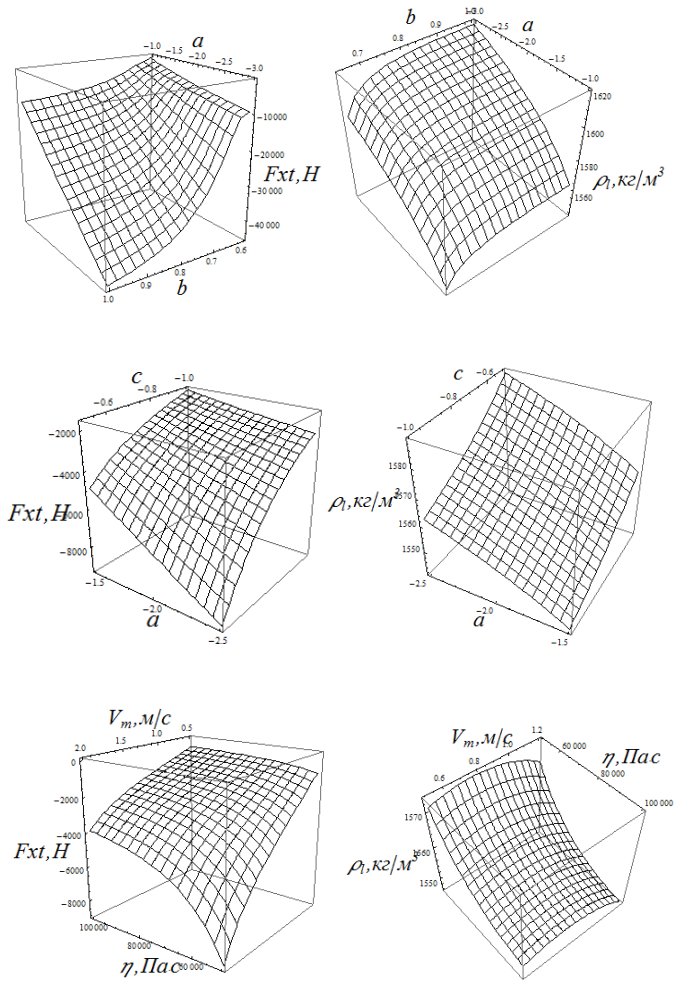


Рис. 8— Графики зависимостей сопротивления движению лемеха F_{xt} в направлении перемещения рабочего органа и изменения плотности почвы ρ_1 от модуля вязкости почвы η , скорости V_m перемещения лемеха и коэффициентов a, b, c уравнения его плоскости

Основным изменением, достигаемым при работе лемеха, должно быть уплотнение почвы для того, чтобы в ней сохранялось пространство для протяжки экрана. При этом плотность почвы должна возрастать. Поскольку на механические свойства почвы влияния оказать нельзя, то достигнуть ее максимального уплотнения можно изменением углов наклона нормали к поверхности лемеха по отношению к осям координат почвенного пространства и изменением скорости поступательного движения рабочего органа.

Анализируя влияние коэффициентов уравнения плоскости a, b, c на изменение плотности почвы (рис. 4), следует отметить, что коэффициент наклона b не оказывает влияния на изменение плотности почвы ρ_t , а увеличение коэффициента a приводит к возрастанию плотности почвы в зоне контакта. Аналогично, уменьшение коэффициента c приводит к возрастанию плотности почвы. К возрастанию плотности ведет и увеличение скорости поступательного движения рабочего органа V_m . Вместе с тем, следует принимать во внимание и изменение составляющих сил сопротивления движению рабочего органа (рис. 5, 6, 7). Итак, увеличение скорости движения V_m , уменьшение коэффициента c и увеличение коэффициента a , приводят к возрастанию сил сопротивления движению рабочего органа. То есть, для получения необходимого эффекта уплотненной стенки щели, которая обеспечит беспрепятственное протягивание экрана, необходимо затратить большие усилия.

Выводы. Таким образом, исследования показали, что для обеспечения беспрепятственной протяжки экрана (минимальное трение экрана о стенки щели) лемех может быть выполнен в виде плоскости с минимально возможными коэффициентами $b < 1$ и $c < -1$, при этом коэффициент $a \rightarrow -2$, с учетом геометрических размеров такой плоскости. При таких параметрах плоскость лемеха обеспечит максимально возможное уплотнение почвы при наименее возможном сопротивлении движению рабочего органа.

Литература

1. Akutneva, E.V. Primenenie vnutripochvennogo orosheniya v plodovodstve / E.V. Akutneva // International Scientific Journal Theoretical & Applied Science. – 2014. – Issue: 10. – Vol. 18. – Published: 30.10.2014. – <http://www.T-Science.org>
2. Багиров, И.З. Исследование деформации и сопротивлений грунта с клином при различных скоростях / И.З. Багиров. Автореф. дис... канд.техн.наук./ Минск. ВНИИ земледелия, 1963.- 24 с.

3. Ковбаса, В.П. Механіко-технологічне обґрунтування оптимізації взаємодії робочих органів з ґрунтом: дис.... докт. техн. наук: 05.05.11 / В. П. Ковбаса. – К., 2006. – 299 с.
4. Кулен, А. Современная земледельческая механика / А. Кулен, Х. Куиперс. – М.: Агропромиздат, 1986. – 349 с.
5. Кушнарєв, А.С. Механико-технологические основы процесса воздействия рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий на почву / А.С. Кушнарєв. – дис. докт. техн. наук: 05.20.01. – Мелитополь, 1980. – 329 с.
6. Новожилов, В. В. Вопросы механики сплошной среды / В. В. Новожилов. – Л.: Судостроение, 1989. – 400 с.
7. Соколовский, В.В. Статика сыпучей среды / В.В. Соколовский. – М.: Изд-во физ.-мат. литературы, 1960. – 240 с.
8. Хайдер Раад Надим Аль-Хазаали. О взаимодействии рабочего органа с почвой для образования кротовины / Хайдер Раад Надим Аль-Хазаали, В. П. Ковбаса // Науковий вісник НЛТУ України: Зб. Наук.-техн. праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. –2016. – Вип. 26.08. С. 347-355.
9. Хайдер Раад Надим Аль-Хазаали. О динамических характеристиках и уплотнении почвы под воздействием кротователя / Хайдер Раад Надим Аль-Хазаали, В.П. Ковбаса // Науковий вісник НЛТУ України: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2017. – Вип. 27.1. С. 206-211.

УДК 631.3: 631.674

©В.П. Ковбаса, д.т.н., Хайдер Раад Надим Аль-Хазаали
Национальный университет биоресурсов и природопользования
Украины

КИНЕМАТИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛЕМЕХА КРОВОТАТЕЛЯ С ПОЧВОЙ ПРИ ОБРАЗОВАНИИ ПОЛОСТИ ДЛЯ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОГО ЭКРАНА

В статье приводятся результаты исследований взаимодействия лемешной части кротователя с почвой по определению компонент скоростей деформаций почвы, представленной в виде упруго-вязкой модели, на поверхности контакта лемеха с почвой. Эти выражения являются исходными для

дальнейшего определения компонент напряжений в почве, которые позволяют определить уплотнение почвы на стенках образованной полости для протягивания противодиффузионного экрана и составляющие сил сопротивления движению лемеха.

Постановка проблемы. Для сохранения влаги (уменьшения проникновения воды в глубокие слои почвы) и лучшего распространения ее в горизонтальном направлении при внутрпочвенном орошении сельскохозяйственных растений возникает необходимость укладки увлажнителей совместно с противодиффузионным экраном [1]. При этом для образования полости, в которой должен быть уложен экран способом протяжки, возможно использование лемешного рабочего органа, обоснование геометрических параметров и режимов работы которого является актуальной научной задачей.

Анализ последних исследований и публикаций [2-7] показывает, что для решения данной задачи необходима формализация почвы, как среды, на которую направлено действие рабочего органа, а также формализация взаимодействия самого рабочего органа с почвой. Чаще всего используются модели, больше напоминающие взаимодействие с абсолютно твердым телом, или модели, используемые в классической теории механики грунтов, которые основаны на механике сыпучих сред [8]. Кроме того, при построении моделей взаимодействия используются либо одномерные модели, либо в лучшем случае плоские решения, которые не всегда отображают реальный процесс изменений свойств почвы (грунта) под действием рабочего органа [6, 7].

При этом следует отметить, что плотность почвы под воздействием рабочего органа изменяется в функции изменения всех шести компонент деформаций или напряжений, что не может быть отображено в плоской постановке задачи, а тем более – в одномерной. Кроме того, такие постановки задачи не позволяют определить все три составляющие сопротивления движению рабочего органа в почве. Поэтому задача о взаимодействии рабочего органа с почвой в трехмерной постановке с установлением взаимосвязи геометрических параметров и режимов работы самого рабочего органа и изменением свойств почвы, а также компонент тягового сопротивления является актуальной и требует решения.

В связи с этим **целью исследования** является определение скоростей относительных деформаций в зоне контакта лемеха кротователя с почвой в зависимости от его геометрических и кинематических параметров.

Результаты исследования. Для образования полости, в которой должен быть уложен экран методом протяжки, может быть использован лемешный рабочий орган, схема движения которого представлена на рисунке 1.

Метод построения решения относительно уплотнения стенок полости аналогичен рассмотренному раньше методу для конусного кротователя [9].

Уравнение рабочей части поверхности лемеха в системе координат $\xi\eta\zeta$ idem $xуz$ имеет вид уравнения плоскости:

$$f_l = \frac{\xi}{a} + \frac{r-\eta}{b} + \frac{(r/2)-\zeta}{c} = 0$$

где a, b, c – коэффициенты, определяющие наклон плоскости к соответствующим осям координат $o\xi, o\eta, o\zeta$, r – радиус основания конусного кротователя. Введение последнего в уравнение определяет, смещения центра плоскости к началу координат в направлении оси $o\zeta$

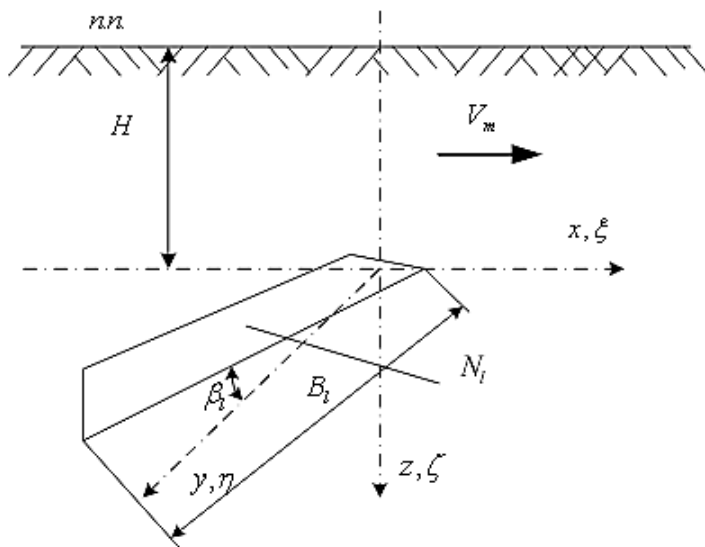


Рис. 1 – Схема движения лемеха кротователя

Косинусы углов наклона нормали к поверхности к осям координат выразятся зависимостями:

$$l_i = \frac{\partial f_i / \partial \xi}{\sqrt{(\partial f_i / \partial \xi)^2 + (\partial f_i / \partial \eta)^2 + (\partial f_i / \partial \zeta)^2}} = 1 / \left(a \sqrt{\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} + \frac{1}{c^2}} \right);$$

$$m_i = \frac{\partial f_i / \partial \eta}{\sqrt{(\partial f_i / \partial \xi)^2 + (\partial f_i / \partial \eta)^2 + (\partial f_i / \partial \zeta)^2}} = -1 / \left(b \sqrt{\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} + \frac{1}{c^2}} \right);$$

$$n_i = \frac{\partial f_i / \partial \zeta}{\sqrt{(\partial f_i / \partial \xi)^2 + (\partial f_i / \partial \eta)^2 + (\partial f_i / \partial \zeta)^2}} = -1 / \left(c \sqrt{\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} + \frac{1}{c^2}} \right).$$

Скорости перемещений почвы на поверхности лемеха определяются аналогично тому, как это производилось для конусного кротователя [9], на основании того, что проекция скорости на нормаль к поверхности лемеха имеет вид $V_{Nl} = V_m / l_i$:

$$v_{i0} = V_{nl} m_i = -a V_m / b; w_{i0} = V_{nl} n_i = -a V_m / c; u_{i0} = V_{nl} l_i = V_m.$$

Аналитические решения для контактных задач возможны только в упругой или упруго-вязкой постановке. Причем эти решения допускаются лишь для случая, когда при последовательных подстановках геометрических уравнений в физические уравнения связи напряжений с деформациями и дальнейшая подстановка полученных компонент напряжений в уравнение статики (динамики) сплошной среды приведет к получению уравнений эллиптического типа. В таком случае решение может быть найдено при использовании бигармонических потенциальных функций, которые удовлетворяют условиям на поверхности контакта тела (система координат ξ, η, ζ) и среды, с которой оно взаимодействует (система координат x, y, z), т.е. при $x - \xi = 0, y - \eta = 0, z - \zeta = 0$ компоненты скоростей (перемещений) равны их начальным значениям. Для нашего случая это означает, что компоненты скоростей для лемеха имеют вид:

$$u_i \Big|_{x-\xi=0, y-\eta=0, z-\zeta=0} = u_{i0}, \quad v_i \Big|_{x-\xi=0, y-\eta=0, z-\zeta=0} = v_{i0}, \quad w_i \Big|_{x-\xi=0, y-\eta=0, z-\zeta=0} = w_{i0}.$$

Второе условие, которому должны удовлетворять бигармонические потенциальные функции для определения компонент скоростей, имеет вид:

$$u_i \Big|_{x-\xi=\infty, y-\eta=\infty, z-\zeta=\infty} \rightarrow 0, \quad v_i \Big|_{x-\xi=\infty, y-\eta=\infty, z-\zeta=\infty} \rightarrow 0,$$

$$w_i \Big|_{x-\xi=\infty, y-\eta=\infty, z-\zeta=\infty} \rightarrow 0.$$

Такие бигармонические потенциальные функции, согласно [10] имеют вид:

$$u_i = \iiint_{r-r}^B \frac{a_0 u_{i0} (x - \xi_i + \delta)}{((x - \xi_i + \delta)^2 + (y - \eta_i + \delta)^2 + (z - \zeta_i + \delta)^2)^{3/2}} d\zeta_i d\eta_i;$$

$$v_k = \int_{-r}^r \int_0^{L_k} \frac{a_0 v_{l0} (y - \eta_k + \delta)}{((x - \xi_l + \delta)^2 + (y - \eta_l + \delta)^2 + (z - \zeta_l + \delta)^2)^{3/2}} d\xi_l d\zeta_l; \quad (1)$$

$$w_l = \int_0^{BL_l} \int_{-r}^r \frac{a_0 w_{l0} (z - \zeta_l + \delta)}{((x - \xi_l + \delta)^2 + (y - \eta_l + \delta)^2 + (z - \zeta_l + \delta)^2)^{3/2}} d\xi_l d\eta_l,$$

где $L_l = -B \cos(1/a)$ – проекция длины лемеха в направлении оси $o\xi$,
 B – проекция длины лемеха в направлении оси $o\eta$,
 $a_0 = \frac{1}{\pi} \frac{4}{\text{Log}[-\delta + \sqrt{3}\sqrt{\delta^2}] - \text{Log}[\delta + \sqrt{3}\sqrt{\delta^2}]}$ – коэффициент,

обеспечивающий выполнение начальных условий при введении малой величины δ , которая устраняет сингулярность выражений (1). Бигармонические потенциальные функции должны удовлетворяют уравнению $\Delta^2 f = 0$, где Δ – оператор Лапласа, $f = \{u_l, v_l, w_l\}$.

В связи со сложностью интегрирования уравнений (1), которые представляют собой компоненты скоростей перемещений почвы (грунта) в пространстве перед рабочим органом, в общем виде можно решать задачу о нахождении распространения скоростей перемещений, скоростей относительных деформаций, компонент напряжений в дифференциальном виде, как это было предложено в [5, 9]. Суть метода состоит в том, что для нахождения компонент скоростей деформаций предполагается дифференцирование уравнений (1), согласно геометрических уравнений (уравнений Коши) теории сплошных сред.

Для этого можно преобразовать уравнения (1) таким образом, что в результате будут получены компоненты дифференциальных составляющих компонент скоростей смещений почвы (грунта) перед рабочим органом:

$$\begin{aligned} du_l &= \frac{d^2}{d\eta_l d\zeta_l} \int_{-r}^r \int_0^{BL_l} \frac{a_0 u_{l0} (x - \xi_l + \delta)}{((x - \xi_l + \delta)^2 + (y - \eta_l + \delta)^2 + (z - \zeta_l + \delta)^2)^{3/2}} d\xi_l d\eta_l = \\ &= \frac{15 a_0 V_m (z + \delta - \zeta_l)(y + \delta - \eta_l)(x + \delta - \xi_l)}{((z + \delta - \zeta_l)^2 + (y + \delta - \eta_l)^2 + (x + \delta - \xi_l)^2)^{7/2}}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 dv_l &= \frac{d^2}{d\zeta_l d\xi_l} \int_{-r_0}^{r_{L_l}} \frac{a_0 v_{l0}(y - \eta_l + \delta)}{((x - \xi_l + \delta)^2 + (y - \eta_l + \delta)^2 + (z - \zeta_l + \delta)^2)^{3/2}} d\xi_l d\zeta_l = \\
 &= -\frac{15a a_0 V_m (z + \delta - \zeta_l)(y + \delta - \eta_l)(x + \delta - \xi_l)}{b((z + \delta - \zeta_l)^2 + (y + \delta - \eta_l)^2 + (x + \delta - \xi_l)^2)^{7/2}}; \\
 dw_l &= \frac{d^2}{d\eta_l d\zeta_l} \int_{r_0}^{B_{L_l}} \frac{a_0 w_{l0}(z - \zeta_l + \delta)}{((x - \xi_l + \delta)^2 + (y - \eta_l + \delta)^2 + (z - \zeta_l + \delta)^2)^{3/2}} d\xi_l d\eta_l = \\
 &= -\frac{15a a_0 V_m (z + \delta - \zeta_l)(y + \delta - \eta_l)(x + \delta - \xi_l)}{c((z + \delta - \zeta_l)^2 + (y + \delta - \eta_l)^2 + (x + \delta - \xi_l)^2)^{7/2}}. \quad (2)
 \end{aligned}$$

Из уравнений (2) можно получить дифференциальные компоненты скоростей деформаций почвы (грунта), используя геометрические уравнения (уравнения Коши):

$$\begin{aligned}
 d\dot{\epsilon}_{xl} &= \frac{d}{dx} du_l = \frac{15a_0 V_m (z + \delta - \zeta_l)(y + \delta - \eta_l)((z + \delta - \zeta_l)^2 + (y + \delta - \eta_l)^2 - 6(x + \delta - \xi_l)^2)}{((z + \delta - \zeta_l)^2 + (y + \delta - \eta_l)^2 + (x + \delta - \xi_l)^2)^{9/2}}; \\
 d\dot{\epsilon}_{yl} &= \frac{d}{dy} dv_l = \frac{105a a_0 V_m (z + \delta - \zeta_l)^2 (y + \delta - \eta_l)(x + \delta - \xi_l)}{c((z + \delta - \zeta_l)^2 + (y + \delta - \eta_l)^2 + (x + \delta - \xi_l)^2)^{9/2}} - \\
 &\quad - \frac{15a a_0 V_m (y + \delta - \eta_l)(x + \delta - \xi_l)}{c((z + \delta - \zeta_l)^2 + (y + \delta - \eta_l)^2 + (x + \delta - \xi_l)^2)^{7/2}};
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d\dot{\epsilon}_{zl} &= \frac{d}{dz} dw_l = 15a_0 V_m (\delta - \zeta_l + z) \times \\
 &\quad \times \left(\frac{7a(\delta - \xi_l + x)^2(\delta - \eta_l + y)}{b} - \frac{a(\delta - \eta_l + y)((\delta - \xi_l + x)^2 + (\delta - \eta_l + y)^2 + (\delta - \zeta_l + z)^2)}{b} - \right. \\
 &\quad \left. \frac{-7(\delta - \xi_l + x)(\delta - \eta_l + y)^2 + (\delta - \xi_l + x)((\delta - \xi_l + x)^2 + (\delta - \eta_l + y)^2 + (\delta - \zeta_l + z)^2)}{((\delta - \xi_l + x)^2 + (\delta - \eta_l + y)^2 + (\delta - \zeta_l + z)^2)^{9/2}} \right); \quad (3)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d\dot{\gamma}_{xyl} &= \frac{d}{dy} du_l + \frac{d}{dx} dv_l = 15a_0 V_m (\delta - \zeta_l + z) \times \\
 &\quad \times \left(\frac{7a(\delta - \xi_l + x)^2(\delta - \eta_l + y)}{b} - \frac{a(\delta - \eta_l + y)((\delta - \xi_l + x)^2 + (\delta - \eta_l + y)^2 + (\delta - \zeta_l + z)^2)}{b} - \right. \\
 &\quad \left. \frac{-7(\delta - \xi_l + x)(\delta - \eta_l + y)^2 + (\delta - \xi_l + x)((\delta - \xi_l + x)^2 + (\delta - \eta_l + y)^2 + (\delta - \zeta_l + z)^2)}{((\delta - \xi_l + x)^2 + (\delta - \eta_l + y)^2 + (\delta - \zeta_l + z)^2)^{9/2}} \right);
 \end{aligned}$$

$$d\dot{\gamma}_{xz} = \frac{d}{dz} du_1 + \frac{d}{dx} dw_1 = 15a_0 V_m (\delta - \eta_1 + y) \times \left[\frac{a(\delta - \zeta_1 + z)((\delta - \xi_1 + x)^2 + (\delta - \eta_1 + y)^2 + (\delta - \zeta_1 + z)^2)}{c} + \frac{7a(\delta - \xi_1 + x)(\delta - \zeta_1 + z)}{c} + \frac{(\delta - \xi_1 + x)((\delta - \xi_1 + x)^2 + (\delta - \eta_1 + y)^2 + (\delta - \zeta_1 + z)^2) - 7(\delta - \xi_1 + x)(\delta - \zeta_1 + z)^2}{((\delta - \xi_1 + x)^2 + (\delta - \eta_1 + y)^2 + (\delta - \zeta_1 + z)^2)^{9/2}} \right];$$

где $d\dot{\epsilon}_{xz}$, $d\dot{\epsilon}_{yl}$, $d\dot{\epsilon}_{zl}$, $d\dot{\gamma}_{xyl}$, $d\dot{\gamma}_{xz}$, $d\dot{\gamma}_{yz}$ – компоненты дифференциальных составляющих скоростей относительных нормальных и сдвиговых деформаций почвы перед лемехом.

Для понимания характера воздействия рабочего органа в зоне непосредственного контакта с почвой (грунтом), а именно его геометрических форм и размеров, на изменения компонент относительных деформаций выражения можно проинтегрировать (3), согласно выражениям (1). При этом следует учитывать то, что анализу подлежит зона непосредственного контакта, а именно условия: $\{\zeta_1 - z = 0, \eta_1 - y = 0, \xi_1 - x = 0\}$. Это существенно упрощает выражения (3). К сожалению, в развернутом виде привести конечные выражения компонент скоростей деформаций $\dot{\epsilon}_{xz}$, $\dot{\epsilon}_{yl}$, $\dot{\epsilon}_{zl}$, $\dot{\gamma}_{xyl}$, $\dot{\gamma}_{xz}$, $\dot{\gamma}_{yz}$, в пределах статьи не представляется возможным из-за громоздкости конечных выражений. Графическая интерпретация этих выражений представлена на рисунках 2 и 3.

Анализ показал, что влияние коэффициентов уравнения плоскости a, b, c на изменение нормальных компонент (рис. 2) скоростей деформаций характеризуется следующими зависимостями:

1) уменьшение угла наклона a поверхности к продольной в отношении направления движения оси ведет к возрастанию скоростей нормальных деформаций $\dot{\epsilon}_{xz}, \dot{\epsilon}_{zl}$ (сжатие) и уменьшению поперечной к направлению движения нормальной скорости деформации $\dot{\epsilon}_{yl}$.

2) изменение наклона нормали к плоскости к оси ou , поперечной направлению движения b , ведет к уменьшению компонент скоростей деформаций $\dot{\epsilon}_{xz}, \dot{\epsilon}_{zl}$ и при очень малых его значениях – к уменьшению составляющей $\dot{\epsilon}_{zl}$; с увеличением наклона нормали к плоскости к оси oz (величина c) уменьшаются компоненты скоростей деформаций $\dot{\epsilon}_{xz}, \dot{\epsilon}_{zl}$, а компонента $\dot{\epsilon}_{yl}$ остается неизменной.

Следует отметить, что уменьшение угла наклона нормали к плоскости a ведет к уменьшению всех трех компонент скоростей

сдвиговых деформаций $\dot{\gamma}_{xyl}, \dot{\gamma}_{xzl}, \dot{\gamma}_{yzl}$; увеличение угла наклона нормали к плоскости c – к уменьшению $\dot{\gamma}_{xzl}, \dot{\gamma}_{yzl}$, при этом $\dot{\gamma}_{xyl}$ остается неизменным. Уменьшение величины b приводит к увеличению компонент $\dot{\gamma}_{xyl}, \dot{\gamma}_{yzl}$ и не влияет на изменение $\dot{\gamma}_{xzl}$ (рис. 3).

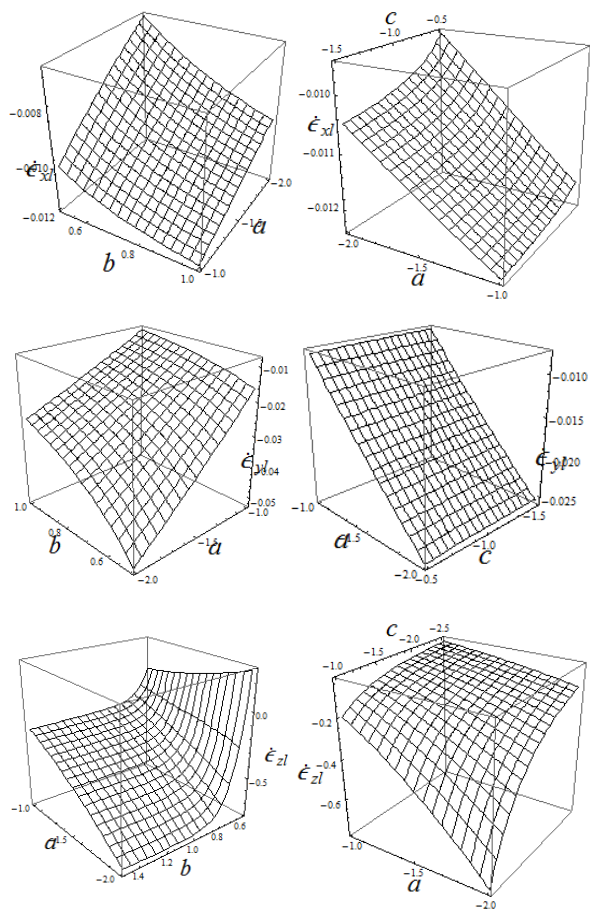


Рис. 2 – Графики нормальных компонент скоростей относительных нормальных деформаций почвы $\dot{\epsilon}_{xl}, \dot{\epsilon}_{yl}, \dot{\epsilon}_{zl}$, в зависимости от коэффициентов a, b, c уравнения плоскости

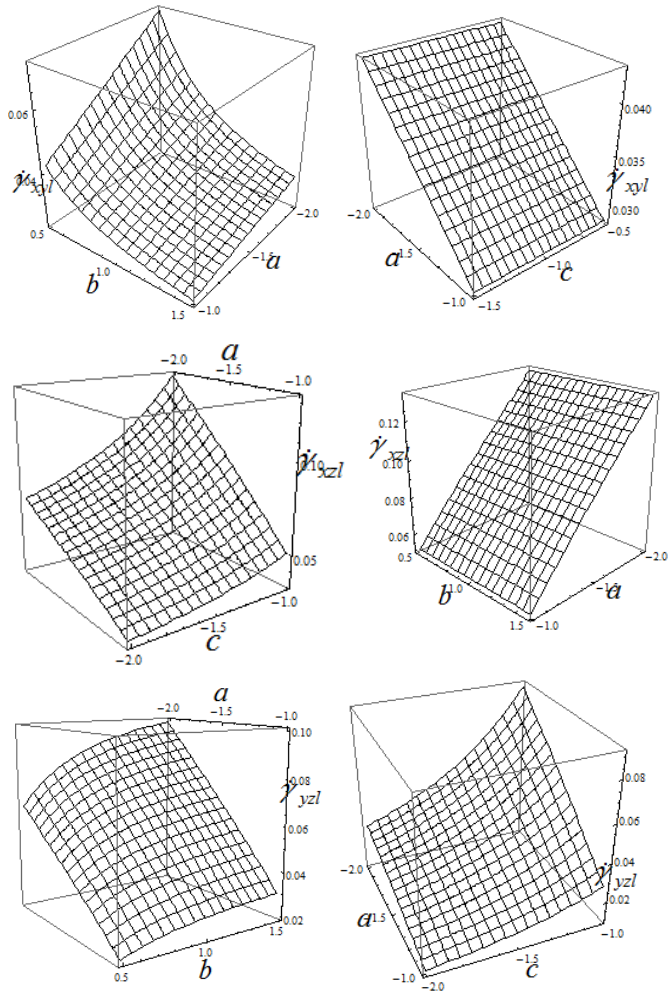


Рис. 3— Графики касательных (сдвиговых) компонент скоростей относительных деформаций почвы $\dot{\gamma}_{xyl}, \dot{\gamma}_{xzl}, \dot{\gamma}_{yzl}$, в зависимости от коэффициентов a, b, c уравнения плоскости

Выводы. В результате проведенного анализа получены компоненты скоростей относительных деформаций почвы на поверхности контакта с лемехом кротователя. Эти выражения являются исходными для дальнейшего определения компонент

напряжений в почве, которые позволяют определить уплотнение почвы на стенках образованной полости для протягивания противофльтрационного экрана и составляющие сил сопротивления перемещению этого рабочего органа.

Литература

1. Akutneva, E.V. Primenenie vnutripochvennogo orosheniya v plodovodstve / E.V. Akutneva // International Scientific Journal Theoretical & Applied Science. – 2014. – Issue: 10. – Vol. 18. – Published: 30.10.2014. – <http://www.T-Science.org>
2. Багиров, И.З. Исследование деформации и сопротивлений грунта с клином при различных скоростях / И.З. Багиров. Автореф. дис... канд.техн.наук./ Минск. ВНИИ земледелия, 1963.- 24 с.
3. Вялов, С.С. Реологические основы механики грунтов / С.С. Вялов. – М.: Высш. школа, 1978 – 447 с.
4. Джонсон, У. Теория пластичности для инженеров / У. Джонсон, П. Меллор. – Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1979. – 568 с.
5. Ковбаса, В.П. Про подолання труднощів при вирішенні контактних задач пружності / В.П. Ковбаса, В.П. Курка, Алі Ахмед Кадем // Сільськогосподарські машини: 36. наук. ст. – Вип. 32. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2015. – С. 79-86.
6. Кулен, А. Современная земледельческая механика / А. Кулен, Х. Куиперс. – М.: Агропромиздат, 1986. – 349 с.
7. Кушнарв, А.С. Механико-технологические основы процесса воздействия рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий на почву / А.С. Кушнарв. – дис. докт. техн. наук: 05.20.01. – Мелитополь, 1980. – 329 с.
8. Соколовский, В.В. Статика сыпучей среды / В.В. Соколовский. – М.: Изд-во физ.-мат. литературы, 1960. – 240 с.
9. Хайдер Раад Надим Аль-Хазаали. О взаимодействии рабочего органа с почвой для образования кротовины / Хайдер Раад Надим Аль-Хазаали, В.П. Ковбаса // Науковий вісник НЛТУ України: 36. Наук.-техн. праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. –2016. – Вип. 26.8. С. 347-355.
10. Лурье, А.И. Пространственные задачи теории упругости / А.И. Лурье. – М.: Гостехиздат, 1955. – 492 с.

УДК 633.521:631.172

© А. С. Лімонт, к. т. н.

Житомирський агротехнічний коледж

СТАТИСТИЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ПОСІВНИХ ЯКОСТЕЙ НАСІННЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ ЛЬОНОЗБИРАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

Узагальнені з урахуванням фаз стиглості результати наукових досліджень щодо маси 1000 шт. насінин льону-довгунця. Опрацьовані кореляційно-регресійні моделі енергії проростання і схожості насіння залежно від його абсолютної маси та визначений статистичний зв'язок схожості і енергії проростання насіння. Запропонована кусково-лінійна апроксимація кривих зміни посівних якостей насіння льону-довгунця і прогнозована організація льонозбирального процесу.

ЛЬОН-ДОВГУНЕЦЬ, ФАЗИ СТИГЛОСТІ, НАСІННЯ, ПОСІВНА ЯКІСТЬ, КУСКОВО-ЛІНІЙНА АПРОКСИМАЦІЯ, ЗБІРАННЯ.

Постановка проблеми. В льоносіючих підприємствах країн, що утворилися на теренах колишнього СРСР, збирання льону-довгунця здійснюють за так званою «звичайною» («традиційною») технологією або за механізованими технологіями (сноповою, роздільною і комбайновою) [1]. З метою поліпшення якості волокна і одержання насіння з кращими посівними якість науковці України, Росії і Білорусі певну частину посівів пропонують збирати за роздільною технологією у фазі ранньої жовтої стиглості, а решту – у пізніших фазах стиглості за комбайновою технологією. Поєднання в умовах одного підприємства з відповідним зрушенням в часі роздільного і комбайнового збирання визначає комбіновану технологію збирання льону-довгунця. Пропоновано [2] також використовувати на збиранні льону-довгунця і зернозбиральні комбайни. Впровадження механізованого збирання льону-довгунця можливо за умови вирощування вирівняного стеблостою [3]. Серед факторів, що визначають формування вирівняного перед збиранням стеблостою, чільне місце займає якість посівного матеріалу [4]. Посівну якість насіння формує низка природних, організаційних, технологічних і технічних факторів, серед яких слід виділити перш за все строки і способи збирання, що зумовлені фазами стиглості культури. Проте, в проблемі наукового забезпечення льонозбирального процесу, за якого можливо одержати насіння з належними посівними якість, поки що залишилася ще нез'ясованою низка питань. В пропонованому повідомленні і передбачено з'ясувати деякі з них.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Посівні якості насіння переважно оцінюють абсолютною масою (масою 1000 шт. насінин), енергією проростання та схожістю. Перелік дослідників, які вивчали абсолютну масу насіння льону-довгунця, наведений в публікаціях [5, 6]. За узагальненнями Л. Д. Фоменка висівати можна насіння виповненістю, що забезпечує масу 1000 шт. насінин не менше 4,2 г. Найменша абсолютна маса насіння властива збиранню культури у зелену фазу стиглості, дещо більша – у фазі ранньої жовтої стиглості. Одна група дослідників вважає, що найбільша абсолютна маса характерна збиранню льону-довгунця у фазі жовтої стиглості, друга – у фазі повної стиглості, а третя – вважає, що жовта і повна фази стиглості рівноцінні щодо впливу на абсолютну масу насіння. Розподіли абсолютної маси насіння за χ^2 -критерієм Пірсона на рівнях ймовірності 0,95–0,999 описуються нормальним законом. Середнє арифметичне значення вказаної ознаки у фазах стиглості зеленій, ранній жовтій, жовтій і повній становило відповідно 3,02 г, 4,35 та 4,61 і 4,78 г. Ймовірність одержання насіння з абсолютною масою в межах 4,2–6,0 г в зеленій фазі стиглості становила тільки 0,001, а в ранній жовтій – 0,60, жовтій – 0,73 і повній – 0,87.

Календарні дати або ж кількість днів чи тижнів від сівби чи цвітіння льону-довгунця до настання відповідних фаз стиглості або проміжок (в днях) між цими фазами вивчали дослідники, перелік яких наведено в [5, 6]. Усереднено рання жовта, жовта і повна фази стиглості настають відповідно через 12 днів, 21 і 31 день від зеленої фази. Відносна точність визначення вказаного числа днів коливалася в межах 3,75–4,29 %.

Перелік науковців, які вивчали абсолютну і відносну вологість насінневих коробочок, наведений в [5]. У фази стиглості зелену, ранню жовту, жовту і повну абсолютна вологість усереднено становить відповідно 136,3 %, 93,85 та 42,58 і 19,86 %, а відносна – 76,3 %, 45,4 та 27,4 і 12,0 %.

Залежно від тривалості льонозбирального періоду за фазами стиглості абсолютна маса насіння сповільнено зростає за логарифмічною функцією, а абсолютна і відносна вологість насінневих коробочок знижується за пряmlinійними залежностями. Зі зміною відповідної фази стиглості на один день від зеленої абсолютна і відносна вологість насінневих коробочок зменшується відповідно на 4 і 2 %. Визначені показники кореляційного зв'язку між вказаними результативними ознаками і факторіальною наведені в таблиці. В цій же таблиці наведені відповідні рівняння регресії та R^2 -коефіцієнти, що визначають ступінь наближення апроксимованих залежностей до експериментальних даних, та помилки рівнянь регресії і коефіцієнти

детермінації, які визначають силу впливу факторіальної ознаки на результативні.

Енергію проростання і схожість насіння льону-довгунця вивчала низка дослідників, прізвища яких наведені у попередньому повідомленні [7]. Нижня межа кондиційних енергії проростання і схожості насіння становить відповідно 82 і 85 %. Доброякісне насіння повинно мати схожість не нижче 95 %, а для одержання дружних сходів недопустимо висівати насіння з великим розривом між схожістю і енергією проростання. Нормальне добре дозріле насіння має схожість від 95 до 100 %, а енергію проростання – нижче на 2–3 %. Великий розрив між схожістю і енергією проростання призводить до недружних сходів, які з'являються ступінчасто, що спричинює формування ярусного стеблостою, за якого ускладнюється або ж взагалі унеможливується механізоване брання льону-довгунця та виконання наступних операцій в технологічному процесі виробництва рошенцевої трести. За даними деяких дослідників не завжди збігається за фазами стиглості збільшення абсолютної маси насіння та його енергії проростання і схожості.

Таке зустрічаємо, наприклад, в інформації Н. А. Лазаркевича, В. І. Макаєва та 103н.. За даними Ю. В. Федорусь абсолютна маса, енергія проростання і схожість насіння були найбільшими у фазі жовтої стиглості, а у фазах ранньої жовтої і повної дещо меншими. Для з'ясування зв'язку між згадуваними ознаками посівних якостей насіння здійснений кореляційно-регресійний аналіз експериментальних даних різних дослідників. Результати аналізу наведені в таблиці. З таблиці видно, що кількісні зміни енергії проростання і схожості насіння залежно від його абсолютної маси та схожості від енергії проростання описуються сповільнено зростаючими гіперболами. За з'ясованими залежностями в міру зростання абсолютної маси насіння різниця між його схожістю і енергією проростання зменшується і, наприклад, при масі 4,25 г, 4,35 та 4,61 і 4,78 г становить відповідно 7 %, 6,6 та 6,2 і 5,8 %. Зменшення різниці між схожістю і енергією проростання насіння забезпечуватиме появу дружних сходів і формування вирівняного стеблостою, який уможливує механізоване збирання льону-довгунця. За 100 %-ї схожості насіння, яка може бути забезпечена при абсолютній масі насіння 5,76 г, його енергія проростання може становити 94,4 % за різниці між цими ознаками 5,6 %. За енергії проростання 90 і 95 % прогнозована схожість насіння може становити відповідно 94,1 і 95,2 %.

Таблиця - Показники кореляційного зв'язку між оцінними ознаками посівної якості насіння льону-довгунця з урахуванням фаз стиглості культури та відповідні рівняння регресії

Результативна – факторіальна ознака	Коефіцієнт кореляції (чисельник) і кореляційне відношення (знаменник)	Прогностична функція (чисельник) і рівняння регресії (знаменник)	R^2 -коефіцієнт (чисельник) і помилка рівняння регресії (знаменник)	Коефіцієнт детермінації
Абсолютна маса насіння m_n (г) – тривалість льонозбирального періоду $n_{дб}$ (число днів за фазами стиглості від зеленої до повної)	$\frac{0,908}{0,999}$	Сповільнено зростаюча <u>логіфімічна функція</u> $m_n=3,029+0,517 \ln n_{дб}$	$\frac{0,999}{0,023}$	0,998
Абсолютна вологість насінневих коробочок $W_{ак}$ (%) – тривалість льонозбирального періоду $n_{дб}$	$\frac{0,988}{-}$	Пряма з від'ємним <u>кутовим коефіцієнтом</u> $W_{ак}=134,87-3,95n_{дб}$	$\frac{0,977}{8,81}$	0,976
Відносна вологість насінневих коробочок $W_{вк}$ (%) – тривалість льонозбирального періоду $n_{дб}$	$\frac{0,990}{-}$	Пряма з від'ємним <u>кутовим коефіцієнтом</u> $W_{вк}=75,02-2,14n_{дб}$	$\frac{0,980}{3,91}$	0,980
Енергія проростання $E_{пр}$ (%) – абсолютна маса насіння m_n (г)	$\frac{0,555}{0,680}$	Сповільнено <u>зростаюча гіпербола</u> $E_{пр}=123,71-168,959/m_n$	$\frac{0,409}{8,52}$	0,462
Схожість $C_{хн}$ (%) – абсолютна маса насіння m_n (г)	$\frac{0,546}{0,639}$	Сповільнено <u>зростаюча гіпербола</u> $C_{хн}=120,95-127,767/m_n$	$\frac{0,453}{6,41}$	0,408
Схожість $C_{хн}$ (%) – енергія проростання насіння $E_{пр}$ (%)	$\frac{0,793}{0,865}$	Сповільнено <u>зростаюча гіпербола</u> $C_{хн}=120,22-2351,62/E_{пр}$	$\frac{0,809}{4,38}$	0,748

З криволінійного характеру зміни енергії проростання і схожості насіння залежно від його абсолютної маси та схожості від енергії проростання простежується, що у певному діапазоні значень факторіальної ознаки її підвищення супроводжується більш інтенсивнішим збільшенням результативної у порівнянні з

інтенсивністю збільшення цієї ж ознаки, що спричинена подальшим підвищенням факторіальної.

Мета дослідження полягала у підвищенні ефективності виробництва льону-довгунця шляхом поліпшення організації льонозбирального процесу, за якої можливо одержати насіння з належними посівними якістьми. *Завдання дослідження:* 1) з'ясувати інтенсивність збільшення енергії проростання і схожості насіння залежно від його абсолютної маси у з'ясованому діапазоні її зміни з урахуванням фаз стиглості льону-довгунця; 2) проаналізувати інтенсивність зростання схожості насіння залежно від енергії проростання на різних рівнях значень останньої; 3) за виявленими і з'ясованими статистичними залежностями з урахуванням абсолютної маси насіння і вологості насінневих коробок у різних фазах стиглості льону-довгунця прогнозувати можливу організацію льонозбирального процесу, що спрямована на поліпшення екологічності виробництва льонопродукції.

Об'єкт і методика дослідження. Об'єкт дослідження – технологічний процес збирання льону-довгунця при його реалізації із зрушенням в часі за фазами стиглості, що забезпечує максимальні вихід і номер довгого волокна та одержання насіння належної якості, яке при висіві сприяє формуванню вирівняного придатного для механізованого збирання стеблостою і виконання наступних операцій з виробництва рошенцевої льонотрести.

В якості вихідних даних використані результати досліджень науковців, прізвища яких наведені в [7]. Одержані цими науковцями дані розглядали як випадкові величини, на підставі яких були опрацьовані з графічним поданням кореляційні поля «абсолютна маса насіння m_n (г) – енергія проростання $E_{пр}$ (%)» і «абсолютна маса m_n (г) – схожість насіння $C_{хн}$ (%)» та «енергія проростання насіння $E_{пр}$ (%) – схожість $C_{хн}$ (%)». З використанням кореляційних полів за допомогою стандартних комп'ютерних програм вели пошук відповідних парних зв'язків. Для з'ясування інтенсивності збільшення досліджуваних результативних ознак за різних рівнів підвищення факторіальних використали кусково-лінійну апроксимацію криволінійних залежностей $E_{пр}=f(m_n)$ і $C_{хн}=f(m_n)$ та $C_{хн}=f(E_{пр})$.

Результати дослідження. З'ясовано, що із збільшенням абсолютної маси насіння від 2,4 до 6,03 г енергія проростання і схожість зростають за гіперболічними кривими, тобто із поступовим сповільненням. Аналіз засвідчив, що при збільшенні абсолютної маси насіння від 2,4 орієнтовно до 3,5 г енергія проростання і схожість зростають інтенсивніше у порівнянні із їх зростанням, що спричинене збільшенням абсолютної маси насіння від 3,5 орієнтовно до 5,0 і далі

до 6,03 г. Для кількісного оцінювання інтенсивності підвищення енергії проростання і схожості насіння при збільшенні його абсолютної маси в наведених вище діапазонах зроблена спроба криволінійну зміну досліджуваних результативних ознак подати наближеними до такої зміни прямолінійними відрізками. Таке подання досліджуваного характеру зміни результативних ознак відоме як метод кусково-лінійної апроксимації відповідних криволінійних ділянок.

За такої апроксимації зміну енергії проростання залежно від абсолютної маси насіння подамо двома прямолінійними відрізками в межах збільшення абсолютної маси насіння від 2,4 до 6,03 г. В математичній формі за результатами обробки експериментальних даних ці відрізки описуються такими рівняннями прямолінійної регресії:

$$E_{\text{пр}} = \begin{cases} 25,33m_n - 9,75 \text{ при } r = 0,873 \text{ і за } m_n = 2,90 \dots 3,47 \text{ г} \\ 76,91 + 2,38m_n \text{ при } r = 0,299 \text{ і за } m_n = 3,47 \dots 6,03 \text{ г.} \end{cases} \quad (1)$$

де $E_{\text{пр}}$ – енергія проростання насіння, %;

m_n – маса 1000 шт. насінин, г;

r – коефіцієнт кореляції між результативною ознакою (тут енергією проростання) і факторіальною (масою 1000 шт. насінин).

Точка перелому кусково-лінійної функції (1) припадає на абсолютну масу насіння 3,78 г, за якої енергія проростання становить 85,9 % (рисунок, позиція «а»).

При зміні абсолютної маси насіння в межах 2,90...3,47 г якісний зв'язок між енергією проростання і масою насіння оцінюється коефіцієнтом кореляції 0,873. За кутовим коефіцієнтом рівняння регресії збільшення маси насіння у вказаних межах на 1 г супроводжується підвищенням енергії проростання на 25,33 %. При абсолютній масі насіння 3,02 усереднено енергія проростання може становити 66,75 %. Вказана абсолютна маса насіння переважно властива рослинам льону-довгунця у фазі зеленої стиглості.

Зі зміною абсолютної маси насіння від 3,47 до 6,03 г, що за більшістю літературних джерел характеризує стан льону-довгунця у фазах ранньої жовтої, жовтої і повної стиглості, статистичний зв'язок між енергією проростання і масою насіння оцінюється коефіцієнтом

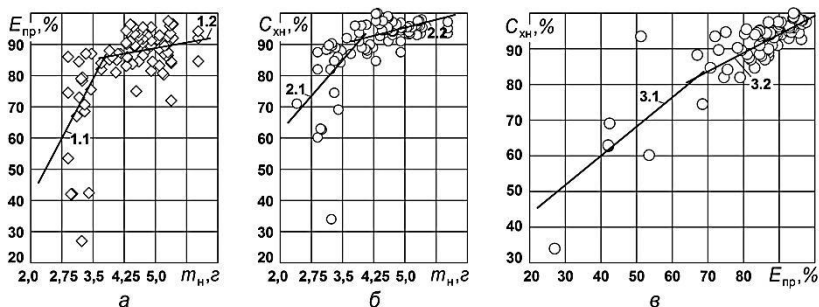


Рис. – Кореляційні поля і кусково-лінійна апроксимація кривих зміни: а) енергії проростання $E_{\text{пр}}$ і б) схожості $C_{\text{хн}}$ насіння залежно від його абсолютної маси $m_{\text{н}}$ та в) схожості насіння $C_{\text{хн}}$ залежно від енергії проростання $E_{\text{пр}}$: 1,1; 2,1 і 3,1 – в діапазоні менших значень факторіальної ознаки; 1,2; 2,2 і 3,2 – в діапазоні більших значень факторіальної ознаки

кореляції 0,299. З рівняння прямої регресії, яке кількісно описує зміну енергії проростання залежно від маси насіння, за кутовим коефіцієнтом видно, що із збільшенням абсолютної маси насіння на 1 г в досліджуваному діапазоні енергія проростання зростає на 2,38 %. За абсолютної маси насіння 4,35 г, 4,61 та 4,78 г енергія проростання усереднено становить 87,26 %, 87,88 та 88,29 %. На аналізованому відрізку при масі насіння 5,05 і 6,03 г енергія проростання становить відповідно 88,93 і 91,26 %.

Рівняння прямої регресії кусково-лінійної апроксимації зміни схожості насіння залежно від його абсолютної маси з визначеними коефіцієнтами кореляції тісноти відповідного зв'язку в межах вказаних рівнів маси 1000 шт. насінин мають вигляд:

$$C_{\text{хн}} = \begin{cases} 31,48 + 15,28m_{\text{н}} & \text{при } r = 0,856 \text{ і за } m_{\text{н}} = 2,90 \dots 3,47 \text{ г} \\ 78,22 + 3,43m_{\text{н}} & \text{при } r = 0,469 \text{ і за } m_{\text{н}} = 3,47 \dots 6,03 \text{ г.} \end{cases} \quad (2)$$

Точка перелому кусково-лінійної функції (2) припадає на абсолютну масу насіння 3,95 г, за якої схожість насіння становить 91,77 % (рисунок, позиція «б»). На кожен грам збільшення абсолютної маси насіння в діапазоні її зміни від 2,90 до 3,47 г схожість насіння зростає на 15,28 %. З подальшим збільшенням абсолютної маси насіння до 6,03 інтенсивність зростання схожості насіння уповільнюється і із збільшенням абсолютної маси насіння на 1 грам схожість його зростає на 3,43 %, тобто із збільшенням абсолютної маси насіння понад 3,47 г темп зростання його схожості уповільнюється у

4,45 раза. За абсолютної маси насіння 3,02 г, 4,35 та 4,61 і 4,78 г схожість насіння становить відповідно 77,62 %, 93,14 та 94,03 і 94,61 %. Із збільшенням абсолютної маси насіння до 5,05 та 6,03 г схожість його зростає відповідно до 95,54 та 98,90 %.

Кусково-лінійна апроксимація кривих зміни енергії проростання $E_{\text{пр}}$ і схожості $C_{\text{хн}}$ насіння залежно від його абсолютної маси $m_{\text{н}}$ показала, що із збільшенням абсолютної маси до 3,78 і 3,95 г зростання $E_{\text{пр}}$ і $C_{\text{хн}}$ відбувається інтенсивніше у порівнянні з подальшим збільшенням $m_{\text{н}}$ до 6 г. При цьому першопочатково зростання $E_{\text{пр}}$ відбувається інтенсивніше у порівнянні із зростанням $C_{\text{хн}}$. При подальшому збільшенні абсолютної маси насіння інтенсивність зростання енергії проростання уповільнюється, а схожості – підвищується. В межах бажаної енергії проростання її підвищення на 1 % супроводжується зростанням схожості насіння на 0,52 %.

Вивчення двомірного варіаційного ряду «енергія проростання $E_{\text{пр}}$ – схожість $C_{\text{хн}}$ насіння» та побудова кореляційного поля, яке характеризує якісний і кількісний зв'язок між $E_{\text{пр}}$ і $C_{\text{хн}}$, засвідчили, що за інтенсивністю зміни схожості насіння залежно від енергії проростання аналізоване кореляційне поле доцільно розділити на дві ділянки. До першої ділянки, що визначає більш інтенсивну зміну $C_{\text{хн}}$ із підвищенням $E_{\text{пр}}$, варто віднести значення енергії проростання від 27 до 79 %. При цьому за мінімальної $E_{\text{пр}}=27\%$ спостерігалася і мінімальна схожість насіння $C_{\text{хн}}=34\%$, за максимальної $E_{\text{пр}}=79\%$ схожість насіння становила $C_{\text{хн}}=82\%$, а її максимальне значення 94,7 % спостерігалася за $E_{\text{пр}}=75\%$. В цю групу попало 16 пар досліджуваних ознак, а решта 76 пар ознак визначали розмір статистичної вибірки, за якої спостерігалася більш сповільнена зміна $C_{\text{хн}}$ із підвищенням енергії проростання. До другої ділянки були включені пари ознак з мінімальною $E_{\text{пр}}=79\%$ (зі схожістю $C_{\text{хн}}=82\%$) та з максимальною $E_{\text{пр}}=97,5\%$ при максимальній $C_{\text{хн}}=97,5\%$. Обробка експериментальних даних, що здійснена з використанням кореляційно-регресійного аналізу, показала, що схожість насіння $C_{\text{хн}}$ (%) залежно від енергії проростання $E_{\text{пр}}$ (%) можна подати такими кусково-лінійними функціями:

$$C_{\text{хн}} = \begin{cases} 27,21 + 0,82E_{\text{пр}} & \text{при } r = 0,814 \text{ і за } E_{\text{пр}} = 27 \dots 79,0 \% \\ 47,25 + 0,52E_{\text{пр}} & \text{при } r = 0,695 \text{ і за } E_{\text{пр}} = 79 \dots 97,5 \% \end{cases} \quad (3)$$

Точка перелому кусково-лінійної функції (3) припадає на енергію проростання 66,8 %, за якої схожість насіння становить 82 % (рисунок, позиція «в»). На кожен відсоток збільшення енергії

проростання в діапазоні її зміни від 27 до 66,8 % схожість насіння зростає на 0,82 %. Зі зміною енергії проростання в межах 66,8...97,5 % в розрахунку на кожен відсоток її збільшення схожість насіння зростає на 0,52 %, тобто зі збільшенням енергії проростання понад 66,8 % темп зростання схожості насіння уповільнюється в 1,58 раза.

Виявлені залежності дозволили прогнозувати організацію льонозбирального процесу з урахуванням фаз стиглості льону-довгунця і технологій його збирання та використовуваних засобів механізації. З урахуванням з'ясованих залежностей за комбайнної технології льон-довгунець на волокно збирають в ранній жовтій – жовтій стиглості [8]. Збирання комбайнами розпочинають на четвертий – шостий день від початку ранньої жовтої фази стиглості і завершують впродовж 10–12 днів в жовтій стиглості. У разі впровадження комбінованої технології виконання збиральних робіт збирання льону розпочинають роздільним способом у фазі ранньої жовтої стиглості [9] і з урахуванням погодних умов практикують дозрівання насіння в коробочках вибраних і розстелених стебел з наступним їх обмолотом шляхом використання льонопідбирача-молотарки ПМЛ-1 [10]. Із настанням жовтої фази стиглості збирання здійснюють комбайновим способом [10], але для його реалізації з урахуванням вологості насінневих коробочок виникає необхідність сушіння льоновороху, яке пов'язано з додатковими витратами палива і електроенергії, що погіршує екологоспрямований розвиток виробництва льонопродукції. За повної стиглості льону-довгунця з урахуванням вологості насінневих коробочок відпадає потреба в сушінні льоновороху та насіння і збирання може бути здійснено зернозбиральним комбайном [2, 10]. Проте у фазі повної стиглості спостерігається розтріскування насінневих коробочок в рослинах, що стоять на пні, і осипання кращого, найбільш ваговитого і життєздатного насіння [11, 12]. При збиранні в повній стиглості втрачають до 22 % урожаю насіння та зростає його захворюваність [13], а якість волокна порівняно з ранньою жовтою стиглістю знижується майже вдвоє [14]. Коротке волокно з трести, що отримана після збирання насіння зернозбиральним комбайном, порівняно з традиційним способом її готування має нижчий номер [15].

Висновки. Кусково-лінійна апроксимація криволінійних залежностей, які визначають взаємозв'язок ознак посівних якостей насіння, свідчить, що з урахуванням чисельних значень вільних членів і кутових коефіцієнтів рівнянь регресії других апроксимованих відрізків абсолютна маса насіння, його енергія проростання і схожість знаходяться в межах кондиційних значень вказаних ознак. Такі значення можуть з відповідною ймовірністю за абсолютною масою

насіння бути одержані за збирання льону-довгунця в ранній жовтій, жовтій і повній фазах стиглості при відповідній вологості насінневих коробочок. Це підтверджує можливість в умовах конкретного підприємства з урахуванням погодних умов організації льонозбирального процесу зі зрушенням в часі за комбайновою, комбінованою (що включає роздільне і комбайнове збирання) та з використанням зернозбиральних комбайнів технологіями, за яких можливо одержати насіння з незначною різницею між схожістю і енергією проростання, при висіві якого формується стеблостій, що уможливило механізоване збирання льону-довгунця.

Напрямок подальших розвідок на нашу думку має бути спрямований на пошук і з'ясування кількісних зв'язків, що визначають обсяг робіт зі збирання льону-довгунця комбайнами при впровадженні організації льонозбирального процесу за комбінованою технологією.

Література

1. The technologies of fiber flax harvesting, their production efficiency and the prerequisites of their technological substantiation (Технологии уборки льна-долгунца, их производственная эффективность и предпосылки технологического обоснования) / A. Limont, V. Sheichenko, M. Tolstushko, N. Tolstushko // American Journal of Science and Technologies. – “Princeton University Press”, 2016. – № 1 (21). – Vol. III. – January – June. – P. 878–895.
2. Макаев В. Технологические аспекты производства льняного волокна / В. Макаев, В. Василюк // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2013. – Vol. 15. – № 4. – P. 23–28.
3. Limont A. S. The haulm stand leveling as a factor of employment of flax harvesting combines and dew retting of flax straw (Выровненность стеблестоя как фактор использования льноуборочных комбайнов и росной мочки льносолумы) / A. S. Limont // Europäische Fachhochschule. European Applied Sciences. – 2014. – № 9. – P. 66–70.
4. Лімонт А. Оцінювання вирівняності стеблостою льону-довгунця перед його збиранням / А. Лімонт // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 9 (24). – С. 30–34.
5. Лімонт А. С. Абсолютна маса насіння і збирання льону-довгунця / А. С. Лімонт, О. С. Поліщук, О. Б. Плужніков // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвідомчий наук.-техн. зб. – Кіровоград: Кіровоград. нац. техн. ун-т, 2016. – Вип. 46. – С. 166–175.
6. Limont A. The phases of ripeness and the humidity of seed

boxes and the absolute mass of fiber flax seeds (Фази стиглості та вологість насінневих коробочок і абсолютна маса насіння льону-довгунця) / А. Limont // Proceeding of the XVIII International Academic Congress “History, Problems and Prospects os Development of Modern Civilization” (Japan, Tokyo, 25–27 January 2017). – “Tokyo University Press”, 2017. – Vol. XVIII. – P. 87–93.

7. Лімонт А. С. Посівна якість насіння льону-довгунця і виробництво рошенцевої льонотрести / А. С. Лімонт // Інженерія природокористування: наук. журнал / Харків. нац. техн. ун-т с. г. ім. Петра Василенка. – Х., 2017. – № 1 (7). – С. 21–28.

8. Практическое руководство по освоению интенсивной технологии возделывания льна-долгунца / [М. М. Труш, И. П. Сергеев, А. Н. Марченков и др.]. – М.: Агропромиздат, 1986. – 72 с.

9. Лачуга Ю. Ф. Экономическая эффективность раздельной уборки льна / Ю. Ф. Лачуга, А. Н. Зинцов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – № 12. – С. 8–10.

10. Макаєв В. Технології одержання льнопродукції / В. Макаєв, Р. Гілязетдінов, В. Шейченко // Техніка АПК. – 2006. – № 1–2. – С. 30–31.

11. Малакотина С. М. О сроках уборки льна / С. М. Малакотина // Материалы научных конференций: Агрономия. – Ижевск: Ижевский с.-х. ин-т, 1961. – Вып. 9. – С. 75–81.

12. Афонин М. И. Изменение хозяйственно ценных признаков и свойств в процессе роста и развития льна-долгунца / М. И. Афонин, Л. М. Кукреш // Пути повышения урожайности полевых культур. – Минск: Ураджай, 1971. – Вып. 2. – С. 81–84.

13. Кукреш Л. М. Влияние сроков уборки льна-долгунца на урожай и качество семян / Л. М. Кукреш, И. Я. Киеня // Тезисы докладов 1-й республиканской конференции молодых ученых Белоруссии по вопросам повышения эффективности земледелия. – Жодино: Белорусский НИИ земледелия, 1970. – С. 195–197.

14. Льон-довгунець / [Колектив авторів]; за ред. М. Г. Городнього. – К.: Урожай, 1971. – 364 с.

15. Шейченко В. О. Якість трести льону-довгунцю, отриманої після збирання насіння зернозбиральним комбайном / В. О. Шейченко, П. В. Лук'яненко, В. І. Василюк // Вісн. аграр. науки. – 2012. – № 6. – С. 60–62.

Рецензент д.т.н. Грабар І.Г.

УДК 677.11.021

©О.О. Налобіна, д.т.н.

Національний університет водного господарства та природокористування

©А.Ю. Горбовий, д.т.н.

Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського

©Ю.В. Муравинець, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН ВТРАТ ВОЛОКОН В МАШИНІ ДЛЯ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ ЛЬОНУ

У даній статті наведено результати теоретичних досліджень розподілу тиску в рівчаку затискного транспортеру машини ТЛ-40 для первинної переробки льону з метою виявлення причин втрат волокна в процесі первинної переробки льону-довгунця

ЛЬОН-ДОВГУНЕЦЬ, ПЕРВИННА ПЕРЕРОБКА, ЗАТИСКНИЙ ТРАНСПОРТЕР, ВТРАТИ

Постановка питання. Отримання якісної продукції в ході первинної переробки лляної сировини у значній мірі визначається якістю процесів збирання льону, підготовки трести та роботою обладнання для її механічної обробки.

Конструкційні параметри м'яльно-тіпальних агрегатів не в повній мірі забезпечують високі якісні показники здійснення процесу первинної переробки. Основним недоліком їхньої роботи є значні втрати довгого волокна на переходах від однієї частини машини до іншої, у рівчаку транспортуючого механізму.

Розкрити причини, які ведуть до втрат довгого волокна, їхнє усунення шляхом удосконалення технічних засобів, обґрунтування раціональних параметрів обробки – це важлива задача, вирішення якої забезпечить зростання ефективності первинної переробки льону-довгунця.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукові дослідження тіпальних машин вперше виконувались А.Б. Кузьминським [1], Т.В. Костициним [2]. Зокрема А.Б. Кузьминський розглядав процес тіпання як складне явище, дослідження якого необхідно проводити після розбиття на окремі елементи. Автором вперше у ході дослідження процесу тіпання було враховано властивості трести в залежності від яких він запропонував визначати кінематичні параметри механізмів тіпального агрегату.

Суттєвий вклад у дослідження процесу тіпання внесли: В.В. Марков [3], А.М. Іпатов [4], В.А. Дьячков [5], Є.Л. Пашин [6],

Е.В. Новіков [7], А.Б. Лапшин [8] та інші. Так Є.Л. Пашин у роботі [6] наводить класифікацію причин утворення відходів під час тіпання льону:

- непопадання пасма під затискання першої або наступної тіпальної секції;
- перекіс пасма, різна довжина пасма, нерівномірність шару за товщиною;
- жорсткий характер навантаження;
- нерівномірний розподіл навантаження по довжині пасма;
- наявність технологічних переходів.

Автором також встановлено, що безпосередньо процес тіпання здійснюється за допомогою двох основних механізмів – тіпального барабану та затискного транспортеру [9]. Через ненадійне затискання пасм сирцю в рівчаку затискного транспортеру відбуваються втрати довгого волокна.

Затискний транспортер, як джерело значних втрат, виділяв й А.Б. Лапшин [8], яким встановлено, що за умови оптимального положення шару трести у рівчаку затискного транспортеру, втрати стебел становлять 9,4% -17, 2% (залежно від середньої масо довжини).

Аналіз робіт, присвячених первинній обробці льону-довгунцю, виявив, що багато авторів аналізуючи причини втрат волокна у ході переробки трести, як одну з причин виділяють ненадійну роботу затискного транспортеру. Тому питання удосконалення конструкції затискного транспортеру та обґрунтування раціональних параметрів його роботи є актуальним і таким, що потребує проведення додаткових теоретико-експериментальних досліджень.

Мета дослідження. Виявлення причин втрат волокна у затискному транспортері машини ТЛ-40 у ході первинної обробки лляної трести.

Результати дослідження. Аналіз конструкції затискного транспортера дозволив сформулювати наступні припущення.

1. Послідовне розташування роликів вздовж вітки пасу на відстані l призводить до нерівномірності розподілу тиску, що в свою чергу веде до нерівномірного затискання пасм по ходу їхнього транспортування.

2. Максимальні значення тиску створюються напроти вісей роликів, між ними він зменшується.

Доведемо справедливість сформованих припущень. З цією метою виконаємо теоретичний аналіз взаємодії пасів затискного транспортера та пасм волокна, які транспортуються

Тиск в межах ділянок максимального впливу роликів утворюється за рахунок верхнього пасу. На рис. 1. подано схему

ділянки транспортера з двома притискними роликми з центрами в точках O та O_1 . Дуга ab , утворення якої обумовлено деяким деформуванням верхнього пасу під тиском притискного ролика, є незначною. Виділимо елемент пасу в межах дуги ab , якому відповідає центральний кут $d\alpha$. На даний елемент діють наступні сили:

- сила натягу верхнього пасу F ;
- сила натягу з урахуванням додаткового видовження пасу, яке обумовлено проходженням шару сирцю $F + dF$;
- сила тертя $F_m = f \cdot dN$, де f – коефіцієнт тертя матеріалу пасу по сирцю;
- нормальна реакція шару сирцю dN ;
- реакція поверхні притискного ролика dR_p ;
- реакція поверхні нижнього пасу dR_H .

Пов'яжемо систему координат із виділеним елементом і запишемо рівняння його рівноваги:

$$\sum X_i = -F + (F + dF) - fdN = 0; \tag{1}$$

$$\sum Y_i = dR_p - dR_H - F \frac{d\alpha}{\alpha} - (F + dF) \frac{d\alpha}{\alpha} = 0.$$

Реакція нижнього пасу $dR_H = dR_s = F \cdot d\alpha$. Враховуючи, що, а $\sin \frac{d\alpha}{\alpha} \approx d\alpha$, а $\cos \frac{d\alpha}{\alpha} \approx 1$, а

$$F = F_0 \cdot e^{f/\alpha}. \tag{2}$$

де F_0 - мінімальне зусилля, що виникає в перерізі пасу, коли той «охоплює» ролик. Кут α^0 змінюється від 0 (точка a) до α , тоді зусилля F теж буде змінюватися від F_a до F . З врахуванням цього:

$$F = F_a \cdot e^{-f/\alpha}. \tag{3}$$

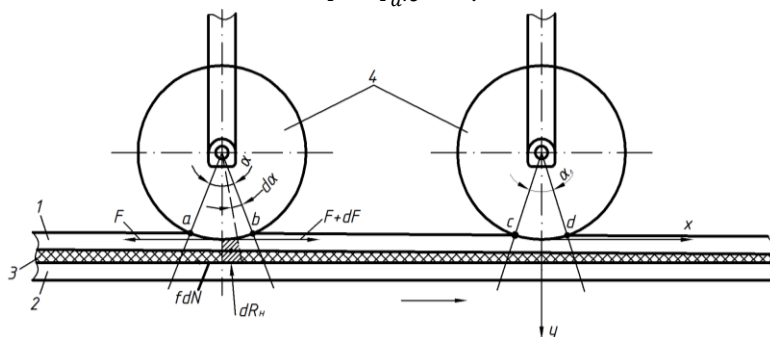


Рис. 1 – Схема навантаження верхнього пасу притискними роликми:
1 – пас верхній, 2 – пас нижній, 3 – шар сирцю, 4 – роликми

Проінтегруємо рівняння (2), з урахуванням вище зазначеного, маємо:

$$F = F_a + F e^{-f/\alpha}. \quad (4)$$

За даною залежністю визначиться натяг пасу. Тиск у рівчаку $p = F/S$, де S – площа контакту. З урахуванням (4) тиск визначиться:

$$p = \frac{F_a + F e^{-f/\alpha}}{b_n r_p}, \quad (5)$$

де b_n – ширина пасу, мм; r_p – радіус ролика, мм.

Формула (5) справедлива для зон III і I (рис. 2).

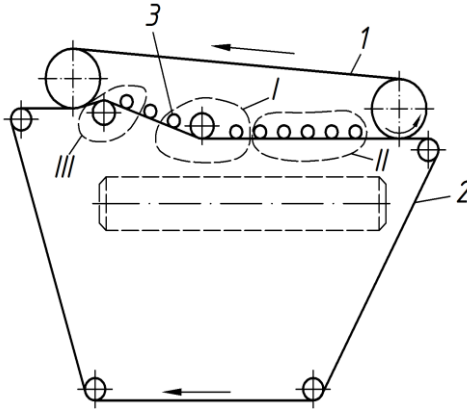


Рис. 2 – Схема затискного транспортера МТА:

1 – верхній пас, 2 – нижній пас, 3 – ролики притискні; I – пряма ділянка, II, III – похилі ділянки робочої вітки

Визначимо тиск на прямолінійній ділянці (зона II на рис.2). Згідно [10], тиск за умови стиснення гуми:

$$g = C_g \cdot \Delta, \quad (6)$$

де, C_g – твердість гуми, Н/мм³; Δ – глибина стиснення верхнього пасу роликком, мм.

За умови стиснення пружини ролика він починає тиснути на пас дещо його деформуючи. Величину деформації позначимо a . Величина a деформації пасу є незначною, тому співвідношення a/d_p , де d_p – діаметр ролика, буде малою величиною. Залежність Δ від відстані x (відстань від осі ролика до точки, де визначається тиск) $\Delta_x \approx \Delta \cdot \cos \frac{\pi}{2l} x$, де l – довжина зони притискання.

Сила, потрібна для притискання пасма:

$$F_{cm} = \int_0^l b_n c_z \Delta_x dx = \frac{4}{\pi} l b_n c_n \Delta . \quad (7)$$

Рівняння лінії, по якій діє сила натягу F_n (рис. 3.):

$$y \approx \Delta \left(1 - \cos \frac{\pi}{2l} x \right) \quad (8)$$

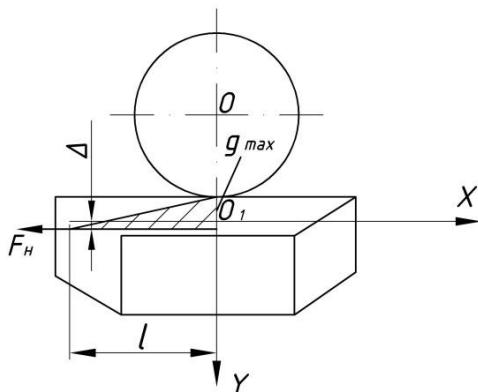


Рис. 3 – Схема деформування пасу на прямолінійній ділянці

Диференціальне рівняння пружної лінії пасу запишемо з урахуванням теорії пасових передач [11]:

$$EI = \frac{d^2 y}{dx^2} = -F(\Delta - y) + M, \quad (9)$$

де, E – модуль пружності матеріалу пасу МПа; I – момент інерції перерізу верхнього пасу відносно нейтральної вісі мм; M – момент згину у перерізі, який можна визначити:

$$b_n c_z \int_x^a \Delta_x (x - x_i) dx, \quad (10)$$

де x_i – абсциса i -того перерізу.

Враховуючи (6) маємо:

$$y = -\frac{4l^2 \Delta}{\pi EI} \left(F_n + \frac{4l^2 b_n c_z}{\pi^2} \right) \left(1 - \cos \frac{\pi}{2l} x \right) - \frac{l b_n c_z \Delta}{3\pi EI} x^3 + \frac{l^2 b_n c_z \Delta}{\pi EI} x^2 \quad (11)$$

Якщо прийняти, що абсциса x досягає величини l , а Δ – ордината деформації, знайдемо довжину ділянки розповсюдження деформації:

$$l = \sqrt{\frac{F_n + \sqrt{F_n^2 + 1,2 b_n c_z EI}}{0,2 b_n c_z}}$$

Тоді, тиск верхнього пасу на нижній, в зоні дії ролика 1 (рис.1) визначиться:

$$g_x \approx \frac{0,4F_n}{b_n c_c (\sqrt{F_n^2 + 1,2b_n c_c EI})} \left(1 + \cos \frac{\pi}{2l} x \right) \quad (12)$$

Розв'язок залежності (12) виконано з підстановкою параметрів затискного пасу машини для переробки лляної трести ТЛ-40. Графічну інтерпретацію отриманих результатів подано на рис. 4 і 5.

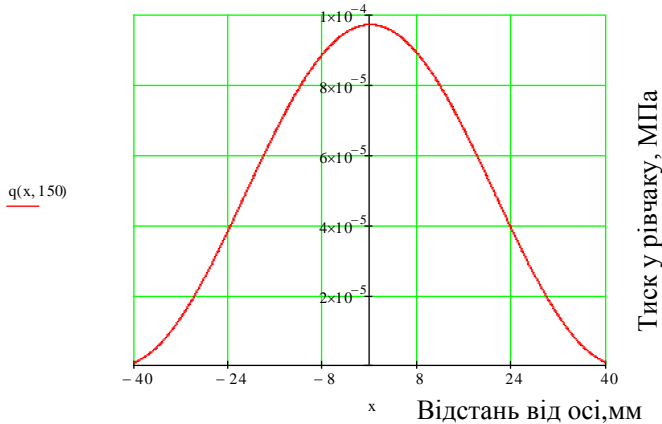


Рис. 4 – Залежність тиску верхнього пасу на нижній від відстані між віссю ролика і точкою, в якій визначається тиск, при силі стискання пружини 150Н

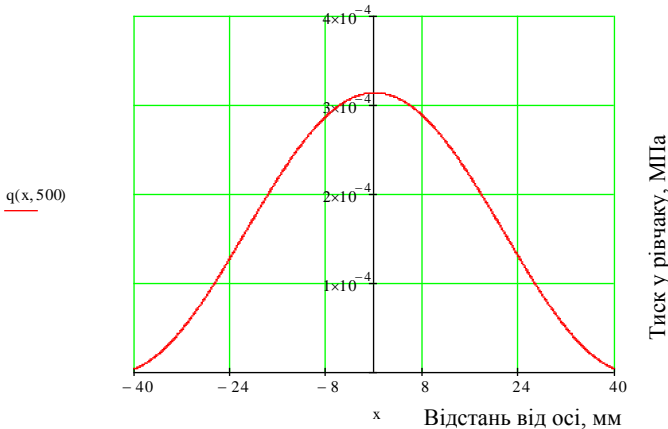


Рис. 5 – Залежність тиску верхнього пасу на нижній від відстані між віссю ролика і точкою, в якій визначається тиск, при силі стискання пружини 500Н

З рис. 4 і рис.5 бачимо, що максимального значення тиск досягає проти вісі притискних роликів. Тиск зменшується по мірі віддалення від вісі. Також бачимо, що тиск в зоні проходження осі ролика тим менше, чим менше натяг пасу та сила стискання пружин. Нерівномірний розподіл тиску під роликами призводить до нерівномірного розподілу тиску у рівчаку транспортера.

На значній відстані від осі ролика, як бачимо з отриманих графічних залежностей, тиск практично відсутній. Це створює умови при яких пасма через недостатній затиск висмикуються з рівчака. Виникають втрати волокна.

Висновки. У ході теоретичних досліджень розподілу тиску в рівчаку затискного транспортеру встановлено, що по довжині рівчака він розподіляється нерівномірно, що веде до створення ділянок, де пасма практично не затиснуті, що веде до втрат волокна в процесі первинної обробки трести льону-довгунця.

Враховуючі отримані результати теоретичних досліджень розподілу тиску в рівчаку затискного транспортера, сформуємо робочу гіпотезу подальших досліджень процесу функціонування даного робочого органу.

Удосконалення конструкції затискного транспортера потрібно проводити у наступних напрямках:

- оптимізація параметрів притискних роликів;
- визначення оптимальної відстані між вісями роликів.

Мета удосконалення конструкції – забезпечення рівномірного затискання пасм у рівчаку як по довжині, так й по ширині рівчака затискного транспортера та, як наслідок, зменшення втрат волокна у процесі тіпання.

Література

1. Кузьминский А.Б. Теоретические основы процесса трепания лубяных волокон/ А.Б. Кузьминский- М.-Л.: Легкая промышленность, 1940. – 217 с.
2. Костицын Т.В. Метод экспериментального определения сопротивлений на рабочих органах машины по первичной обработке волокна/ Т.В. Костицын // Бюллетень НИТИ, № 1. – 1934.
3. Марков В. В. Первичная обработка льна и других лубяных культур: Учебник для сред. спец. учеб. заведений.- М. : Легкая и пищевая промышленность, 1981.- 376с.
4. Ипатов А. М. Теоретические основы механической обработки стеблей лубяных культур / А. М. Ипатов.- М. Легпромбытиздат.1989.-144с.

5. Дьячков В.А. Проектирование машин для первичной обработки лубяных волокон.- Кострома, 1999.–207 с.
6. Пашин Е. Л. Зависимость эффективности трепания льна от его свойств и режимов работы трепальной машины // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 1998, №1с.19-21.
7. Новиков Э. В.Исследование процесса трепания в малогабаритной установке // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. 2000 №4.–405с.
8. Лапшин А. Б.Численное моделирование процесса трепания одним билом / А. Б. Лапшин В. И.Савиновский // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности – 1993, №2. с 2-12.
9. Пашин Е. Л. Формирование выхода длинного волокна при обработке стеблей льна на мяльно- трепальном агрегате // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности – 1999, №3 с.24-27.
10. Тимошенко С.П. Курс теории упругости. / С.П. Тимошенко, – К.: Наукова думка. 1979. – 501 с.
- 11.Иванов М. Н. Детали машин / М. В. Иванов. – М.: Высш. шк., 1984. – 336 с.

УДК 631.35:633.52

© Ю.М. Онюх

Луцький національний технічний університет

ЗАСТОСУВАННЯ ПІВНІЧНО–ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

У статті розглянуті особливості вирощування льону олійного в умовах Західного Полісся з врахуванням специфіки Північно-Європейської технології його виробництва. Наведено результати морфологічних показників стеблостою льону олійного на момент збирання врожаю у 2016-2017 роках. Побудовано діаграму зміни розривного навантаження волокон льону олійного з часом витримування дослідних зразків на корені в природних умовах.

ЛЬОН ОЛІЙНИЙ, ВИРОБНИЦТВО, ПІВНІЧНО-ЄВРОПЕЙСЬКА ТЕХНОЛОГІЯ, СТЕБЛОСТІЙ, ВОЛОКНО

Постановка проблеми. Виробництво льону олійного в Західних та Північних регіонах України має особливості, пов'язані з висотою стеблостою, який може сягати в окремі вегетаційні періоди 85

см і більше та природно - кліматичними умовами регіону. Тому пряме комбайнування доцільно застосовувати лише за сприятливих погодних умов після десикації посівів. При значній висоті стеблостою льону олійного, що містить від 20 до 27 відсотків короткого волокна, постає проблема його подальшої переробки. Здебільшого технологія передбачає скошування стеблостою з подальшим його вкладанням у валки для вилежування і перетворення в тресту шляхом росяного мочіння. В процесі вилежування передбачається ворущіння і перевертання валків для забезпечення рівномірного дозрівання трести та уникнення процесів гниття. Проте така технологія тягне за собою значні енергетичні та трудові витрати, що значно підвищують собівартість сировини. Але, в окремі вегетаційні періоди у вказаному регіоні спостерігаються несприятливі для вилежування льонотрести погодні умови, а саме тривала посушлива погода з подальшим різким зниженням температури та затяжним дощовим періодом. Така ситуація негативно впливає на якість волокна та унеможливає своєчасне збирання трести з валків у рулони. Тому актуальним лишається питання впровадження нових технологій виробництва льону олійного на території Західного Полісся.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Багатьма науковцями розглядається проблема збирання льону олійного в умовах Західного Полісся [1,2,3]. Пропоновані технології передбачають зрізування або брання стеблостою і вкладання у стрічки необмолочених стебел для їх подальшого обмолоту після підсушування, або для зрізання верхівкової частини врожаю. Такі технології дозволяють знизити ступінь пошкодження стеблової частини врожаю, оскільки механічний вплив здійснюється лише на верхівкову частину рослин. Стрічка паралельно вкладених стебел, що отримується внаслідок застосування даного способу, значно полегшує процес подальшого обробітку стеблової частини врожаю. Проте спостерігаються значні втрати насіння. Крім того, не враховується ймовірність погіршення якості льонотрести внаслідок несприятливих погодних умов. Таким чином, доцільними є подальші дослідження нових способів отримання якісної льонотрести в умовах Західного Полісся.

Мета дослідження – обґрунтувати доцільність застосування Північно – Європейської технології виробництва льону олійного на території Західного Полісся.

Результати досліджень. Необхідність застосування нового способу виробництва льону олійного обумовлена отриманням льонотрести низької якості внаслідок несприятливих погодних умов під час вилежування соломи при застосуванні відомих технологій.

У дослідженнях проводилась спроба адаптувати Північно – Європейську технологію виробництва льону олійного. Дану технологію успішно використовують у Фінляндії, де погодні умови не дозволяють отримати тресту високої якості шляхом росяного мочіння. Суть технології полягає у тому, що після зрізання верхівкової частини врожаю стеблостій залишають на корені для формування трести аж до весни. З настанням весни стеблостій збирають для подальшої переробки.

Дослідження тривали з квітня 2016 року по квітень 2017 року. Період відзначався високими температурними показниками та незначною кількістю опадів з середини травня до середини вересня. Від середини вересня спостерігалось різке зниження температурних показників з частими і затяжними дощами. В другій декаді листопада випав сніг. Сніговий покрив тримався до першої декади березня. Найбільші заморозки спостерігались у січні у межах -22°C в нічний час. У березні відбувалось поступове сходження снігу з випаданням значної кількості опадів. Третя декада березня характеризувалась підвищеними температурними показниками у межах 15°C в денний час. Тому настала можливість зібрати останні дослідні зразки.

Досліджували сорти Айсберг, Орфей, Південна Ніч та Сонечни білоруської селекції. На момент збирання врожаю насіння морфологічні показники складових частин врожаю вказаних сортів, наведені в табл. 1. З представлених даних можна зробити висновок, що льон олійний при вирощуванні в зоні Західного Полісся має високі показники загальної та технічної висоти стебла. Зокрема загальна довжина стебла сорту Сонечни в даний вегетаційний період досягала позначки 82,7 см. У попередні роки даний показник перевищував 110,0 см. Сорти Південна Ніч та Лірина мали показники 77,1 см та 71,6 см відповідно. Враховуючи показник вмісту волокна в стеблах, котрий становить 25-29%, очевидною стає необхідність впровадження новітніх технологій переробки льону олійного з метою повного використання потенціалу рослин та отримання сировини високої якості.

В зв'язку з посухою вилежування соломи до перетворення в тресту тривало 25 днів. У цей період денна температура становила $29-33^{\circ}\text{C}$, нічна - $17-19^{\circ}\text{C}$. Оподи у вигляді дощу були повністю відсутні впродовж місяця. Відомо, що для перетворення соломи в тресту найбільш сприятливими є середньодобова температура в межах $17-20^{\circ}\text{C}$ та рівномірне зволоження дощами і рососою. При нестачі вологи та підвищених температурних показниках процес уповільнюється, що і спостерігалось. На рис.1 зображено вигляд соломи в день вкладання на вилежування (рис.1 а) та треста у готовому вигляді (рис.1 б).

Таблиця 1 – Морфологічні показники стеблостою льону олійного на момент збирання врожаю в 2016р.

Назва показника	Значення показника									
	Лірина		Орфей		Сонечни		Айсберг		Південна ніч	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Середня довжина стебла, см:		-								
загальна	71.6	-	66.5	64.4	82.7	68.7	60.3	57.9	77.1	74.3
технічна	58.4	-	52.4	32.2	72.6	54.9	44.1	27.7	60.1	46.4
Середній діаметр стебла, мм:		-								
біля окорення	2.21	-	2.6	3.5	2.75	2.6	2.2	2.8	2.6	3.6
½ висоти стебла	1.9	-	2.2	2.9	2.1	1.8	1.8	2.5	2.2	2.5
біля сушівки	1.4	-	1.3	2.8	1.7	1.3	1.2	2.2	1.4	1.9
Вага 1 стебла, г		-								
всього	1.54	-	1.02	2.01	1.33	1.03	0.86	1.12	1.38	2.61
без коробочок	0.93	-	0.7	1.35	0.91	0.70	0.52	0.75	0.97	1.79
без китиць	0.73	-	0.56	0.7	0.82	0.61	0.42	0.36	0.79	0.97
Середня кількість коробочок на рослині, 2г..	22.2	-	13.5	26.8	16.6	18.3	14.5	24.5	15.9	28.6
Вага 1000 насіння, г	6.34	-	6.55	8.0	4.53	5.19	7.0	7.56	7.8	8.28
Урожайність, ц/га:		-								
насіння	21.1	-	14.9	15.8	11.1	13.2	12.6	13.3	15.5	17.7
фломи	49.5	-	37.6	32.0	50.1	41.2	33.1	33.2	48.3	42.8

Прим. 1-показники, взяті в с. Рокині; 2- показники, взяті в с. Остріїв



Рис. 1 – Перетворення соломи в тресту : а)- солома; б)- треста

Дослідження зміни розривного навантаження волокна льону олійного проводили в серпні, листопаді, січні та березні місяцях зі зразків, в тому числі залишених на корені на дослідних ділянках в с. Остріїв Рівненської області. Волокно, взяте для дослідів спочатку проходило органолептичну оцінку на зміну кольору та наявність запаху прілості. Слід зазначити, що жоден зразок не мав запаху прілості, оскільки стеблостій стояв на корені, а не вилежувався у валках. У сортах Айсберг та Орфей значно погіршився колір волокна, воно потемніло. В той же час, волокно сорту Сонечни та Південна Ніч

зберегло свій колір. На рис.2 представлено особливості зміни кольору волокна у зразках різної витримки на корені.



Рис.2 – Зміна кольору волокна

Досліди на розривне навантаження вказують на зниження показників з кожним наступним дослідом. Так в серпні розривне навантаження сорту Сонечни становило 237 Н, а в березні він знизився до 48 Н. Така ж динаміка спостерігається в усіх сортах (рис. 3). Найнижчі показники розривного навантаження спостерігаються у сортів Айсберг та Орфей, найвищі – у сортів Сонечни та Південна Ніч. Ці сорти майже не змінили кольору волокна, що вказує на придатність їх до подальшої переробки. Волокно сортів Айсберг та Орфей в березні набуло майже чорного кольору, розпадалось на волокна 2-4 см завдовжки. Ймовірно такий результат отримано внаслідок руйнування зв'язків між одиничними волокнами. Дане питання підлягає подальшому вивченню.

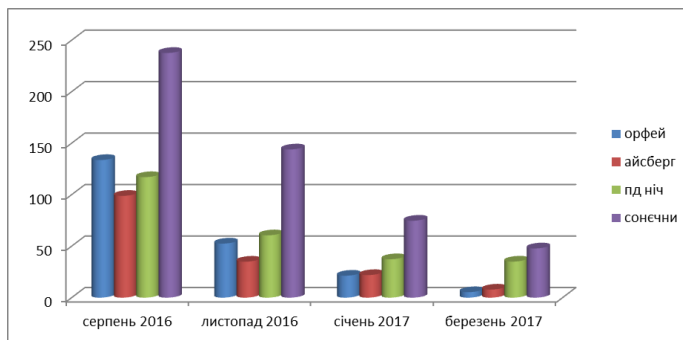


Рис. 3 - Зміна розривного навантаження волокна льону олійного, Н

Висновки. Отримані результати досліджень вказують на можливість адаптації Північно-Європейської технології у виробництві льону олійного на території Західного Полісся. Її застосування дозволяє отримати якісне коротке волокно, без зрізання стеблової частини та перетворення у тресту шляхом росяного мочіння. Завдяки тому, що стебла лишаються на корені, а не лежать у валках, відсутні процеси гниття. Відповідно волокно не має запаху прілості та не втрачає своїх якісних показників. Зниження показників розривного навантаження свідчить про руйнування зв'язків між одиничними волокнами, що вказує на можливість механічного їх розщеплення. При цьому не всі сорти придатні для застосування вказаної технології, оскільки їх волокно з часом втрачає колір.

Література

1. Сай В.А. Технологія вирощування, збирання та первинної переробки льону олійного: Монографія / В.А. Сай. - Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2012. - 168 с.
2. Дударєв І.М. Теоретичні основи розрахунку машин для універсальної технології збирання та післязбиральної обробки льону: Монографія / І.М. Дударєв. - Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2013. - 164 с.
3. А.В. Чехов, О.М. Лапа, Л.Ю. Міщенко, І.О. Полякова □Льон олійний: біологія, сорти, технологія вирощування К.:□ Українська академія аграрних наук. Інститут олійних культур, 2007. – 59 с.

Рецензент д.т.н. В.Ф.Дідух

УДК 663.52

© С. Г. Панасюк, к.т.н., О. В. Калахан
Луцький національний технічний університет

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ РОБОТИ ТАРИЛОК РЕКТИФІКАЦІЙНИХ КОЛОН

У статті наведено аналіз існуючих технологічних схем тарілок ректифікаційної колони, розглянуто особливості їх конструкцій. Запропоновано шляхи підвищення ефективності робочого процесу тарілок у ректифікаційних колонах.

РЕКТИФІКАЦІЯ, РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА, ТАРІЛКА, СПИРТ, РІДИНА, ПАРА.

Постановка проблеми. Спиртова промисловість є постачальником етилового спирту, який використовується як сировина, основний і допоміжний матеріали у багатьох галузях народного господарства. Етиловий спирт отримують із рослинної сировини (зерна, картоплі тощо), яку постачають сільськогосподарські підприємства. Відходи переробки рослинної сировини у спиртовій промисловості використовуються для виробництва білкових вітамінізованих кормів, що застосовуються для відгодівлі сільськогосподарських тварин.

Для отримання етилового спирту шляхом перегонки застосовують ректифікаційні колони із тарілчастими контактними пристроями, велике розмаїття яких ускладнює вибір оптимальної конструкції тарілки. Основними вимогами до їх конструкції є висока інтенсивність одиниці об'єму, низька вартість, великий інтервал усталеної роботи при зміні навантажень по фазах, висока корозійна стійкість. Тому розробка нових та удосконалення існуючих тарілчастих контактних пристроїв, які б забезпечували максимальну продуктивність ректифікаційної колони, є перспективним напрямком досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням масо- і теплообмінних процесів, які відбуваються у ректифікаційних колонах, займались багато вчених [1-3]. У їх працях розвинуто методи розрахунку та досліджено нові типи контактних пристроїв, запропоновано нові технічні рішення та варіанти використання існуючих ректифікаційних колон.

Проведенні дослідження стали основою удосконалення ректифікаційних установок з метою підвищення якості і виходу ректифікованого спирту, а також техніко-економічних показників їх роботи.

Мета дослідження – провести аналіз будови та процесу роботи існуючих тарілчастих контактних пристроїв для пошуку шляхів підвищення ефективності робочого процесу у ректифікаційних колонах, що використовуються у спиртовому виробництві.

Результати дослідження. Процес ректифікації здійснюється в ректифікаційних установках, основним апаратом якої є ректифікаційна колона, в якій пари рідини, що переганяється, піднімаються знизу, а назустріч парам стікає рідина, що подається у вигляді флегми у верхній частині апарата. Ступінь поділу суміші рідин на складові компоненти і чистота одержуваного дистилляту і кубового залишку залежать від того,

наскільки розвинена поверхня контакту фаз, від кількості поданої на зрошення флегми і контактних пристроїв ректифікаційної колони.

Зазвичай ректифікаційні апарати складаються з двох частин або ступенів – верхньої і нижньої, кожна з яких представляє собою будь-яким способом організовану поверхню контакту фаз між парою і рідиною. У нижній частині колони вихідна суміш, що розділяється, взаємодіє з парою, початковий склад якої дорівнює складу залишку; внаслідок цього із суміші вилучається легко леткий компонент.

Найпоширенішими у використанні є тарілкові колони з ковпачковими, рідше з ситчастими контактними пристроями. Роботу тарілок можна оцінити за пропускною здатністю пари та рідини, чистотою розділення вихідної суміші на окремі компоненти, гідравлічним опором, діапазоном сталої роботи.

Ситчасті тарілки із зливними пристроями застосовуються у ректифікаційних колонах діаметром 400 – 4000 мм при відстані між тарілками більше 200 мм. Ситчасті тарілки виконують у вигляді металевого диска з круглими або щілинними отворами [4, 5].

Перевагами ситчастих тарілок є великий вільний переріз тарілки, що забезпечує високу продуктивність, простота виготовлення, монтажу та обслуговування, низькі металоємкість та вартість, невисокий гідравлічний опір. Недоліками таких тарілок є висока чутливість до точності встановлення, нерівномірність розподілу рідкої фази при більших діаметрах, чутливість до забруднень. При роботі ректифікаційної колони із ситчастими тарілками при підвищених навантаженнях може відбуватися значне винесення рідини паровим потоком, а при недостатній швидкості потоку пари – надмірне витікання рідини. У таких випадках значно зменшується ефективність роботи колони.

Ковпачкові тарілки менш чутливі до забруднень, мають більший діапазон сталої роботи. На рис.1. схематично зображена колона невеликого діаметру, що складається з тарілок 1, на кожній з яких є один ковпачок 2 круглого перерізу і патрубок 3 для проходу пари. Краї ковпачка занурені в рідину. Завдяки цьому на тарілці створюється гідравлічний затвор, і пара, що виходить з ковпачка, проходить через шар рідини, що знаходиться на тарілці. Ковпачки мають отвори або зубчасті прорізи для роздроблення пари на дрібні бульбашки, тобто для збільшення поверхні його взаємодії з рідиною.

Приплив і відведення рідини, а також висоту рідини на тарілці регулюють за допомогою переливних трубок 4, які розташовані на діаметрально протилежних кінцях тарілки; тому рідина тече на сусідніх тарілках у взаємно протилежних напрямках [4].

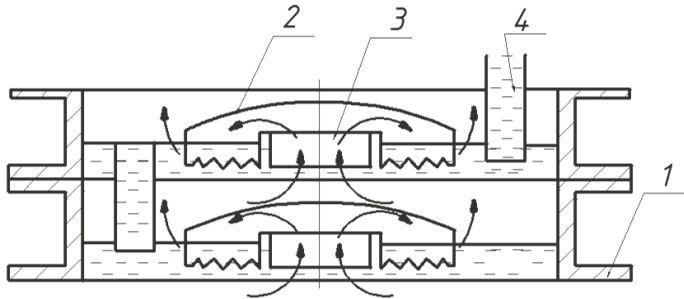


Рис. 1 – Схема тарілчастої одноковпачкової колони: 1 – тарілка; 2 – ковпачок; 3 – паровий патрубок; 4 – переливна трубка

Через вихідні прорізи ковпачків бульбашки пари зливаються в цівки, які проходять через шар рідини, що знаходиться на тарілці, і над рідиною утворюється шар піни та бризок, – основна область масообміну і теплообміну між парою і рідиною на тарілці.

При русі цівки пари зазвичай зливаються одна з одною; при цьому деяка частина перерізу прорізів оголюється і утворюються канали, якими пара проходить під ковпачки крізь рідину. Тому поверхня взаємодії пари з рідиною безпосередньо в зоні барботажу невелика. Основна зона фазового контакту знаходиться в області піни та бризок над рідиною, які утворюються внаслідок розпилення пари в рідині і виносу бризок при терті пари об рідину.

Інтенсивність утворення піни та бризок залежить від швидкості пари і глибини занурення ковпачка в рідину. Переріз і форма прорізів ковпачка не мають особливого впливу, але бажано виконувати у ковпачках вузькі прорізи, так як вони розбивають пару на дрібніші цівки, збільшуючи поверхню зіткнення з рідиною. Ефективною буде робота ковпачка в оптимальних умовах при граничній швидкості парової фази, якщо висота відкриття прорізів ковпачка найбільша, що сприяє збільшенню шляху пари і часу її контакту з рідиною.

Для створення достатньої поверхні зіткнення між парою і рідиною на тарілках зазвичай встановлюють не один, а велику кількість ковпачків (рис. 2).

Ковпачки розташовують на близькій відстані один від одного (дорівнює в середньому 1,5 діаметра ковпачка) з тим, щоб пухирці, що виходять з сусідніх ковпачків, перш ніж прийняти вертикальний напрямок руху, могли б стикатися один з одним.

Типові ковпачкові тарілки виготовляють з радіальним і з діаметральним переливом рідини. Тарілки першого типу являють

собою вирізані з сталевого листа диски 1 і 2, які кріпляться на болтах і прокладках до опорного кільця 3. Ковпачки 4 розташовані на тарілці в шаховому порядку. Рідина переливається на лежачу нижче тарілку по периферійним переливним трубкам 5, тече до центру і зливається на наступну тарілку по центральній переливній трубці 6, потім знову тече до периферії і т.д. [4, 5].

Ковпачкові тарілочки з діаметральним переливом рідини (рис. 3) представляють собою зрізаний з двох боків диск 1, встановлений на опорному листі 2, з одного боку тарілочка обмежена прийомним порогом 3, а з іншого – переливним порогом 5 зі змінною гребінкою 6, за допомогою якої регулюють рівень рідини на тарілці.

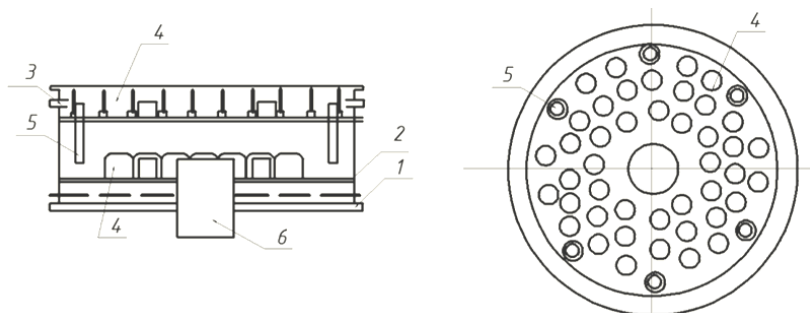


Рис.2 – Ковпачкові тарілочки з радіальним переливом рідини:

1 і 2 – диски; 3 – опорне кільце; 4 – ковпачки; 5 – периферійні ковпачкові трубки; 6 – центральна переливна трубка

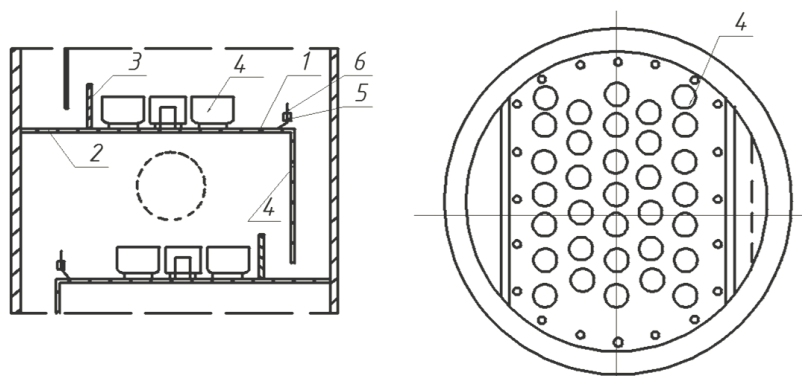


Рис. 3 – Ковпачкові тарілочки з діаметральним переливом рідини:

1 – диск; 2 – опорний лист; 3 – приймальний поріг; 4 – ковпачки; 5 – переливний поріг; 6 – змінна гребінка; 7 – перегородка

У тарілці цієї конструкції периметр зливу збільшений шляхом заміни зливних труб сегментоподібними отворами, обмеженими перегородками 7 для того, щоб зменшити спінювання і бризкоутворення при переливанні рідини.

У тарілках з тунельними ковпачками ковпачки представляють собою сталеві штамповані пластини напівкруглого перерізу з гребінчастим краями; кожен ковпачок встановлюють над жолобом строго горизонтально за допомогою двох зрівняльних шпильок. Рідина зливається через переливний поріг в сегментну кишеню, потім через три переливні трубки – у приймальну сегментну кишеню наступної тарілки. Тут утворюється гідравлічний затвор, і пара, що піднімається вздовж колони не може проходити на тарілку, яка розташована вище, минаючи ковпачки. Струмień рідини на тарілках – діаметральний [4].

На тарілках такого типу можна легко регулювати висоту шару рідини, швидко проводити установку в горизонтальній площині наявного на ній невеликого числа ковпачків і, отже, створювати сприятливі умови для рівномірного розподілу пари. Конструкція тарілки відрізняється простотою монтажу і демонтажу.

Основною областю масообміну і теплообміну між парами і рідиною, як показали дослідження, є шар піни і бризок над тарілкою, що створюється в результаті барботажу пари. Висота цього шару залежить від розмірів ковпачків, глибини їх занурення, швидкості пари, товщини шару рідини на тарілці, фізичних властивостей рідини.

Для підвищення ефективності роботи тарілок у ректифікаційній колоні запропоновано встановлення спеціальних контактних пристроїв, виконаних у вигляді ковпачків, які мають прорізи, розташовані під кутом до вертикальної площини, що забезпечує збільшення поверхні контакту фаз [6].

З метою забезпечення рівномірного заповнення тарілок рідиною ректифікаційну колону можна обладнати контактними пристроями та переливними пристроями у вигляді патрубків із сільфоном, а саму тарілку виконати складною із утворенням внутрішнього простору і додатково обладнати гофрованим рухомим елементом, верхня частина гофрованого якого безпосередньо або через важіль з'єднати із переливним пристроєм. Додаткове обладнання тарілки рухомим гофрованим елементом, внутрішній об'єм якого з'єднаний з внутрішньою поверхнею тарілки, дозволяє використати компенсацію температури розширення рідини із внутрішньої поверхні тарілки шляхом збільшення або зменшення висоти переливного пристрою, залежно від температури зони ректифікаційної колони, в якій знаходиться відповідна тарілка [7].

Висновки. Враховуючи переваги та недоліки розглянутих конструкцій, можна запропонувати деякі шляхи підвищення ефективності робочого процесу тарілок у ректифікаційних колонах, що використовуються у спиртовому виробництві. Зокрема, для покращення розділення вихідної суміші на тарілці можна встановити додаткові контактні елементи, що збільшить площу контакту фаз, покращить гідродинаміку барботажного шару та зменшить винесення рідкої фази. Можливе також використання ковпачків різних діаметрів, послідовно розташованих на одній тарілці, що дозволить зменшити гідравлічний опір тарілки.

Література

1. Маринченко, В.О. Технологія спирту: підручник для студентів вищих навчальних закладів [Текст] / В.О. Маринченко, В.А. Домарецький П.Л. Шиян та ін.; під ред. В.О. Маринченка. – Вінниця: Поділля. – 2000, 2003. – 496 с.

2. Шиян П.Л. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: монографія [Текст] / П.Л.Шиян, В.В.Сосніцький С.Т.Олійнічук. – К.: Асканія, 2009. – 424 с.

3. Циганков П.С. Ректификационные установки спиртовой промышленности. – М.: Пищ. пром-сть, 1987. – 336 с.

4. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию/ Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. Под ред. Ю.И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и дополн. М.: Химия, 1991. – 496 с.

5. Стабников В.Н., Лысянский В.М., Попов В.Д. Процессы и аппараты пищевых производств – М.: Агропромиздат, 1985 – 503 с.

6. Патент №104068 А України, МКИ В01D 3/00, В01D 3/32. Ректифікаційна колона / Кхан Ріфат Хасан, Степанюк А. Р. Заявл. 09.07.15р.; 12.01.2016, Бюл.№ 1.

7. Патент №109951 А України, МКИ В01D 3/16. Ректифікаційна колона / Низовець І.В., Дахненко В.Л. Заявл. 29.09.15 р.; опубл. 26.09.2016 р., Бюл.№ 18

Рецензент д.т.н. Дідух В.Ф.

УДК 633.8

©Паславський В. Р.

Львівський національний аграрний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР

Постановка проблеми. Більшість малих переробних підприємств олійно-жирової промисловості чи особистих селянських господарств, серед іншого устаткування, використовують шнекові олійні преси. Основним недоліком цих пресів є висока температура під час відтискання олії, що зумовлює значне пониження її якості. Тому доцільно дослідити роботу і обґрунтувати параметри шнекових олійних пресів для досягнення їх високої ефективності за малих затрат енергії та отримання високоякісного продукту.

Обґрунтування роботи шнекових олійних пресів, перш за все, ґрунтуються на вивченні взаємодії матеріалів, що контактують між собою. Такими матеріалами є сталі та насіння олійних культур. Фізико-механічні властивості різних олійних культур істотно різняться як геометричними, так і фізичними параметрами. Аналогічних досліджень чимало, проте для отримання точніших результатів доцільно поглибити експерименти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчивши дослідження Царенка О. М. та Бакума М. В. стало відомо, що за формою прийнято поділяти насіння на різні класи [1, 2], а найчастіше зустрічаються форми: довгаста, у випадку якої довжина, ширина і товщина насіння різні; еліптична – товщина насінини дорівнює ширині за значно більшої довжини; куляста – довжина, ширина і товщина відрізняються незначно. На різноманітність розмірів та характерних показників насіння впливають умови живлення, забезпечення вологою, розташування на рослині та її сорт. Неодночасне формування і дозрівання зерна, відмінність у забезпеченні поживними речовинами зумовлюють різні фізико-механічні властивості навіть в межах однієї рослини.

Мета дослідження. Поглиблено вивчити фізико-механічні властивості насіння олійних культур, зокрема їх взаємодію з іншими матеріалами для обґрунтування параметрів малогабаритних шнекових олійних пресів.

Результати дослідження. Досліджувалось насіння льону олійного сортів Еврика 2, Сонечни, Лірина, Південна ніч, Орфей, Айсберг, сої – Закарпатська 3, коноплі – Юсо 31, а також ярого ріжю

– Гірський. Згідно методики, описаної в ДСТУ 4138-2002, для визначення розмірів відбиралось по 100 насінин кожного сорту та здійснювались вимірювання штангенциркулем із точністю 0,05 мм. Діапазон зміни розмірних показників насіння льону становить: найменша довжина 3,10 мм характерна для сорту Айсберг, а найбільша – 5,40 мм (Південна ніч); мінімальна ширина 1,95 мм (Сонечни), максимальна – 2,80 мм (Айсберг); найменша товщина 0,60 мм (Орфей), а найбільша – 1,40 мм (Південна ніч). Довжина, ширина і товщина насіння сої сорту Закарпатська 3 змінюється в межах 6,55–8,80 мм, 4,35–6,65 мм, 4,00–5,60 мм, а коноплі ЮСО 31 та рижію Гірський відповідно 3,25–5,40 мм, 2,60–4,70 мм, 2,05–3,65 мм і 1,45–2,60 мм, 0,60–1,50 мм, 0,75–1,40 мм. Отримані результати щодо середніх значень розмірів наведено у вигляді гістограми (рис. 1).

Коефіцієнт варіації розмірів насіння льону варіює в інтервалі від 5% до 20,6%, у сої – 34,6–48,3%, коноплі – 20–34,3%, рижію – 10,3–14,3%.

Коефіцієнт тертя насіння олійних культур по поверхнях металів з різною чистотою обробки, визначався за допомогою пристрою (рис. 2), створеного на базі пристрою для дослідження коефіцієнта зчеплення насіння. [3]

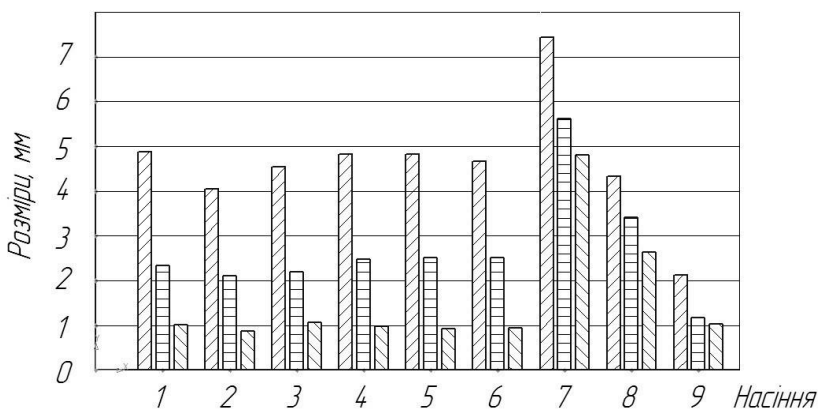


Рис.1 - Гістограма розподілу розмірів досліджуваного насіння:

- довжина;
 - ширина;
 - товщина;

1, 2, 3, 4, 5, 6 – відповідно льон Еврика 2, Сонечни, Лірина, Південна ніч, Орфей, Айсберг; 7 – соя Закарпатська 3; 8 – конопля Юсо 31; 9 – рижій Гірський

Пристрій для дослідження коефіцієнта тертя містить базову плиту 1 із змонтованою на ній вертикальною стійкою 2. У нижній частині стійки 2 жорстко закріплена горизонтально розташована консольна динамометрична балка 3, поперечний перетин якої має прямокутну форму, причому висота перетину істотно перевищує його ширину.

За допомогою підшипників 5 на вертикальній стійці 2 змонтована обойма 4, фіксована від осьового переміщення гайкою 6 і контргайкою 7, а до обойми 4 прикріплена поворотна консоль 8, що може вільно повертатись у горизонтальній площині. На поворотній консолі 8 змонтована платформа 9 для тягарців 10, повздовжня вісь якої спрямована вертикально і збігається з повздовжньою віссю напрямного корпусу 13, що також змонтований на консолі 8. У корпусі 13 розташований шток 12, повздовжнє ковзання якого обмежує штифт 14, що закріплений в корпусі 13 і входить у повздовжній паз штока 12. Штифт 14 також фіксує шток 12 від осьового провертання. Наконечник штока 12 контактує із платформою 9 для тягарців 10, а наконечник штифта 14 – штоком мікрометра 15, повздовжня вісь якого спрямована горизонтально, причому закріплений мікрометр 15 на базовій плиті 1.

У нижній частині штока 12 змонтований взірець 21, горизонтальна робоча поверхня якого має задану чистоту обробки та контактує з досліджуваними насінинами 18, встановленими на горизонтальній поверхні робочого столика 17. Зафіксований робочий столик 17 на консольній динамометричній балці 3, і на ньому змонтована обмежувальна гайка 20 з можливістю повертання навколо вертикальної осі. Провертаючи гайку 20, змінюється виступ її кромки над столиком 17 і таким чином забезпечується надійна фіксація насіння 18 від переміщення.

Перед початком роботи тарують балку 3 за допомогою пристрою 16. Для цього базова плита 1, повертається, щоб вісь тарувального пристрою 16 перейшла у вертикальне положення. На тарувальний пристрій 16 встановлюються тягарці 10, і фіксується відхилення консольної динамометричної балки 3, індикатором 19. За отриманими результатами будується діаграма залежності зміни відхилення балки 3 від навантаження.

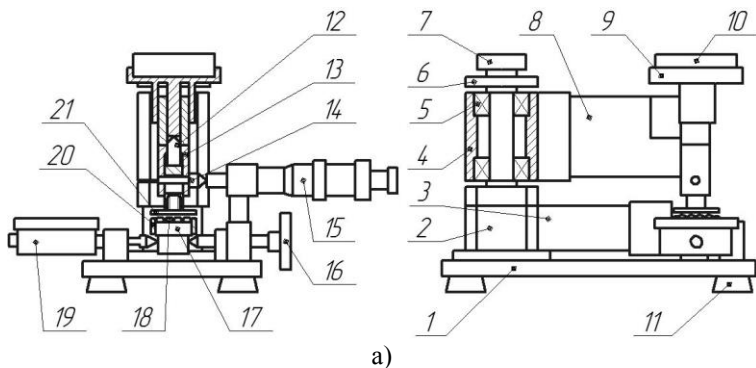


Рис. 2 – Пристрій для дослідження коефіцієнта тертя (а – принципова схема; б – загальний вигляд):

1 – базова плита; 2 – вертикальна стійка; 3 – консольна динамометрична балка; 4 – поворотна обойма; 5 – підшипники; 6 – гайка; 7 – контргайка; 8 – поворотна консоль; 9 – платформа для тягарця; 10 – тягарець; 11 – ніжка; 12 – шток; 13 – напрямний корпус; 14 – штифт; 15 – мікрометр; 16 – тарувальний пристрій; 17 – робочий столик; 18 – насіння; 19 – індикатор; 20 – обмежувальна гайка; 21 – досліджуваний взірець

Після тарування досліджується коефіцієнта тертя, у процесі якого на робочий столик 17 насипається насіння 18 та монтується взірець 21 у штоці 12. Встановлюється зазор між взірцем 21 та обмежувальною гайкою 20, що дозволяє цим елементам рухатись, не

контактуючи між собою, але унеможливлено зсування насіння 18 із робочого столика 17. На платформу 9 встановлюється певне число тягарців 10. Повертається консоль 8 за допомогою мікрометром 15, фіксується відхилення консольної динамометричної балки 3 індикатором 19. Потім за тарувальною діаграмою встановлюється тертя насіння по досліджуваній поверхні.

У процесі дослідження коефіцієнта тертя насіння різних культур по поверхнях з різною шорсткістю забезпечується навантаження на досліджувані взірці 21 0,35–2,0 кг. Для кожного з навантажень реалізувалося трикратна повторність досліджень (див. табл.).

Як свідчать результати досліджень, середнє значення коефіцієнта тертя льону по сталі 40X з шліфованою поверхнею 0,346 і на 70,6% більший від тієї ж сталі з полірованою поверхнею. У нержавіючій сталі цей коефіцієнт складає – 73,1%. Для сої, коноплі і ріжню зі сталлю 40X, відповідно, значення рівні – 66,5%, 58,9%, 52,4%; та з нержавіючою сталлю – 67,4%, 63,4%, 43,2%. Загалом, за результатами досліджень було виявлено, що у нержавіючій сталі коефіцієнти тертя на 20,3% більші, ніж у сталі 40X з однаковою обробкою поверхні.

Таблиця - Результати досліджень коефіцієнта тертя олійних культур по металевих поверхнях різної шорсткості.

Досліджуваний матеріал		Коефіцієнт тертя					
		Сталь 40X			Нержавіюча сталь		
		Чистов е точіння (Ra 3,2)	Шліфу вання (Ra 8)	Поліру вання (Ra 0,05)	Чистов е точіння (Ra 3,2)	Шліфу вання (Ra 8)	Поліру вання (Ra 0,05)
Культур а	Сорт						
Льон	Еврика 2	0,182	0,313	0,108	0,215	0,450	0,128
	Сонечни	0,197	0,512	0,118	0,258	0,598	0,147
	Лірина	0,176	0,308	0,099	0,201	0,427	0,109
	Південна ніч	0,188	0,310	0,105	0,223	0,461	0,129
	Орфей	0,184	0,314	0,100	0,218	0,457	0,125
	Айсберг	0,190	0,316	0,113	0,229	0,481	0,136
Соя	Закарпатськ а 3	0,171	0,236	0,079	0,205	0,294	0,096
Конопля	Юсо 31	0,183	0,197	0,081	0,222	0,282	0,106
Рижій	Гірський	0,264	0,401	0,191	0,273	0,354	0,201

Висновки. Отримані результати досліджень дозволяють поглиблено дізнатись про взаємодію досліджуваних матеріалів, знайти

закономірності зміни опору переміщення, а також розрахувати параметри шнекових олійних пресів.

Література

1. Царенко О. М. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / О. М. Царенко, Д. Г. Войтюк, В. М. Швайко та ін. – К.: Мета, 2003. – 448 с.
2. Бакум М. В. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Практикум / М. В. Бакум, О. М. Горбачовський, В. Ю. Манчинський та ін. – Харків: ХНТУСГ, 2005. – 196 с.
3. Шевчук Р. С. Пристрій для дослідження коефіцієнта зчеплення насіння з рослинними поверхнями / Р. С. Шевчук, О. М. Сукач // Вчені Львівського національного аграрного університету виробництва: каталог інноваційних розробок / за заг. ред. В. В. Снітинського, І. Б. Яціва. – Вип. 16. – Львів: Львів нац. аграр. ун-т, 2016

Рецензент д.ф.-м.н. М'якота С.В.

УДК 631.354.2.

©С. В. Пустовіт, к.т.н., В. І. Котков, к.т.н., Б. В. Ємець, к.т.н.,
Житомирський національний агроекологічний університет,

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ НА ЯКІСТЬ РОБОТИ КОМБІНОВАНИХ АГРЕГАТІВ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Приведені результати досліджень по якості роботи комбінованих агрегатів на передпосівному обробітку ґрунту із застосуванням технічних засобів АРВ-8,1-02, УСМК-5,4В, "Європак 6000". Описані результати дослідження по якістю розпушування і рівномірності глибини обробітку ґрунту комбінованими агрегатами.

Викладено результати досліджень по впливу глибини передпосівного обробітку ґрунту і глибини загортання на польову схожість насіння та параметри розподілу рослин цукрових буряків.

ДОСЛІДЖЕННЯ, КОМБІНОВАНИЙ АГРЕГАТ, ПОЛЬОВА СХОЖІСТЬ НАСІННЯ.

Постановка проблеми. Цукровий буряк в Україні є єдиним джерелом для виробництва цукру – життєво необхідного продукту харчування, фізіологічна норма споживання якого становить 38 кг на душу населення. Грунтово-кліматичні умови України є досить сприятливими для вирощування цукрових буряків, тому вона була і залишається однією із провідних країн світу за площею посіву та виробітку цукру.

Однією із основних операцій, яка впливає на схожість насіння та в подальшому і на урожайність коренеплодів є сівба. Якість сівби цукрових буряків та рівень польової схожості насіння в значній мірі визначається своєчасністю та якістю передпосівного обробітку ґрунту. Він складається з розпушування верхнього шару ґрунту та вирівнювання його поверхні, а в зоні достатнього зволоження – і з наступним додатковим розпушуванням. До комплексу факторів, які впливають на польову схожість належить температура і вологість ґрунту, достатня повітромісткість, вирівняність та структурно-агрегатного складу ґрунту. Ґрунт повинен бути добре вирівняним і розробленим до дрібногрудковатого стану на задану глибину. Це сприятиме висіванню насіння в вологе ложе, що гарантує його високу польову схожість.

З метою якісної схожості насіння та в подальшому і урожайності коренеплодів виникає необхідність проведення досліджень по вивченню якості роботи комбінованих агрегатів на передпосівному обробітку ґрунту та сівби насіння цукрових буряків.

Аналіз результатів останніх досліджень. Дослідженнями [3] встановлено, що застосування комбінованих машин для передпосівного обробітку ґрунту та сівби насіння підвищує продуктивність в 1,5 рази, польову схожість насіння на 10...20%, що в свою чергу зменшує експлуатаційні витрати.

Аналіз вище наведених факторів показав необхідність розробки технологічної схеми комбінованої машини для передпосівного обробітку ґрунту та сівби насіння цукрових буряків.

При розробці нової конструкції комбінованої машини враховувались наступні нормативні агротехнічні вимоги: грудочки розміром 1...25 мм, в шарі заробки насіння повинні становити за масою не менше 85%; висота мікронерівностей поверхні ґрунту повинна бути не більше 20 мм, підрізання бур'янів – повне.

Мета дослідження. Метою роботи являється вивчення якості роботи комбінованих агрегатів на передпосівному обробітку ґрунту.

Результати дослідження. Для вивчення якості роботи комбінованих агрегатів на передпосівному обробітку ґрунту були проведені виробничі досліді із застосуванням технічних засобів АРВ-

8,1-02, УСМК-5,4В, “Європак 6000”. Показники роботи агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту показані в табл.1.

Результати досліджень показують (табл.1), що за якістю розпушування і рівномірністю глибини обробітку ґрунту комбіновані агрегати типу “Європак 6000” і АРВ-8,1-02 забезпечують більш якісні показники порівняно з культиватором УСМК-5,4В. Так, варіювання глибини розпушування після проходження цих агрегатів в 1,5-1,8 рази менша, а кількість агротехнічно-корисних частинок ґрунту розміром до 10 мм в 1,2-1,3 рази більше. Це пояснюється тим, що в конструкції комбінованих агрегатів застосовані більш досконаліші робочі органи для вирівнювання розпушення та кришення ґрунту. Внаслідок цього забезпечується підвищення відносної польової схожості насіння на 7,8...9,7 % або в 1,1-1,2 рази. Але за енергетичними показниками, наприклад, витрати пального на одиницю виконаної роботи (гектар) були в 2,6-2,9 рази більша, а прямі експлуатаційні витрати із застосуванням комбінованого агрегату типу “Європак 6000” – в середньому в 17,5 рази вище порівняно із застосуванням культиватора УСМК-5,4В і агрегату АРВ-8,1-02. На це значний вплив має висока вартість даних агрегатів, яка в 9,2-15,2 рази більша вітчизняних аналогів. Виходячи із отриманих техніко-економічних показників нами порівняльним прототипом вибрано вітчизняний агрегат АРВ-8,1-02.

Аналогічні дослідження по визначенню якісних показників роботи проводились із сівалками пневматичного типу СТВ-12 “Мультикорн”, так і сівалки типу ССТ-12В з механічним висівним апаратом.

Узагальнені результати проведених досліджень (табл.2) свідчить про те, що сівалки з пневматичними висівними апаратами забезпечують більш рівномірніше розміщення рослин в рядках порівняно з сівалками типу ССТ-12В з механічними висівними апаратами. Так, якщо значення коефіцієнтів варіювання інтервалів між рослинами після пневматичних сівалок були в середньому 62,7 і 51,1 %, відповідно для звичайного і дражованого насіння, то після механічної сівалки ССТ-12В 67,4 і 58,7 % або в 1,1-1,2 рази більше.

Слід відзначити, що більш рівномірне розміщення рослин в рядку спостерігаються у випадку застосування дражованого насіння при висіві його як сівалками з пневматичним, так і механічним приводами.

Таблиця 1 – Показники роботи агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту

Показники	Марка машини (культиватора)		
	УСМК-5,4В	АРВ-8,1-02	“Європак 6000”
Агрегатування (трактор)	ЮМЗ-6Л	МТЗ-80	Т-150
Робоча швидкість, км/год	8,0	8,6	8,4
Ширина захвату, м	5,4	8,1	6,0
Середня глибина розпушування, см	4,1	5,0	5,2
Коефіцієнт варіювання, %	16,8	9,1	11,4
Фракційний склад ґрунту після розпу-шування, %:			
менше 10 мм			
10-25 мм	64,2	84,2	71,8
35-50 мм	17,2	9,4	18,9
більше 50 мм	16,2	6,0	8,0
	2,4	0,4	1,3
Норма висіву насіння, шт./м	12,0	12,0	12,0
Відносна польова схожість, %	55,4	65,1	63,2
Змінна продуктивність, га/год	2,2	5,1	3,5
Витрати пального, кг/га	2,7	3,9	11,0
Затрати праці, люд.год/га	0,5	0,2	1,9

Одержані значення відносної польової схожості насіння також свідчать про деяку перевагу пневматичних сівалок над механічними – 70,05 і 72,3 % проти 70,2 і 71,8 %, тобто польова схожість насіння після пневматичних сівалок на незначний відсоток була вища порівняно з механічною сівалкою ССТ-12В.

Але оцінка сівалок закордонного виробництва по техніко-економічним показникам показує, що при застосуванні сівалки типу “Мультикорн” прямі експлуатаційні витрати в 1,4-1,8 рази більші порівняно з пневматичною сівалкою УПС-12 і механічною ССТ-12В вітчизняного виробництва.

Виходячи із отриманих даних (табл. 2) можна зробити висновок, що по якісним показникам роботи сівалки з пневматичними висівними апаратами не забезпечують більш кращі показники роботи ніж сівалки з механічними висівними апаратами. Це пов’язано з тим, що сівалки із пневматичними висівними апаратами не розраховані на висів дрібного насіння цукрових буряків, особливо це стосується звичайного насіння.

Враховуючи якісні та економічні показники роботи та можливість переобладнання висівного апарату під висів насіння цукрових буряків серед даних типів сівалок нами за базовий взірць вибрано сівалку вітчизняного виробництва ССТ-12В з механічним висівним апаратом.

В процесі теоретичних досліджень і аналізу наукової літератури встановлено, що якісний передпосівний обробіток ґрунту суттєво впливає на схожість насіння цукрових буряків та в подальшому на розвиток рослин.

З метою вивчення впливу конструктивних параметрів комбінованої машини на схожість насіння цукрових буряків у виробничих умовах проводили лабораторно-польові дослідження.

Під час проведення польових дослідів встановлено фактори, які не здійснюють значного впливу на виконання технологічного процесу передпосівного обробітку ґрунту.

При цьому було встановлено фактори, які слід вважати як основні: діаметр котка d , кількість прутків n , поступальна швидкість V_p , та глибина ходу лапи H глибина загортання насіння h , які впливають на якість обробітку ґрунту, схожість насіння та в подальшому і на урожайність коренеплідів цукрових буряків.

Таблиця 2 – Показники якості роботи сівалок

Показники	Марка сівалки		
	Мультикорн	УПС-12	ССТ-12В
Норма висіву насіння, шт./м	12,0	10,7	12,0
	10,8	10,3	10,7
Кількість сходів, шт./м	9,9	8,8	9,8
	8,8	7,7	8,1
Середня відстань між рослинами, см	13,9	15,7	15,5
	14,2	16,4	15,0
Коефіцієнт варіювання, %	62,7	66,1	67,4
	54,0	56,1	58,7
Відносна польова схожість, %	71,8	68,3	70,2
	74,1	70,5	71,8
Змінна продуктивність, га/год	2,2	2,3	2,0
Витрата пального, кг/га	5,3	6,1	6,0
Ватрати праці, люд.год/га	1,35	1,3	1,29
Прямі експлуатаційні витрати, грн./га	308,0	217,5	170,9

Примітка: в чисельнику звичайне насіння, в знаменнику дражоване.

Для визначення залежності кришення ґрунту від вищевказаних факторів та можливості здійснювати технологічний процес кришення в цілому при певному їх поєднанні були проведені експериментальні дослідження.

Проведені дослідження показали, що при вологості ґрунту $W=20,4\%$ та поступальній швидкості лабораторної установки $V_{п}=1,6$ м/с значення кришення ґрунту при збільшенні кількості прутків від 10 до 14 штук відповідно становить 82,5...91,7 %. Так найкращий показник було досягнуто при діаметрі котка $d=0,3$ м та кількості прутків $n=12$ шт., де ступінь кришення ґрунту становив 91,7 %.

Із збільшенням поступальної швидкості $V_{п}$ від 1 до 2,25 м/с ступінь кришення ґрунту збільшувалась і для $n=12$ штук відповідно становила 88,9...91,5 %. Також найкращих показників роботи було досягнуто при поступальній швидкості лабораторної установки $V_{п}=1,6$ м/с та глибині розпушування $h = 3$ см., де ступінь кришення ґрунту $K_{к}$ становила відповідно 90,2 %.

Таким чином, однофакторні експерименти дали можливість підібрати оптимальні значення діаметра котка $d_{к}$, кута нахилу прутка $Y_{к}$, кількості прутків $n_{к}$ та поступальної швидкості $V_{п}$ при яких робота експериментальної установки і зокрема котка із прутками синусоїдної форми відповідає агротехнічним вимогам до передпосівного обробітку ґрунту під цукрових буряків. Але так як при однофакторних експериментах важко визначити оптимальні значення даних показників, то ми проводили багатофакторний експеримент по методу центрально - композиційного ортого-нального плану.

За параметр оптимізації, який характеризував якість роботи експериментальної установки, був прийнятий показник кришення ґрунту $K_{к}$. Кількість замірів для забезпечення заданої надійності дослідів визначали по таблиці В. І. Романовського.

На основі проведених досліджень нами було встановлено оптимальні конструктивні параметри котка де діаметр котка $d_{к}=0,25$ м, кількість синусоїдних прутків становить $n=12$ шт, кут нахалу прутків становить $Y=30^{\circ}$.

Вплив глибини передпосівного обробітку ґрунту і глибини загортання на польову схожість насіння та параметри розподілу рослин цукрових буряків приведено в табл. 3.

Дані табл. 3 показують, що глибина передпосівного обробітку ґрунту значно впливає на схожість насіння цукрових буряків. Так найбільша польова схожість насіння була 76,4% при глибині обробітку ґрунту 3 см, а найменша 48,7 % при глибині обробітку 7 см, глибина заробки насіння становила відповідно 2 та 3 см.

Таблиця 3 – Вплив глибини передпосівного обробітку ґрунту і глибини заробки на польову схожість насіння та параметри розподілу рослин цукрових буряків в рядках

Показники	Глибина передпосівного обробітку ґрунту, см				
	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
Глибина загортання насіння, см	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Середня польова схожість насіння, %	76,4	74,8	68,2	56,9	48,7
Густота рослин на початок збирання, тис/га					
S_p , см	204,4	200,0	177,8	140,0	113,3
n , шт/м	10,9	11,1	12,5	15,9	19,6
V_{Sp} , %	9,2	9,0	8,0	6,3	5,1
Площа живлення, см ²	65,4	61,2	56,7	52,8	50,4
Маса коренеплоду, P_k , г	490,5	499,5	562,5	715,5	882,0
Урожайність, т/га	195	205	245	321	376
	39,9	41,0	43,6	44,9	42,6

Висновки. На основі результатів отриманих при проведенні лабораторних і польових досліджень можна зробити такі висновки:

1. Встановлено оптимальні умови для проростання насіння цукрових буряків (вологість ґрунту близько 20 %, твердість ґрунту 1,0...1,2 гр/см², наявність в шарі заробки насіння фракцій ґрунту розміром 0,25...10 мм не менше 85 %);

2. Досліджено вплив режимів роботи експериментальної установки (діаметр котка d , кількості прутків n , кута нахилу прутків Y_n , поступальної швидкості V_n , глибини обробітку H та глибини загортання насіння h) на якість кришення ґрунту та польову схожість насіння цукрових буряків;

3. У результаті аналізу лабораторних досліджень встановлено оптимальні значення параметрів котка (діаметр котка $d=0,25$ м, кількість прутків $n=12$ шт, кут нахилу прутків $Y_n = 30^0$).

4. За результатами агротехнічної оцінки роботи експериментального комбінованого агрегату для передпосівного обробітку ґрунту та сівби насіння цукрових буряків порівняно із традиційними агрегатами вдалося досягти наступних результатів:

- покращення обробітку ґрунту в зоні заробки насіння, про що свідчить збільшення польової схожості насіння цукрових буряків та поява більш дружніх сходів;

- зменшення норми висіву насіння у зв'язку із підвищенням його польової схожості ;

- підвищення врожайності коренеплодів цукрових буряків на 10...15 %;
- зменшення експлуатаційних витрат на виконання передпосівного обробітку ґрунту та сівби насіння цукрових буряків.

Література

1. Желиговский В. А. Элементы теории почвообрабатывающих машин и механической технологии сельскохозяйственных материалов./ В. А. Желиговский – Тбилиси: Изд-во Груз. с.-х. института, 1960. – 364 с.
2. Качинский Н. А. Структура почв./ Н. А. Качинский – М.: МГУ, 1963.– 100 с.
3. Севернев М. М. и др. Совершенствование процессов и средств механизации для обработки почвы и посева./ М. М. Севернев – Минск.: ЦНИИМЭСХ, 1983.– 181с.
4. Хайлис Г. А. Расчет рабочих органов почвообрабатывающих машин: Учеб. Пос./ Г. А. Хайлис – К.: УМК ВО, 1990.– 83с.
5. Чайчиц Н. В. Теоретический анализ воздействия на почву прутковых роторов как крошащих и выравнивающих приспособлений к плугам и культиваторам // повышение качества обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур комбинированными машинами: Собр. науч. Трудов./ Н. В. Чайчиц - Горки.: ВСХА, 1989.

Рецензент д.т.н. Лось Л.В.

УДК 631.347

© В.С. Пуць, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

© О.В. Маркова, к.т.н.

Національний університет водного господарства та природокористування

АНАЛІЗ ТА БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОЦІНКА ДОЩУВАЛЬНИХ МАШИН

У статті викладено аналіз деяких конструкцій дощувальних машин, які найбільш широко представлені на ринку України. 3

використанням засад багатокритеріального оцінювання виконана порівняльна оцінка широкозахватних дощувальних машин із використанням адитивної згортки параметрів. Базуючись на результатах аналізу характеристик і особливостей конструкцій закордонних дощувальних багатоопорних машин, сформовано перелік основних напрямків розвитку дощувальної техніки за кордоном, з урахуванням яких рекомендовано проводити роботи, спрямовані на модернізацію та створення нової техніки для зрошення в Україні.

ЗРОШЕННЯ, ДОЩУВАЛЬНА МАШИНА, МЕЛІОРАЦІЯ, КРИТЕРІЙ, ВИТРАТИ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

Постановка проблеми. Основна мета сільськогосподарських меліорацій – отримання значних об'ємів продукції високої якості, в тому числі й за рахунок використання малопродуктивних земель.

В Україні значні території є несприятливими для ведення сільського господарства через недостатнє природне зволоження. Зрошуване землеробство забезпечує збільшення урожаю культур приблизно в два рази.

В останні роки через різке скорочення фінансування на розвиток науково-практичної діяльності у галузі меліорацій, через зношування дощувальної техніки розвитку зрошувального землеробства практично не спостерігається.

Враховуючи вище викладене, проведення дослідних робіт у галузі меліорації є актуальним. Підхід до здійснення даних досліджень повинен бути системним, що дозволить обґрунтувати основні положення щодо підвищення ефективності функціонування дощувальних машин. Це передбачає на початковому етапі виявлення основних напрямків розвитку конструкцій дощувальних машин за кордоном, що дозволить адекватно обґрунтувати напрямки створення та модернізації вітчизняних машин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналізу дощувальних машин і устаткування присвячено роботи А.М. Костякова [1], Б.М. Лебедева [2], К.В. Губера [3], І.Ф. Бойка [4], І.І. Науменка [5] та інших.

Зокрема роботи [1, 2, 3] присвячено обґрунтуванню переліку факторів, за якими доцільно проводити класифікацію дощувальних машин. Розробці нових технічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності дощувальної техніки, присвячено роботи І.І. Науменка [5], Ю.І. Гриня, О.І. Пашкевич [6, 7].

Авторами виконано дослідження, спрямовані на модернізацію та забезпечення раціональних умов використання мобільних дощувальних машин.

Ю.Ф. Сніпич [8] проаналізував парк і технічний стан дощувальних машин у РФ. Автором виконано техніко-економічний аналіз машини ДКФ–1, сформульовано основні етапи оновлення парку техніки для зрошування в умовах РФ.

Мета дослідження – аналіз конструкцій дощувальних машин, представлених на ринку України, та виявлення напрямків науково-дослідних і проектно-конструкторських робіт, спрямованих на створення сучасних дощувальних машин.

Результати дослідження. В Україні працює ВАТ «Завод Фрегат», який зберіг свої потужності лише на 70%. Фрегат – широкозахватна дощувальна машина колової дії, яка не потребує дизельного пального (рис. 1).



Рис. 1 – Дощувальна машина «Фрегат» з електричним приводом

У конструкції дощувальної машини застосовані комплектуючі відомих світових фірм – колісні та мотор-редуктори UMC (США), дощувальні апарати Wob Senninger (США), автоматична система керування з використанням комплектуючих Schneider-Electric і Honeywell. Машину оснащено електроприводом, візки спираються на два пневмоколеса, які приводяться в рух через два черв'ячні редуктори [9]. Автоматична система керування забезпечує можливість прямого та реверсивного руху в широкому діапазоні швидкостей. Робота машини забезпечується електрифікованими низьконапірними насосними станціями, які подають воду на зрошення. Площа поливу з однієї порції становить 15,8 – 111,3 га. При цьому комплектування машини може здійснюватись від одного до двадцяти візками.

Особливою вимогою для роботи машини є прокладання електричного кабелю під землею та компактне розташування дощувальних машин і насосної станції.

Із закордонних фірм, представлених на ринку України, слід відмітити Valmont Irrigation (США), RKD Irrigation (Іспанія), Bauer, Ocmis Irrigation.

Дощувальні машини фірми Bauer колової дії представлені модифікаціями машини Centerstar, яка працює у двох режимах – секторному та коловому. Площа зрошення 50-200 га (рис. 2).



Рис. 2 – Дощувальна машина Centerstar 9000

Фірма Valmont Irrigation представляє на ринках країн СНД, зокрема в Україні, машини колової дії Valley Pivot із секторним режимом роботи – Valley Rainger з площею зрошення 2,2–62,6 га. (рис. 3).

В Україні також застосовують машини фронтальної дії типу Linestar із дизель-гідравлічним або дизель-електричним приводом переміщення машини. Площа зрошення 100–200 га.

Широкозахватні дощувальні машини Center виробництва фірми RKD Irrigation характеризуються площею поливу 4–200 га і представлені на ринку декількома модифікаціями багатоопорних машин.



Рис. 3 – Дощувальна машина Valley Rainger

Широким попитом користуються машини дощувальні шлангово-барабанні. На ринку зрошувальної техніки України представлені машини фірм Bauer, Ocmis Irrigation (рис. 4).

Дані машини характеризуються високою мобільністю та значно нижчою ціною у порівнянні з широкозахватними, простотою застосування та обслуговування. Машини даного типу не виготовляються в Україні. Тому нижче проведемо порівняльне оцінювання деяких моделей широкозахватних машин із використанням методу адитивної згортки критеріїв [10]. З цією метою нами обрано три критерії:

- витрати води, м³/год.;
- норма питомих витрат палива на зрошення та переміщення машини, л/м³.;
- коефіцієнт ефективного поливу.

Згідно методики багатокритеріального аналізу:

1) було відібрано для порівняння декілька моделей широкозахватних багато опорних дощувальних машин марок Bauer (М 1), Valley (М 2), Linestar (М 3), Фрегат (М 4);

2) виконано нормування критеріїв згідно відомої залежності [10]:

$$\alpha = \frac{\alpha_{\text{пот}} - \alpha_{\text{min}}}{\alpha_{\text{max}} - \alpha_{\text{min}}}, \quad (1)$$

де $\alpha_{\text{пот}}$ – оцінка за поточним критерієм;

α_{\max} , α_{\min} – оцінка за найкращим та найгіршим критерієм (за умови постановки задачі досягнути максимального значення критерію оцінювання). Або за залежністю [10]:

$$\alpha = \frac{\alpha_{\max} - \alpha_{\text{пот}}}{\alpha_{\max} - \alpha_{\min}}. \quad (2)$$



Рис. 4 – Машина дощувальна шлангово-барабанна

Залежність (2) використовували за умови мінімізації критерію оцінювання. Так у нашому випадку залежність (1) використана для нормування коефіцієнту ефективного поливу, залежність (2) – двох інших критеріїв.

Результати нормування критеріїв представлено нижче в табл. 1.

Таблиця – Нормування критеріїв оцінювання

Машина	Витрати води, м ³ /год.	Витрати палива, л/м ³	Коефіцієнт ефективності поливу
М 1	0,59	1,0	1,0
М 2	0	0,41	0,3
М 3	0	0,95	0,2
М 4	0,37	0	0,2

Крім оцінювання варіантів за кожним із критеріїв, багатокритеріальна оцінка потребує вибору пріоритету критеріїв. У

якості основного критерію нами обрано коефіцієнт ефективності поливу.

Оператор згортки критеріїв розраховували наступним чином:

$$W(x) = h_1 f_1(x) + \dots + f_n(x) h_n, \quad (3)$$

де $n = 3$ – кількість критеріїв;

h_n – пріоритет n -го критерію;

$f_n(x)$ – нормовочна функція для n -го варіанта.

Отримали:

– для М 1: $W(x_1) = 0,25 \cdot 0,59 + 0,25 \cdot 1,0 + 0,5 \cdot 1,0 = 0,8975$;

– для М 2: $W(x_2) = 0,25 \cdot 0 + 0,25 \cdot 0,41 + 0,5 \cdot 0,3 = 0,2525$;

– для М 3: $W(x_3) = 0,25 \cdot 0 + 0,25 \cdot 0,95 + 0,5 \cdot 0,2 = 0,3375$;

– для М 4: $W(x_4) = 0,25 \cdot 0,37 + 0,25 \cdot 0 + 0,5 \cdot 0,2 = 0,1925$.

Як бачимо, за результатами багатокритеріального оцінювання можна рекомендувати до використання багатопорну широкозахватну машину Вауер колової дії модифікації машини Centerstar, яка працює у двох режимах – секторному та коловому. Даний варіант не є слабким ні за жодним обраним критерієм.

Висновки. З виконаного аналізу конструкцій та технічних характеристик дощувальних машин виявлено:

1. У машинах широко застосовують електропривод замість гідравлічного та дизельного приводів.

2. Конструкції не передбачають використання металевих коліс.

3. Зростає номенклатура машин комбінованої дії (колова та фронтальна).

4. В машинах широко застосовуються системи автоматичного керування.

5. Конструктивне виконання машин дозволяє здійснювати зрошення низьких рослин зі значним зменшенням втрат води через знесення вітром і випаровування.

6. Вітчизняна машина «Фрегат» потребує удосконалення з метою підвищення критеріїв ефективності її використання та досягнення показників роботи на рівні світових зразків, що значно збільшить попит на дані машини та сприятиме підвищенню її конкурентноздатності.

Література

1. Костяков А.Н. Основы мелиорации/ А.Н. Костяков. – М.: Сельхозиздат, 1960. – 622 с.

2. Лебедев Б.М. Дождевальныемашины/ Б.М. Лебедев. – М.: Машиностроение, 1977. – 244 с.
3. Губер К.В. Дождевальные машины и их применение/ К.В. Губер. – М.: Россельхозиздат, 1975. – 70 с.
4. Бойко И.Ф. Система фермерського земледелия на базе дождевальных машин/ И.Ф. Бойко, В.М. Уссаковский// Техника в сельском хозяйстве, 1996, № 6. – С.25-27.
5. І.І. Науменко Дослідження інтенсивності дощу та рівномірності зрошення дощувальними насадками секторної дії/ Науменко І.І., Шашкевич О.І.// Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво. Рівне. НУВГП. Вип. 20. 2005. – С.66-79.
6. Ю.І. Гринь Сумісне використання широкозахватних і мобільних дощувальних машин/ Гринь Ю.І., Удовенко В., Вельбик А.Г., Шашкевич О.І., Дем'янюк О.С., Бабіцький В.В.// Водне господарство України. Держводгосп України. – К.: № 3. 2005. – С.32-36.
7. Дощувальна насадка. Патент 55662 А, МКИ АОІG 25/00. Гринь Ю.І., Пашкевич О.І., Дем'янюк О.С. Заявлено 08.02.2002; Опубл. 15.04.2003 // Бюл. № 4. – 2003 р. – 2 с.
8. Снопич Ю.Ф. Совершенствование технических средств орошения дождеванием/ Ю.Ф. Снопич. – Новочеркасск: ООО «Геликон», 2007. – 110 с.
9. ПАО завод Фрегат [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.fregat.mk.ua/cat/products.dozhdevalnie-mashiny> (дата звернення 02.02. 2017). – Назва з екрана.
10. Брахман Т.Р. Многокритериальность и выбор альтернатив в технике/ Т.Р. Брахман.– М.: Радио и связь, 1992. – 504 с.

Рецензент д.т.н. О.О. Налобіна

УДК 631.312; 631.316.22

В.М. Сало, д.т.н., С.М. Лещенко, к.т.н., О.І. Шевченко
Центральноукраїнський національний технічний університет

НОВА КОНСТРУКЦІЯ ЧИЗЕЛЬНОГО ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧА-УДОБРЮВАЧА

В статті доводиться необхідність проведення глибокого розпушування ґрунту з метою покращення інфільтраційних

властивостей, збереження агротехнічно цінних агрегатів та створення умов для впровадження ґрунтозахисного ресурсозберігаючого землеробства. Представлена конструкція комбінованого чизельного глибокорозпушувача із уніфікованим секційним пристосуванням для внесення мінеральних добрив, та наведені результати експериментальних досліджень забезпечення необхідних норм внесення мінеральних добрив.

ЧИЗЕЛЬНИЙ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧ-УДОБРЮВАЧ, НОРМА ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ, ЧИЗЕЛЬНА ЛАПА, ЗУБЧАСТІ КОТКИ, ҐРУНТОЗАХИСНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Постановка проблеми. Собівартість продукції рослинництва значною мірою залежить від набору технологічних операцій, які необхідно виконувати для вирощування відповідної сільськогосподарської культури, а також технічних засобів для їх виконання. Світові тенденції розвитку галузі рослинництва передбачають широке впровадження ґрунтозахисних, енергозберігаючих технологій мінімального обробітку ґрунту. З іншого боку – інтенсивне використання ґрунтів вимагає підтримання їх родючості шляхом внесення органічних і особливо мінеральних добрив. Даний захід є основою для отримання стабільних врожаїв сільськогосподарських культур і потребує підвищення загальної культури землеробства. Багаторічний досвід штучного підживлення рослин підтверджує доцільність використання останніх, але ступінь засвоєння мінеральних добрив рослинами залежить не тільки від їх стану і властивостей, а й від агротехніки внесення. В Україні найбільш поширеною і вкрай неефективною технологією внесення добрив залишається розкидання їх по поверхні поля з послідуочим загортанням в ґрунт, при якому значна частина поживних речовин взагалі не використовується культурними рослинами [1]. Засвоєння мінеральних добрив рослинами при їх поверхневому розкиданні з подальшою заробкою є незначним, тому що поживні речовини, в одному випадку, дренажують в нижні горизонти ґрунту і є недосяжними для кореневої системи культурних рослин, а в іншому – розчиняються під дією біологічних факторів і вивітрюються, або засвоюються кореневою системою бур'янів, підживлюючи їх [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведені дослідження доводять, що значно ефективнішим способом внесення добрив є внутрішньогрунтове розміщення їх в певних горизонтах на заданій глибині [3]. Внутрішньогрунтовий спосіб дозволяє більш раціонально використовувати задані дози мінеральних добрив, що знижує загальні витрати на виробництво продукції рослинництва.

Застосування таких технологій стримується відсутністю відповідного технічного забезпечення.

З іншого боку, аналіз ґрунтово-кліматичних умов виробництва, а також технології вирощування сільськогосподарських культур свідчить про те, що в більшості випадків основною перешкодою отримання високих врожаїв залишається недостача вологи в ґрунтах. За твердженням багатьох науковців, одним із шляхів, принаймні часткового, вирішення даної проблеми може бути повернення до застосування чизельного основного обробітку ґрунту, здатного більш інтенсивно, і на досить велику глибину, розпушувати нижні і мульчувати верхні шари подрібненими рослинними рештками, при цьому забезпечувати оптимальні умови для запобігання вітровим і водним ерозією, а головне, накопичувати достатню кількість вологи в зимовий період, та створити передумови утримувати її протягом усього періоду вегетації культурних рослин [4-6].

Відомі різні конструкції обладнання для ґрунтообробних і комбінованих машин призначених для одночасного виконання розглянутих операцій. Здебільшого такі способи внесення знаходять реалізацію в конструкціях плоскорізів та важких культиваторів. Та виробники центральних регіонів України все частіше прибігають до глибокого обробітку ґрунту чизельними робочими органами, які сприяють руйнуванню підорної підшви і сприяють кращому накопиченню та утриманню вологи [7, 8]. Конструкції чизельних глибокорозпушувачів є також придатними для створення на їх основі комбінованих машин, шляхом обладнання їх пристосуваннями для внесення основної дози мінеральних добрив.

Метою дослідження є розробка конструкції та обґрунтування основних параметрів чизельного глибокорозпушувача-удобрювача.

Результати дослідження. На кафедрі сільськогосподарського машинобудування Центральноукраїнського національного технічного університету розроблено конструкцію комбінованого чизельного глибокорозпушувача [6-10] (рис.1), який призначено для розпушування важких та середніх ґрунтів при відсутності каміння, як у весняний так і осінній період та часткового закриття в ґрунт органічних та мінеральних добрив. Залежно від конструктивної ширини захвату може агрегатуватися з тракторами тягового класу від 2 до 5. За способом агрегування комбінований чизельний глибокорозпушувач є начіпною машиною, яка здатна якісно виконувати технологічний процес на полях з нахилом місцевості до 8°, на ґрунтах при вологості до 27% та твердості до 5 МПа. Ґрунторозпушувач має оригінальну зварну раму високої жорсткості з пустотілих брусів та металевих пластин з трирядним нерівномірним розташуванням робочих органів.

З'єднання чизеля з трактором виконується за допомогою триточкової навісної системи.

Основні робочі органи глибокорозпушувача-удобрювача – чизельні лапи 3 з шириною захвату долота 50 мм, які мають індивідуальне кріплення та можуть розпушувати ґрунт га глибину до 60 см. Зуб розташований в передній частині стояка забезпечує перерізання крупних грудок, які можуть відриватися від суцільного ґрунтового масиву долотом. Плоскорізальні крила, закріплені по боках стояків і також призначені для додаткового розпушування ґрунту, можуть установлюватися на різній відстані від долота залежно від заданої глибини обробітку.

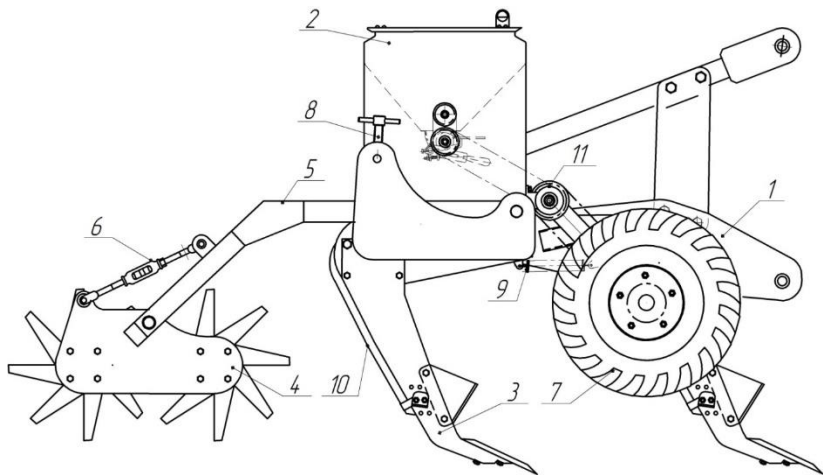


Рис. 1 – Глибокорозпушувач-удобрювач:

- 1 – рама глибокорозпушувача;
- 2 – бункер з висівними апаратами;
- 3 – чизельні лапи;
- 4 – котки;
- 5 – кронштейн котків;
- 6 – гвинтова стяжка;
- 7 – привідне колесо;
- 8 – механізм регулювання глибини;
- 9 – натискна пружина;
- 10 – тукопровід;
- 11 – ланцюгові передачі

Додаткові робочі органи чизельного глибокорозпушувача-удобрювача – зубчасті котки 4, які виконують дві функції. Перша – це інтенсивне розпушування та вирівнювання попередньо зрушеного лапами ґрунту. Друга – виконання функції опорного елемента для встановлення глибини обробітку основними робочими органами – чизельними лапами. Зубчасті котки розташовані позаду чизельних лап на всю ширину машини. Гвинтова стяжка 6 регулювання положення

котків, залежно від задач обробітку та стану ґрунту, дозволяє змінювати інтенсивність роботи кожного з котків змінюючи їх взаємне положення в вертикальній площині. Переведення чизеля в транспортний стан і навпаки здійснюється з місця тракториста гідросистемою трактора.

Механізмом регулювання глибини ходу є гвинтова пара 8. При закручуванні або викручуванні гвинта міняється положення котків під час роботи відносно рами. Один повний оберт гвинта відповідає зміні глибини обробітку ґрунту на 15 мм.

Особливість обладнання глибокорозпушувача пристосуванням для внесення мінеральних добрив полягає в тому, що сімейство чизельних глибокорозпушувачів має різну ширину захвату, від 1,5 до 4,5 м і обладнувати їх одним, оригінальним для кожної моделі, бункером призведе до суттєвого зниження уніфікації ряду вузлів. В зв'язку з цим пропонується до використання уніфікований для всіх марок машин секційний бункер. Кожна секція має конструктивну ширину 0,9 м. і обладнується трьома катушковими висівними апаратами.

Залежно від загальної ширини захвату глибокорозпушувача на ньому установлюється відповідна кількість секцій бункерів. Привід катушкових висівних апаратів здійснюється від спеціального колеса, яке шарнірно закріплюється до рами. Обертний момент від зірочки закріпленої на маточині колеса передається на блок зірочок проміжного вала і далі до вала висівних апаратів та ворушилок. Дозування матеріалу забезпечують катушкові висівні апарати. Транспортування добрив здійснюється по тукопроводах, верхня частина яких представляє собою армовану поліетиленову трубу, а нижня – жорстко закріплена до задньої частини стояка чизельної лапи – металева труба з загнутою верхньою частиною. При роботі машини чизельні лапи розпушують ґрунт на задану глибину, а потік добрив, сформований висівним апаратами по тукопроводах подається в тимчасову порожнину за робочим органами, яка утворюється в результаті сколювання ґрунту. Таким чином, добрива заробляють в ґрунт на задану глибину, де ефективно можуть бути використані під час вегетаційного періоду культурними рослинами.

Оскільки для забезпечення заданих норм висіву добрив рекомендується використовувати жолобчасті висівні апарати, то реальна норма їх висіву може відрізнятись від розрахункової, виконаною за класичною методикою для насіння зернових культур. Проведені перевірочні експериментальні дослідження підтвердили дане припущення. Пробний висів виконували для гранульованого суперфосфату з питомою масою $\rho = 1\text{г/см}^3$. Встановлено, що при

мінімально можливій довжині робочої частини котушки – 5 мм за один оберт може висіватися 3 г суперфосфату, а при максимальній довжині – 30 г.

З урахуванням конструктивних особливостей машини норма внесення добрив при відповідному передаточному відношенні може бути розрахована за формулою

$$Q = \frac{m \cdot n \cdot i \cdot 10000 \cdot (1 - \varepsilon)}{B \cdot D_k \cdot \pi}, \text{ кг}$$

де m – маса гранул добрив, що висівається котушкою за один оберт, кг;

n – кількість висівних апаратів на машині, шт;

i – передаточне відношення від колеса до вала висівних апаратів;

D_k – діаметр приводного колеса, м;

B – ширина захвату машини, м;

ε – коефіцієнт проковзування приводного колеса.

В більшості випадків норма внесення добрив задається довжиною робочої частини котушки при передаточному відношенні $i = 1$. Для зручності налаштування машини на задану норму внесення добрив розроблена номограма (рис. 2) завдяки якій, залежно від питомої маси добрив можна визначити необхідну довжину робочої частини котушки.

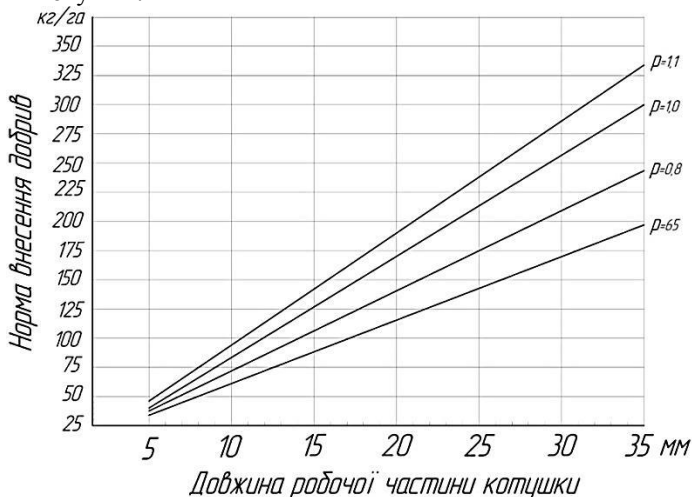


Рис. 2 – Залежність орієнтовної норми внесення добрив від довжини робочої частини котушки при різних значеннях їх питомої маси ρ

При необхідності отримання інших норм внесення добрив необхідно забезпечувати більше чи менше передаточне відношення механізму передач, встановлюючи на вал висівних апаратів зірочку з відповідною кількістю зубів. Правильність налаштування перевіряють за стандартними методиками.

Висновки. Отже, комбіновані чизельні глибокорозпушувачі, обладнані пристосуванням для внесення гранульованих мінеральних добрив, одночасно з виконанням обробітку ґрунту забезпечують локальне внесення мінеральних добрив, що сприяє підвищенні універсальності комбінованого агрегату, якості та продуктивності виконання технологічного процесу глибокого розпушування із внесенням добрив. Дане удосконалення забезпечує поєднання двох технологічних операцій за один прохід агрегату по полю, в наслідок чого досягається економія пального, людської праці, скорочуються терміни виконання роботи, зменшується негативний вплив на ґрунт. Проведені відповідні конструкторські розрахунки, лабораторні та польові експериментальні дослідження підтверджують працездатність нової конструкції і можливість її ефективного використання. Запропонована методика розрахунку норм внесення добрив виходячи із передаточного відношення туковисівних апаратів та наведена номограма, що дозволяє в залежності від питомої маси добрив можна визначити необхідну довжину робочої частини котушки.

Література

1. Адамчук В.В. Механіко-технологічні і технічні основи підвищення ефективності внесення твердих мінеральних добрив та хіммеліорантів: дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук. – Київ: Національний аграрний університет, 2006. – 442 с.
2. Булаев В.Е. Агрехимические основы и технология локального внесения удобрений. // Способы внесения удобрений. / Труды ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1986. – С. 5-40.
3. Вильдфлуш Р.Т. Миграция питательных веществ в почве и особенности питания растений при локальном внесении основного минерального удобрения / Р.Т. Вильдфлуш // Бюл. ВИУА. – 1974. – №18.– С. 64-79
4. Заяц А. Н., Синявин В. Д. Влияние безотвальных способов основной обработки почвы на некоторые элементы плодородия чернозема типичного и на урожайность гороха // Вісник ХДТУ: 36. наук. пр. / Харк. держ. аграр. ун-т. 1998. №2.
5. Дука В. Рациональное использование удобрив / В. Дука. – Львів: Каменяр, 1967. – 72 с.

6. Сало В. Технічне забезпечення процесів глибокого розпушування ґрунту / В. Сало, С. Лещенко // Пропозиція: український журнал з питань агробізнесу. Інформаційний щомісячник. – 2015. – N 10. – С.122-124.

7. Сало В.М. Обґрунтування доцільності проведення глибокого чизельного рихлення на переущільнених та ерозійно-небезпечних ґрунтах / Сало В.М., Лещенко С.М. // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Вип. 28. – Кіровоград: КНТУ, 2015. – С. 181-186

8. Лещенко С. Состояние вопроса и перспектива интенсификации работы чизельных орудий с целью сохранения естественного плодородия / С. Лещенко, В. Сало, А. Васильковский // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery. Vol. 16 - №2, Lublin – Rzeszów: Polish Academy of Sciences, 2014. – P. 195-201.

9. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей / Сало В.М., Лещенко С.М., Лузан П.Г., Мачок Ю.В., Богатирьов Д.В. – Х.: Мачулін, 2016. – 244 с.

10. Лещенко С.М. Вплив конструктивних параметрів чизельної лапи глибокорозпушувача на деформацію ґрунту / Лещенко С.М., Сало В.М., Петренко Д.І., Лісовий І.О. // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти – Вип. 4. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2016. – С. 115-124.

УДК 674.05.075.32

© З.С. Сірко, к.т.н.,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

© В.К. Д'яконов, Торчиловський Д.П.,

Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс»

РАЦІОНАЛЬНІ МЕТОДИ ПІДХОДУ ДО ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ РОЗПИЛЮВАННЯ КРУГЛИХ ЛІСОМАТЕРІАЛІВ

Наведено принцип підходу та вибору устаткування для поздовжнього розпилювання круглих лісоматеріалів.

УСТАТКУВАННЯ, ВИБІР, КРИТЕРІЙ, АНАЛІЗ

Постановка проблеми. Для лісопиляльного підприємства рано чи пізно виникає необхідність у виборі устаткування. Для поздовжнього розпилювання колод існує декілька технологічних схем, основними із яких в якості головного верстата є лісопиляльна рама, стрічкопилковий - та круглопилковий верстати. Надзвичайно важливим є питання раціонального вибору устаткування для успішної економічної діяльності підприємства на поточний час та перспективу [1,2].

Мета дослідження. Розроблення методики вибору устаткування для поздовжнього розпилювання круглих лісоматеріалів.

Результати дослідження. Для досліджень використано метод багатокритеріальної оцінки параметрів устаткування, що використовує різні принципи ділення колод.

На основі аналізу думок експертів встановлено перелік критеріїв, які важливі під час вибору обладнання:

- продуктивність устаткування, м³/в зміну;
- встановлена потужність, кВт;
- наявність стисненого повітря;
- корисний вихід пиломатеріалів, %;
- кількість відходів, %;
- кількість обслуговуючого персоналу, люд.;
- вартість обладнання, тис. грн.;
- фонд зарплати в місяць;
- затрати на електроенергію, грн.

З метою більш раціонального підходу до вибору устаткування прийнята ціна обладнання заводу-виробника. Потужність цеху – 20 тис. м³/в рік. В якості головного стрічкопилкового верстата вибраний вертикальний колодопиляльний верстат італійської фірми «Pezzolato», який добре себе зарекомендував на підприємствах України. Виходячи із потужності підприємства прийнята лісопиляльна рама 2Р63, яка може забезпечити продуктивність пиляння 80 – 90 м³/в зміну. Із круглопилкових верстатів вибраний верстат мод. ЦДТ-7 з двома валами та двома пилами (верхня D=1000 мм, нижня D=1250 мм), які знаходяться в одній площині. Верхню пилу встановлено на рухомій рамі і вона може опускатися, компенсуючи таким чином зношення пил.

В табл. 1 приведені значення показників для кожного виду устаткування (технічні та економічні показники, які на думку експертів найбільш значимі). Розрахункові (бажані) значення показників, до яких повинні прагнути показники устаткування, що вибирається, авторами визначені як базовий варіант. Значимість критеріїв

визначаються експертами та їх значення наведені в нижній частині табл. 1.

Зведені технічні та економічні індекси під час вибору устаткування показані на рис. 1.

Інтегральний показник значимості (переваги) верстатів, що розглядаються показаний на рис.2.

Ранжирний перелік інтегральних показників устаткування наведено в табл.2.

Таблиця 1 – Значення показників для кожного виду устаткування

Верстати	Критерії технічні							Критерії економіки				
	Продуктивність, м ³ /зміну	Шортксіть оброблених поверхонь, Rz max	Встановлена потужність, кВт	Швидкість подачі, м/хв	Кількість відходів в тирсу, %	Чисельність обслуговуючого персоналу, чол..	Зведений індекс технічний	Вартість верстата, млн. грн..	Місячний фонд заробітної плати, тис.грн..	Вартість ел.енергії за зміну, грн	Зведений індекс економічний	Інтегральний показник
Базовий варіант	100	900	100	50	10	2	1,0	0,1	9,0	182	1,0	1,0
Стрічко-пилковий верстат Pezzolato	30	700	18	35	8	2	0,6	0,9	12,0	32,8	5,85	0,10
Круглоти-ковий верстат з двома пилками	70	600	128	80	18	2	1,0	0,25	10,0	233	1,95	0,53
Лісопиля-льна рама 2Р63	85	1200	137	8	12	2	1,0	0,09	10,0	249	1,02	1,00
Значи-мість критерію	0.30	0.25	0.10	0.10	0.15	0,10		0,6	0,2	0,2		

Таблиця 2 – Ранжирний перелік інтегрованих показників устаткування

Пріорітет	Варіанти	Інтегральний показник	
1	Базовий варіант	1,000	Відповідає базовому варіанту
2	Лісопиляльна рама 2Р63	0,997	Поступається базовому варіанту
3	Круглопилковий верстат з двома пилками	0,529	Поступається базовому варіанту
4	Стрічкопилковий верстат Pezzolato	0,101	Поступається базовому варіанту

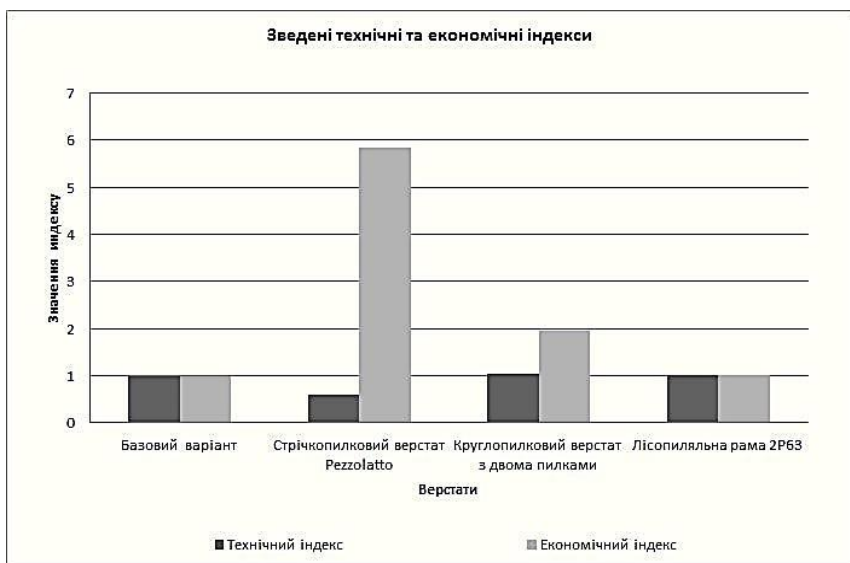


Рис.1 – Зведені технічні та економічні індекси верстатів

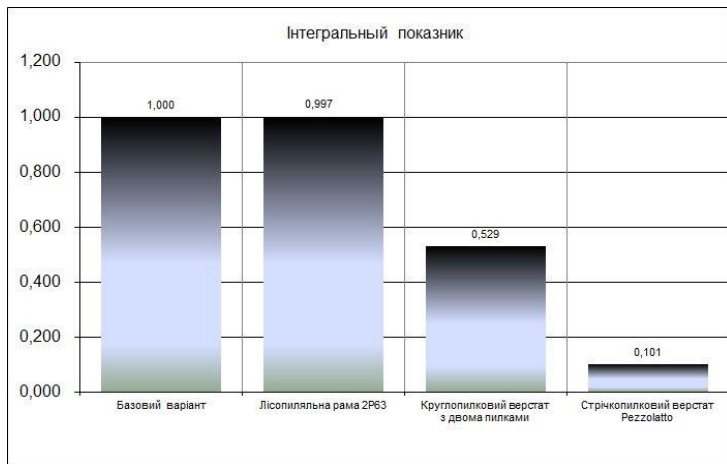


Рис.2 – Інтегральний показник значимості (переваги) верстатів

Висновки.

1. Вибір лісопиляльного устаткування з декількох альтернативних варіантів можна виконати, порівнюючи технічні і економічні критерії між собою.
2. Число критеріїв або альтернатив не обмежене.
3. Змінюючи значення показників, окрім значущості критерію, (вибираючи верстати за властивостями або за витратами) розставляємо пріоритети.
4. Підсилити (понижити) значущість критерію для всіх верстатів одночасно можна змінюючи вагу (значущість) критерію.
5. Перевагу слід віддати верстату, який отримав найбільший пріоритет.
6. Верстат, що має найвищий пріоритет, не означає, що це найкращий верстат взагалі. Це означає, що виключно в межах даних критеріїв і з врахуванням значущості критерію цей верстат має перевагу серед інших.

Література

1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М. : Радио и связь, 1993. – 278с.
2. Шостак В.В. Деревообробні верстати загального призначення / [Шостак В.В., Григор'єв А.С., Савчук Я.І. та ін.] ; під ред. В.В. Шостака. – К. : Знання, 2007. – 279с.

Рецензент д.т.н. О.О. Пінчевська

УДК 631.331

©М.С.Шведик, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ СИЛ СПРИЧИНЕНИХ ТИСКОМ ЗЕРНОВОГО ШАРУ НА НАСІНИНУ РОЗМІЩЕНУ В КОМІРЧИНІ ВИСІВНОГО ЕЛЕМЕНТА

У статті наведено конструктивно-технологічні схеми шести типів висівних апаратів та розглянуто схеми тисків, що діють на їхні висівні елементи розміщені в зерновому шарі. На основі аналізу дії цих тисків виявлено між ними відмінні і спільні ознаки та встановлено аналітичні залежності для визначення сили відповідно вертикального, бічного і вторинного бічного тиску, а також сили лобового опору та сили тертя насінини об зерновий шар, що дає можливість з достатньою точністю розрахувати необхідну величину глибини розрідження всередині барабана для різних висівних апаратів.

ВИСІВНИЙ ЕЛЕМЕНТ, КОМІРЧИНА, НАСІНИНА, ЗЕРНОВИЙ ШАР, ТИСК, БІЧНИЙ ТИСК, СИЛА, ЛОБОВИЙ ОПІР, ТЕРТЯ

Постановка проблеми. Одним з резервів, що дозволяє підвищити врожайність зернових колосових культур і знизити собівартість виробництва зерна, є застосування точного висіву [1]. Для його реалізації, як в Україні, так і за рубежом, активно ведуться розробки зі створення високоефективного висівного апарата [2,3,4].

Найбільш перспективним апаратом для точного висіву зернових колосових культур є пневмомеханічний апарат барабанного типу, який забезпечує централізований висів насіння по ширині захвату сівалки [4,5]. Принцип роботи таких апаратів ґрунтується на створенні всередині барабана вакууму під дією якого насіннина присмоктується до комірчини і виноситься в зону розвантаження. При цьому точність висіву насіння залежить насамперед від забезпечення 100% заповнення кожної комірчини тільки однією насінниною в забірній камері, надійного утримання відібраних насіннин в комірчинах під час їх транспортування до зони розвантаження і розвантаження комірчин [2,3,4,5,6].

Однак, на процес заповнення комірчин насінням і його транспортування діють сили спричинені тиском зернового шару в бункері, які погіршують якість одно зернового висіву. Тому головним завданням на етапі проектування апаратів для точного висіву насіння зернових колосових культур є отримання аналітичних залежностей для визначення цих сил, що дасть можливість з достатньою точністю

розрахувати необхідну величину глибини розрідження всередині барабана.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз теоретичних і експериментальних досліджень в галузі точного висіву насіння [2,3,4,5,7,8] показує, що всі вони в основному приурочені вивченню робочого процесу висівних апаратів, зокрема визначенню сили і глибини присмоктування насінини до комірчини, обґрунтування їх конструктивних параметрів та встановлення оптимальної площі живлення рослин. На основі цих досліджень була розроблена теорія процесу висіву насіння. Однак в більшості випадків отримані в результаті теоретичних досліджень аналітичні залежності для визначення параметрів і режимів роботи висівних апаратів не є узагальненими, а стосуються тільки якогось одного типу. Тому їх важко адаптувати для розрахунків інших апаратів. У зв'язку з цим виникає потреба провести в цьому аспекті подальші дослідження, результати яких будуть покладені в основу вишикування технічних рішень і механіко-технологічного обґрунтування параметрів апаратів точного висіву.

Мета дослідження. Враховуючи широкий різновид існуючих на даний час конструктивно-технологічних схем висівних апаратів, необхідно на основі єдиного підходу до кожного з них провести аналіз сил спричинених дією зернового тиску на насінину розміщену в комірчині висівних елементів і встановити аналітичні залежності для їх визначення.

Результати дослідження. Під час обертання висівного елемента у суцільному зерновому шарі на його зовнішню або внутрішню поверхню – периферію, діє тиск зернового шару. При цьому залежно від типу висівного елемента [6] і розміщення комірчини в просторі на насінину може діяти вертикальний тиск σ_B , бічний σ_B [9] і вторинний σ_{BB} [2] бічний тиск, або ж їх одночасна дія. Ці тиски можна визначити за відомими формулами і вони викликають сили відповідно вертикального P_B , бічного P_B і вторинного P_{BB} бічного тиску, а також силу F_L лобового опору та силу тертя F_T насінини об зерновий шар. Фрагменти комірчин з насіниною для різних висівних елементів наведено на рис. 1... рис.4.

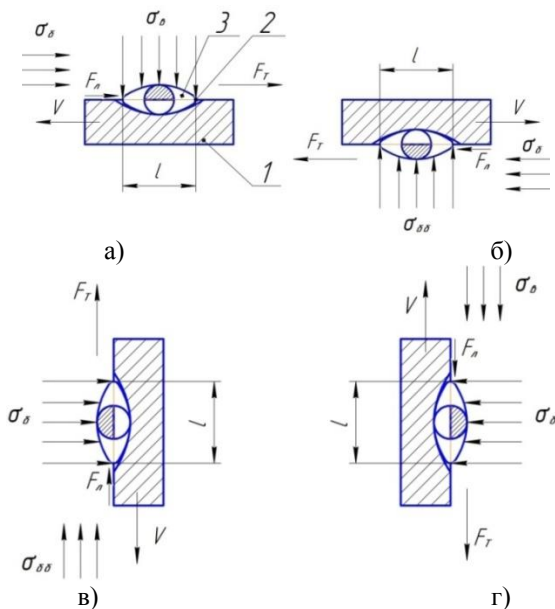


Рис.1 – Фрагменти комірчин, які відображають послідовне проходження чотирьох фаз комірчиною барабанного висівного елемента з горизонтальною віссю обертання

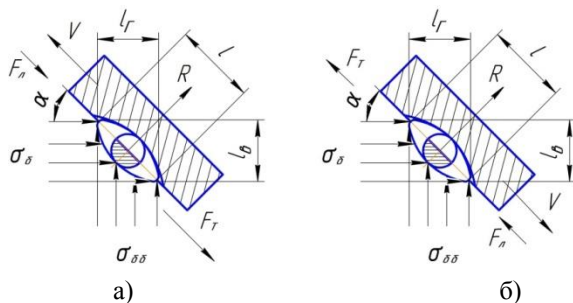


Рис.2 – Фрагменти комірчин висівного елемента з нахиленою віссю обертання, які розміщені на нижній основі (торці) циліндра

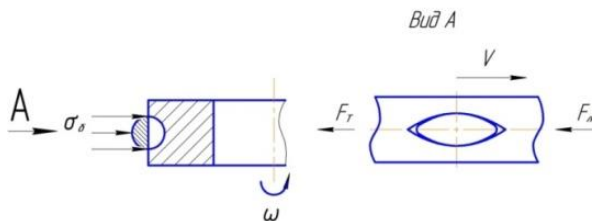


Рис.3 – Фрагменти комірчин, які розміщені на циліндричній поверхні барабанного висівного елемента з вертикальною віссю обертання

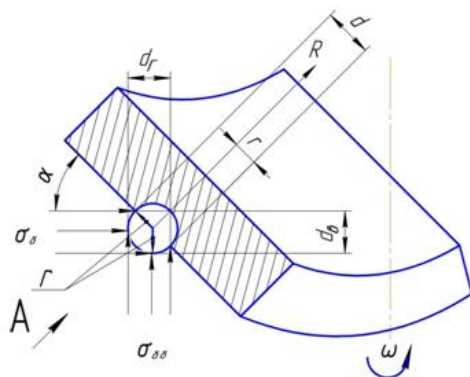


Рис.4 – Фрагмент комірчини, яка може бути розміщена на зовнішній, або внутрішній поверхні конічного висівного елемента з вертикальною віссю обертання, або ж на торцевій поверхні висівного елемента з нахиленою віссю обертання в момент проходження через найвищу і найнижчу точку

На відкриту частину насінини, яка розміщена у комірчині висівного елемента, рис.1а, силу вертикального тиску P_B викликану вертикальним тиском σ_B шару насіння можна визначити за формулою:

$$P_B = \frac{1}{2} \pi \cdot r \cdot l \cdot n' \cdot K_o \cdot \rho \cdot g \cdot h, \quad (1)$$

а силу F_L лобового опору, що виникає в результаті дії бічного тиску σ_B насіння в бункері на лобову поверхню S_L насінини з розташованій в комірчині 2 (рис.1а) і силу тертя F_T можна визначити так:

$$F_L = \frac{1}{2} \pi \cdot r^2 \cdot \xi' \cdot n' \cdot K_o \cdot \rho \cdot g \cdot h. \quad (2)$$

$$F_T = \frac{1}{2} \pi \cdot r \cdot l \cdot f \cdot n' \cdot K_0 \cdot \rho \cdot g \cdot h. \quad (3)$$

Для комірчини, яка займає положення наведене на рис.1б силу вторинного бічного тиску $P_{ББ}$ можна визначити за формулою:

$$P_{ББ} = \frac{1}{2} \pi \cdot r \cdot l \cdot (\xi')^2 \cdot n' \cdot K_0 \cdot \rho \cdot g \cdot h, \quad (4)$$

Сила лобового опору F_L визначається аналогічним чином за формулою 2(9), а сила тертя F_T насінини об шар насіння за формулою:

$$F_T = \frac{1}{2} \pi \cdot r \cdot l \cdot f \cdot (\xi')^2 \cdot n' \cdot K_0 \cdot \rho \cdot g \cdot h. \quad (5)$$

Для комірчини, яка займає положення, що наведене на рис.1в, силу бічного тиску P_B викликану бічним тиском σ_B шару насіння в загальному можна визначити за формулою:

$$P_B = \frac{1}{2} \pi \cdot r \cdot l \cdot \xi' \cdot n' \cdot K_0 \cdot \rho \cdot g \cdot h. \quad (6)$$

Силу лобового опору F_L , що виникає в результаті дії вторинного бічного тиску $\sigma_{ББ}$ насіння в бункері на лобову поверхню S_L насінини розташованої в комірчині та силу тертя F_T визначимо за формулами:

$$F_L = \frac{1}{2} \pi \cdot r^2 \cdot (\xi')^2 \cdot n' \cdot K_0 \cdot \rho \cdot g \cdot h. \quad (7)$$

$$F_T = \frac{1}{2} \pi \cdot r \cdot l \cdot f \cdot \xi' \cdot n' \cdot K_0 \cdot \rho \cdot g \cdot h. \quad (8)$$

Для комірчини, яка займає положення наведене на рис..1г силу бічного тиску P_B і силу тертя F_T насінини об шар насіння визначимо відповідно за формулою (6) та (8), а силу лобового опору F_L , що виникає від вертикального тиску σ_B за формулою:

$$F_L = \frac{1}{2} \pi \cdot r^2 \cdot n' \cdot K_0 \cdot \rho \cdot g \cdot h. \quad (9)$$

Для комірчини, яка займає положення наведене на рис.2а, силу тертя F_T та сили P_B і $P_{ББ}$ визначимо з врахуванням тиску на проекцію площі поздовжнього перерізу насінини у вертикальній і в горизонтальній площинах за формулами:

$$F_T = \frac{1}{2} \pi \cdot r \cdot l \cdot f \cdot \xi' \cdot n' \cdot K_0 \cdot \rho \cdot g \cdot h \sqrt{\sin^2 \alpha + (\xi')^2 \cdot \cos^2 \alpha}. \quad (10)$$

$$P_B = \frac{1}{2} \pi \cdot r \cdot l \cdot \xi' \cdot n' \cdot K_0 \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot \sin \alpha, \quad (11)$$

$$P_{BB} = \frac{1}{2} \pi \cdot r \cdot l \cdot (\xi')^2 \cdot n' \cdot K_{\delta} \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot \cos \alpha. \quad (12)$$

При цьому для насінини розташованій в комірчині, що рухається вниз, рис.3а, на її лобову поверхню S_L під кутом α діє вторинний бічний тиск σ_{BB} насіння в бункері і лобовий опір F_L і визначається за формулою:

$$F_L = \frac{1}{2} \pi \cdot r^2 \cdot (\xi')^2 \cdot n' \cdot K_{\delta} \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot \sin \alpha. \quad (13)$$

Для насінини розташованій в комірчині, що рухається верх, рис.2б, на її лобову поверхню S_L бічний тиск σ_B насіння в бункері діє під кутом α і лобовий опір F_L визначається за такою формулою:

$$F_L = \frac{1}{2} \pi \cdot r^2 \cdot \xi' \cdot n' \cdot K_{\delta} \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot \cos \alpha. \quad (14)$$

Для комірчини, яка займає положення наведене на рис.3, насінинна сприймає тільки бічний тиск σ_B . При цьому напрямок дії сили бічного тиску P_B , лобового опору F_L і сили тертя F_T знаходяться в горизонтальній площині. Тому ці сили визначаються аналогічним чином, тобто за виразами (6), (7) і (8).

Для комірчини, яка займає положення наведене на рис.4 силу бічного P_B і силу вторинного бічного тиску P_{BB} визначаємо з врахуванням тиску на площу вертикальної S_B і горизонтальної S_L проекції бічної поверхні насінини, яка проходить через її поздовжню вісь l і сприймає тиск з боку і знизу за формулами:

$$P_B = \frac{1}{2} \pi \cdot r \cdot l \cdot \xi' \cdot n' \cdot K_{\delta} \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot (1 + \sin \alpha). \quad (15)$$

$$P_{BB} = \frac{1}{2} \pi \cdot r \cdot l \cdot (\xi')^2 \cdot n' \cdot K_{\delta} \cdot \rho \cdot g \cdot h (1 + \cos \alpha). \quad (16)$$

Силу лобового опору F_L визначаємо за формулою (9), а силу тертя F_T насінини об шар насіння з врахуванням виразів (15) і (16) визначаємо за виразом, який набуде вигляду:

$$F_T = \frac{1}{2} \pi \cdot r \cdot l \cdot f \cdot \xi' \cdot n' \cdot K_{\delta} \cdot \rho \cdot g \cdot h \sqrt{(1 + \sin \alpha)^2 + (\xi')^2 (1 + \cos \alpha)^2}. \quad (17)$$

Висновки. Таким чином на основі викладеного можна зробити висновок, що в результаті аналізу схем тисків, що діють на висівний елемент розміщений в зерновому шарі, встановлено аналітичні залежності для визначення сили відповідно вертикального P_B , бічного P_B і вторинного P_{BB} бічного тиску, а також сили F_L лобового опору та сили тертя F_T насінини об зерновий шар, що дає можливість з достатньою точністю розрахувати необхідну величину глибини

розрідження всередині барабана для різних висівних апаратів і тим самим забезпечити сприятливі умови для 100% заповнення комірчин висівного елемента насінням та надійного його утримання під час транспортування до зони розвантаження.

Література

1. Гудзь В.П. Агробиологическое обоснование точного посева интенсивных сортов озимой пшеницы. – В кн.: Точный посев зерновых и пропашных культур. – М.: ВИСХОМ, 1984. – С. 11-15.

2. Погорелый Л.В., Шведик Н.С. Обоснование параметров пневматического высевального аппарата для точного посева зерновых культур. Журнал. Техника в сельском хозяйстве. – Москва, Колос: 1993 – № 5-6. – с. 16-18.

3. Машины для точного посева пропашных культур: конструирование и расчет/ В.С.Басин, В.В.Брей, Л.В.Погорелый и др.; Под ред. Л.В. Погорілого. – К.: Техніка, 1987. – 151с.

4. Ивко Г.А. 1986. Рабочий процесс и обоснование параметров пневматического высевального аппарата для однозернового высева семян пшеницы. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. Волгоградский сельхозинститут. - 20с.

5. А.с. №1306500 (СССР). Пневматический высевальный аппарат. Шведик М.С., Кривош С.М., Керик Р.И. и др. Б.И. №16., 1987.

6. Шведик М.С. Аналіз процесу входження насінини в комірчину висівного елемента, що обертається в суцільному зерновому шарі. Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». Вип.185, ч.3. – Київ, 2013. – с.267-280.

7. Бузенков Г.М., Ма С.А. машины для посева сельскохозяйственных культур. М., "Машиностроение", 1976, –272с.

8. Чичкин В.П. Овощные сеялки и комбинированные агрегаты.- Кишинев, - Штинца, 1984. – 392 с.

9. Зенков Р.Л., Ивашкова И.И., Колобов Л.Н. Машины непрерывного транспорта. – М.: Машиностроение, 1987. – 432 с.

Рецензент д.т.н., проф. В.І.Шваб'юк

УДК 631.331

©М.С.Шведик, к.т.н., Б.В.Бойчук

Луцький національний технічний університет

©В.В.Теслюк

Національний університет біоресурсів і природокористування України

АНАЛІЗ КАРТОПЛЕСОРТУВАЛЬНИХ МАШИН І ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКЦІЇ СЕПАРАТОРА ДЛЯ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ ТА КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ ЙОГО ОБЕРТАННЯ

У статті наведено результати аналізу машин для сортування картоплі та обґрунтування вибору конструктивного рішення барабанного сепаратора з конусною сітчастою поверхнею для фермерських господарств, а також аналітичну залежність кутової швидкості обертання конічного сепаратора від його конструктивних параметрів та фізико-механічних властивостей бульб картоплі.

ГРУНТ, ВОРОХ, БУЛЬБИ, СОРТУВАЛКА, ПУНКТ, КОМПЛЕКС, СЕПАРАТОР, ГРОХОТ, РОЛИК, ТРАНСПОРТЕР, БАРАБАН, СІТКА, ПАС, КОНУС, ДІАМЕТР, ШВИДКІСТЬ

Постановка проблеми. Для післязбирального очищення від рослинних залишків і частинок ґрунту бульб та їх калібрування і видалення із загальної маси пошкоджених і хворих, застосовують картоплесортувальні машини [1,2].

Основним і найбільш характерним для них недоліком є схильність до травмування бульб та висока енерго- і матеріаломісткість, через що їх використання в фермерських господарствах стає не ефективним, а для деяких з них через високу вартість і не можливим. Поява протягом останнього часу на ринку барабаних картоплесортувалок також не вирішує цю проблему, оскільки через не досконалість конструкції сепаратора бульби часто застрягають в його отворах, що призводить до переривання технологічного процесу та пошкодження бульб. Тому виникає потреба в розробці більш ефективного сепаратора для фермерських господарств і обґрунтуванні його режимів роботи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел, приурочених питанням сортування картоплі показує, що вони є достатньо вивчені. На основі результатів досліджень авторами [2,3,4,5] розроблені і запропоновані відповідні

рекомендації, які знайшли своє практичне застосування під час розробки сучасних картоплесортувалок і сортувальних пунктів.

Однак, питання, що стосуються безпосередньо розробки конструкції конічного сепаратора і вибору його режимів роботи, в літературних джерелах не висвітлювались, що створює певні труднощі під час його розробки та експлуатації.

Метою дослідження є встановлення залежності кутової швидкості обертання конічного сепаратора від його конструктивних параметрів та фізико-механічних властивостей бульб картоплі.

Результати дослідження. Для очищення і сортування картоплі застосовують грохотні, роликові, транспортерні та барабанні сортувалки. Вони входять в склад обладнання до пересувних і стаціонарних сортувальних пунктів і працюють за одним принципом – шляхом просіювання вороху через сітчасту поверхню утворену робочими органами, що мають різне конструктивне виконання, але обов'язково приводяться в обертний або коливний рух.

Так, сортувалки грохотного типу можуть бути з послідовним або паралельним розташуванням решіт. Серед них найбільшого поширення набули коливні грохоти з паралельним (ярусним) розташуванням решіт. В таких машинах сортувальні решета встановлюють з ухилом вниз під кутом α чи горизонтально, що полегшує вибір кінематичних параметрів. Горизонтальні решета мають кулачковий струшувач.

Роликові сортувалки мають круглі чи квадратні отвори, утворені поперечними фігурними роликами відповідної форми, а також щілинні (гвинтові) отвори. Найбільшого поширення для сортування картоплі і цибулі отримали сортувальні поверхні з поперечними роликами.

Транспортерні сортувалки можуть бути пасовими, сітчастими, полотняними і ланцюговими. Найбільшого поширення набули пасові сортувалки. Робочу поверхню пасових сортувалок виконують з нескінченно рухомих пасів круглого перетину, розташованих паралельно або віялоподібно зі збільшенням у напрямку руху продукту розміру сортувального рівчака, який утворюється між двома сусідніми пасами. Сітчасті сортувалки в основному застосовують в калібрувальних машинах. У якості робочого органа для розділення картоплі використовують сітки виконані у вигляді нескінченного транспортерного полотна різних розмірів, які при потребі можна замінювати.

Барабанні сортувалки виконуються конусними з горизонтальним розташуванням осі або циліндричними з нахилом осі в напрямку технологічного процесу.

Однак висока якість сортування досягається тільки у випадку застосування комбінованої сортувальної поверхні. Такі сортувалки широко застосовують англійські фірми Downs, Vare-Graber, Herbert, голландська Miedema BV, німецька Grimmer і інші [6].

В Україні у великих господарствах найбільш поширеними машинами для сортування бульб картоплі є вальцеві відокремлювачі КСП-15, КСП-15А, КСП-15Б, КСП-15В. Основними робочими органами в цих машинах є сепарувальні диски та фігурні сортувальні вальці, які утворюють три сепарувальні робочі поверхні. Ці пункти мають однаковий технологічний процес. Загальний вигляд картоплекортувального пункту КСП-15В наведено на рис.1.

Іншим представником сортувальних машин, у яких в якості основного сортувального робочого органа використовуються сітчасті сортувалки, є калібрувальний картоплекортувальний пункт КСП-25. Він призначений для доочищення і сортування картоплі як після збирання, так і під час підготовки насіннєвого матеріалу. Обладнання пункту встановлене в спеціальному приміщенні.



Рис. 1 – Загальний вигляд картоплекортувального пункту КСП-15В

З останніх зарубіжних розробок заслуговує уваги установка «Телеселект» фірми «Локвуд», за допомогою якої картоплю сортують дистанційно. В установці на екрані кольорового телевізора подається зображення продукції, яка рухається на конвеєрі. Оператор, стежачи за зображенням на екрані, при появі об'єкта, який треба видалити, дотикається до нього електронним вказівником і за командою мікропроцесора відмічений об'єкт видаляється із загальної маси продукції.

В Білорусі розроблений і поставлений на виробництво комплекс машин для післязбиральної і передпосівної підготовки картоплі, цибулі і коренеплодів. Основним обладнанням цього комплексу є пункт приймально-сортувальний ППС. На ППС встановлені еластичні, спіральні, поліуретанові робочі органи, які на відміну від металевих не травмують продукт, не забиваються

камінням, рослинними залишками, ґрунтом, швидко очищаються самі і якісно очищають продукт.

Проте основним недоліком картоплесортувальних пунктів і комплексів є їх велика матеріало- і енергомісткість, тому їх використання в невеликих фермерських господарствах є не ефективним. При цьому наявність значної кількості технологічного обладнання, яке входить до складу комплексів і пунктів, призводить до значного пошкодження бульб.

В невеликих фермерських господарствах найпоширенішими є картоплесортувалки барабанного типу. Основною їх відмінністю є наявність встановленого на валу двохсекційного решітчастого циліндра або спіралі. Загальний вигляд барабанної картоплесортувалки МС-3 наведено на рис.2.



Рис. 2 – Загальний вигляд барабанної картоплесортувалки МС-3

Розподіл бульб на фракції відбувається під час обертання решітчастого барабана і їх провалювання крізь отвори. Основним недоліком барабанних картоплесортувалок з циліндричною сортувальною поверхнею є те, що бульби після свого падіння ударом заштовхують в отвори сепаратора ті бульби, що знаходяться на його поверхні, де вони часто застрягають.

Усунути цей недолік можна шляхом виконання поверхні сепаратора конусною. В цьому випадку форма комірчин замість квадратної або прямокутної набуватиме трапецієвидної і в ній бульба буде весь час рухатись до тих пір поки не провалиться крізь неї в лоток або перейде до наступного ряду комірчин і процес повториться.

Для встановлення такого режиму роботи, необхідно визначити умову сповзання бульби по поверхні сепаратора. Для цього розглянемо на рис.2 схему сил, що діють на бульбу під час обертання сепаратора.

З наведеної схеми видно, що на бульбу діє сила ваги $\mathbf{G} = m\mathbf{g}$ та відцентрова сила $\mathbf{J} = m\omega^2\mathbf{R}$, де m – маса бульби, g – прискорення вільного падіння, ω – кутова швидкість обертання сепаратора і R – радіус обертання бульби. Розкладемо силу ваги на тангенціальну складову $\mathbf{G}_T = m\mathbf{g} \cdot \cos \epsilon$, яка направлена вздовж радіусу від центра обертання та дотичну, направлену перпендикулярно до радіусу обертання $\mathbf{G}_D = m\mathbf{g} \cdot \sin \epsilon$, тут ϵ – кут повороту радіусу обертання відносно вертикалі, при якому настане момент сповзання бульби по поверхні сепаратора. Це явище настане при тій умові, коли цей кут буде більшим за кут ϕ тертя бульби, тобто $\epsilon > \phi$.

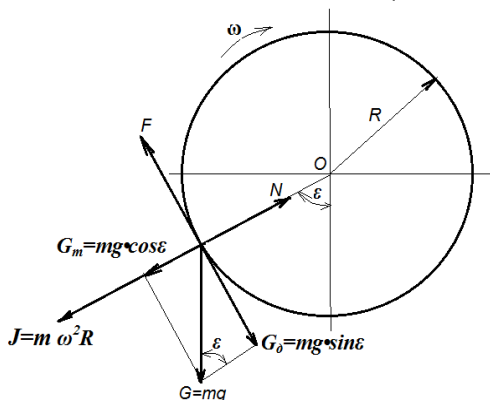


Рис.3 – Схема сил, що діють на бульбу розміщену на поверхні сепаратора під час його обертання

Аналіз сил, які діють на бульбу показує, що вона притискується до поверхні сепаратора під дією відцентрової сили J і тангенціальної сили G_T . При цьому від сумісної дії цих сил зі сторони поверхні сепаратора на бульбу діє нормальна сила

$$\mathbf{N} = m\omega^2\mathbf{R} + m\mathbf{g} \cos \epsilon,$$

яка направлена в сторону центра обертання. Нормальна сила викликає силу тертя

$$\mathbf{F} = f\mathbf{N} = f\mathbf{m}(\omega^2\mathbf{R} + \mathbf{g} \cos \epsilon),$$

яка направлена в протилежну сторону її сповзання, туту f – коефіцієнт тертя бульби об поверхню сепаратора.

Отже, умову сповзання бульби по поверхні сепаратора можна записати так $G_T > F$, або

$$mg \sin \varepsilon > fm(\omega^2 R + g \cos \varepsilon).$$

З останньої нерівності отримаємо вираз для визначення максимально-допустимої кутової швидкості обертання сепаратора:

$$\omega < \sqrt{\frac{2g}{D \cdot \sin \varphi}}.$$

Висновки. Таким чином на підставі викладеного можна зробити висновок, що кутова швидкість обертання сепаратора залежить обернено-пропорційно тільки від діаметра сепаратора і кута тертя бульб. За нашими розрахунками діаметр сепаратора повинен становити не менше 0,5м, а його кутова швидкість обертання не більше 2рад/с.

Література

1. Козаченко Б.О., Кононученко В.В. Механізація виробництва картоплі. Довідник. – К.: Урожай, 1991. – 176с.
2. Колчин Н.Н. Комплекс машин для послеуборочной обработки картофеля и овощей / Н.Н.Колчин. – М.: Машиностроение, 1982. - с.286.
3. Саврасова Н.Р. Совершенствование процесса калибрования картофеля на основании моделирования работы ленточного сортирующего устройства /Н.Р. Саврасова // Автореферат дисс. канд. техн. наук. – Челябинск, 2011. – 25 с.
4. Шкляев К.Л. Обоснование параметров и режимов работы сортировки клубней картофеля роторно-винтового типа / К.Л. Шкляев // Автореферат дисс. канд.техн. наук. – Киров, 2011. – 19 с.
5. Орешкин Е.Е. Повышение эффективности сортирования картофеля путем оптимизации параметров и режимов работы роликово-дисковой сортирующей поверхности / Е.Е. Орешкин // Автореферат дисс. канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2009. – 18 с.
6. Hoppe U. Innovative Ansaetze zur Verbesserung des Nachernte-Sortierprozesses von Kartoffeln / U. Hoppe, M. Huesing, B. Corves // VDI-Landtechniktagung, 2004. – P. 114–119.

Рецензент д.т.н., проф. В.І.Шваб'юк

УДК 677.021.11

©О.В. Шовкомуд, к.т.н., Д.Е. Селезньов, к.т.н.,
Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТРОКІВ ЗБИРАННЯ ТА ПОГОДНИХ УМОВ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЛЬОНОСИРОВИНИ

У статті викладено результати експериментальних досліджень впливу строків проведення збиральних робіт та погодних умов на показники якості трести льону-довгуця.

Погодно-кліматичні умови періодів вилежування трести оцінювали із застосуванням гідротермічного коефіцієнту (ГТК). З використанням кореляційного аналізу встановлено, що за математичними закономірностями взаємозв'язку факторів можна прогнозувати, яким чином ГТК буде визначати якісні показники трести.

ПОГОДНІ УМОВИ, СТРОКИ ЗБИРАННЯ, ТРЕСТА ЛЛЯНА, ВИЛЕЖУВАННЯ, ЯКІСТЬ, ПОКАЗНИКИ.

Постановка проблеми. Льон – культура, яка вирощувалась на Поліссі починаючи з XVII - XVIII століть. Розташування льонопереробних заводів у цій географічній зоні давало можливість виробляти готову продукцію з власної сировини.

Але на даний час об'єми виробництва впали, одночасно й зменшилась якість льонопродукції.

Проблема отримання якісної льонопродукції є на даний час невіршеною та потребує розробки та впровадження у виробництво нових високопродуктивних сортів льону, технологій їх вирощування, удосконалення існуючих технологій збирання льону та вилежування лляної соломи в тресту.

Втрати якості, в основному, відбуваються в процесі вилежування льонотрести. У ході вилежування соломи на стелищі відбувається процес мацерації і волокно починає добре відділятися від деревини. Ідеальним слід вважати такий процес мацерації, коли волокно має високу відокремленість, але залишається досить міцним, набуваючи притаманну волокну гнучкість і тонину [1].

Якість трести вважається високою, якщо вона характеризується наступними параметрами: гнучкість волокна - 45–70 мм, відокремленість - 5–7 балів, розривне навантаження одержуваного з неї волокна - 20–22 Н.

На практиці таких показників досягнути непросто, так як процес вилежування трести не є постійним і залежить не лише від

рівня технічних засобів, нерівномірності товщини стрічки, наявності у ній пошкоджених стебел, а й значною мірою від погодних умов.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженнями процесу вилежування соломи в тресту займались Б.В. Лесик, Г.М. Вареньє [2], В.І. Рожко [3] В.С. Хілевич, В.М. Мокринський [4], Г.А. Тіхосова [5] та інші.

Зокрема, Б.В. Лесик і Г.М. Вареньє [2] досліджували процес вилежування трести експериментальним способом. Для прискорення дозрівання сланцевої трести авторами застосовувалось обертання стрічки, поливи водою, внесення на стрічку соломи сухих аміакомістких сполучень (УАС) та обприскування стрічки рідкими мінеральними добривами, що містять сечовину, суперфосфат і хлористий калій по 0,5% кожної солі. Кращі результати одержано у варіантах із обробкою соломи розчином мінеральних елементів до і після обертання стрічок. При цьому термін дозрівання трести скорочувався на 6–8 днів, а вихід довгого волокна зростав. Дослідження технології одержання лляної трести за допомогою додаткової обробки перед розстиланням стрічок лляної соломи хімічними композиційними препаратами на основі фосфату сечовини і поверхнево-активних речовин проводилась Г.А. Тіхосова [5] проаналізувала вплив хімічних композиційних препаратів на підвищення інтенсивності мікробіологічних процесів, скорочення строків вилежування льоносоломки на льонищі з покращенням якості і однорідності льонотрести.

Б.С. Петухов [6], Т.Н. Матюхіна [7] досліджували вплив погодних умов на процес вилежування трести, зокрема на строки вилежування.

Узагальнення відомих досліджень виявили, що авторами не розглядалися питання взаємозв'язку факторів тепло - і вологозабезпеченості на етапі вилежування трести. З урахуванням цього сформовано мету роботи.

Мета роботи. Експериментальне дослідження залежності показників якості льоносировини від строків збирання та погодних умов.

Результати дослідження. З метою виявлення залежності показників якості льоносировини від строків збирання льону та погодних умов було виконано дослідження на протязі трьох років.

Збирання льону-довгунця проводили у:

- фазі ранньої жовтої стиглості (перша половина);
- фазі ранньої жовтої стиглості (друга половина);
- фазі зеленої стиглості (перша половина);
- фазі зеленої стиглості (друга половина).

Поділ тривалості фази на початковий період та середину фази проводився з урахуванням рекомендацій [8]. З цією метою приймали допущення, що фаза ранньої жовтої стиглості триває 10-12 днів, зеленої 7-12 днів. З урахуванням цього брання льону з метою подальшого отримання трести здійснювали з інтервалом 7 днів (рік) і 6 днів. Умови вилежування трести відрізнялись за погодними показниками, які оцінювали температурою та кількістю опадів і географічним розташуванням дослідних ділянок.

Згідно [9], оптимальні умови протікання процесу вилежування трести: температура повітря 18° С, вологість лляної соломи 50-60%. Враховуючи це, для нормального протікання процесу вилежування (з урахуванням того, що він триває 15 діб) сумарна температура має становити близько 270°, а сумарна кількість опадів близько 30 мм. Співвідношення температури і кількості опадів оцінюється гідротермічним коефіцієнтом (ГТК). За вище означених оптимальних умов маємо ГТК=1,0-1,1.

ГТК, що оцінює умови проведення досліджень становила:

1. Львівська область:
 - 2014 рік: 2,1-2,9;
 - 2015 рік: 0,4-0,6;
 - 2016 рік: 1,7- 2,0.
2. Сумська область:
 - 2014 рік: 2,2-3,1;
 - 2015 рік: 1,8-2,5;
 - 2016 рік: 2,0-2,9.

Отримані значення ГТК свідчать, що проаналізовані періоди вилежування трести не можна вважати оптимальними з точки зору погодних умов.

Треста, отримана у зазначених вище природнокліматичних умовах, підлягала подальшим дослідженням у ході яких визначали:

1. Номер лляної трести.
2. Вихід довгого волокна.
3. Гнучкість трести та волокна.
4. Групу кольору волокна.

Аналіз отриманих даних дозволив проаналізувати закономірність впливу величини ГТК на характеристики трести і волокна.

На рис. 1 подано середні результати, одержані внаслідок розрахунків номеру лляної трести [10], отриманої у різних кліматичних зонах.

Як бачимо з рис. 1, на формування номеру лляної трести впливають не лише фактори температури та кількості опадів, які

безпосередньо обумовлюють тривалість вилежування, а й фаза брання льону. Причому, при самому несприятливому ГТК треста вищого номера була отримана з льону, вибраного у фазі зеленої стиглості.

За умови, що ГТК=2,65, який відображує несприятливі природні умови для вилежування лляної трести, тресту вищого номера вдалось отримати з льону, вибраного і розстеленого для вилежування у фазі ранньої жовтої стиглості.

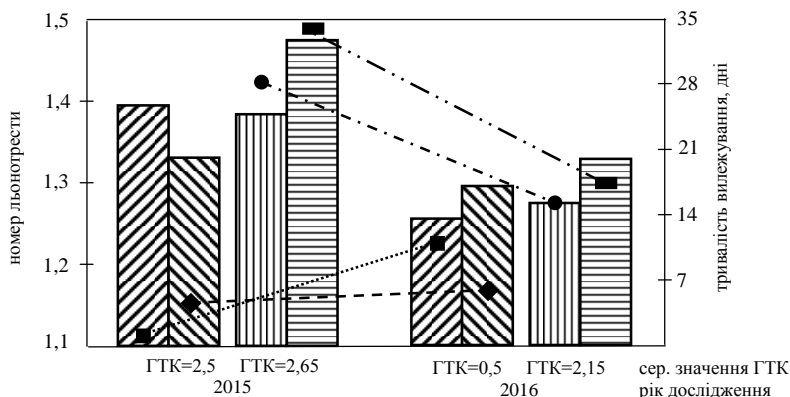






Рис.1 – Вплив природних факторів на якість лляної трести:

-  – фаза зеленої стиглості (сорт Могильовський);
-  – фаза ранньої жовтої стиглості (сорт Могильовський);
-  – фаза зеленої стиглості (сорт Есмань);
-  – фаза ранньої жовтої стиглості (сорт Есмань).

Аналіз отриманих даних дав можливість сформулювати наступні висновки:

- 1) за умови, що ГТК значно менший 1, з метою отримання лляної трести максимально високого за даних умов номеру, льон потрібно брати та розстелити для вилежування у фазі зеленої стиглості;
- 2) за умови, що ГТК перевищує верхню межу отриманого значення (1,1) льон для вилежування необхідно брати та розстелити у фазі ранньої жовтої стиглості.

У табл. 1 наведені показники якості лляної трести, які значною мірою залежать від погодних умов і строків вилежування, а саме: розривне навантаження, вміст волокна.

Таблиця 1 - Показники якості льонотрести (середні)

Показник	2014 рік		2016 рік	
	Строки розстилання стрічки для вилежування			
	зелена стиглість	рання жовта стиглість	зелена стиглість	рання жовта стиглість
Номер трести	1,25	1,50	1,25	1,12
Вміст волокна, %	27,2	29,1	26,5	25,9
Розривне зусилля, даН	16,2	17,9	10,7	6,4

Отримані результати доводять, що такі показники, як розривне зусилля та вміст волокна залежать значним чином від строків брання льону і розстилання соломки для вилежування та погодних умов (ГТК).

Варіювання строків розстилання, залежно від прогнозованого ГТК, створює умови для зменшення втрат якості трести.

З метою аналізу зв'язку факторів тепло- і вологозабезпеченості на етапі вилежування трести було виконано кореляційний аналіз. Аналізу підлягали основні показники якості волокна, на формування яких впливають тепло- та вологозабезпеченість, які сприяють розвитку на тресті льону дріжджової флори.

У табл. 2 і на рис. 2 наведені результати досліджень коефіцієнтів R кореляції і детермінації R^2 деяких пар основних ознак, які обрано нами для оцінювання процесу вилежування трести.

Таблиця 2 - Коефіцієнти R і R^2 , отримані для льону сорту Есмань

Пара показників	R	R^2
M1–M3	0,61	29,02
M2–T3	0,74	42,03
M1–T2	0,69	34,51
M2–T2	0,79	47,04
M3–T4	0,38	7,34

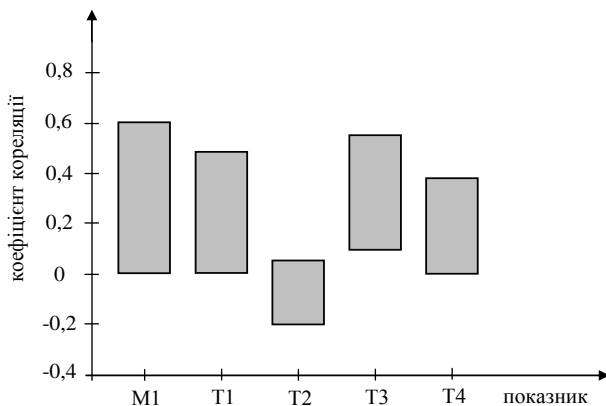


Рис. 2 – Зв’язок ГТК з показниками: Т – технологічними; М – біологічними.

Введемо позначення: M1 – кількість дріжджів; M2 – кількість основних видів грибів; M3 – ГТК; T1 – розривне навантаження волокна; T2 – група кольору; T3 – вихід довгого волокна; T4 – гнучкість.

Отримані результати виявили, що за математичними закономірностями взаємозв’язку факторів можна спрогнозувати, яким чином ГТК буде визначати склад мікрофлори, тобто які якісні показники трести можливо отримати за певних тепло- і вологопоказниках.

Висновки. Аналіз отриманих даних дав можливість сформулювати наступні висновки:

- 1) за умови, що ГТК значно менший 1, з метою отримання лляної трести максимально високого за даних умов номеру, льон потрібно брати та розстеляти для вилежування у фазі зеленої стиглості;
- 2) за умови, що ГТК перевищує верхню межу отриманого значення (1,1) льон для вилежування необхідно брати та розстеляти у фазі ранньої жовтої стиглості.

Отримані результати доводять, що такі показники, як розривне зусилля та вміст волокна залежать значним чином від строків брання льону і розстилання соломки для вилежування та погодних умов (ГТК).

Варіювання строків розстилання, залежно від прогнозованого ГТК, створює умови для зменшення втрат якості трести.

Література

1. Особенности микробиологических процессов получения льняной соломы [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gruzmasters.ru/>.
2. Лесик Б.В. Совершенствование способов послеубоочной обработки соломы льна-долгунца на стлищах / Б.В. Лесик, Г.М. Варень // Лен и конопля. 1992. – №4, 5, 6. – С. 38-40.
3. Рожко В.І. Удосконалення біологічного способу приготування трести: Автореферат дис...к.т.н. 05.18.03/ В.І. Рожко – Київ, 1999. – 21 с.
4. Хилевич В.С. Интенсификация вылежки льняной соломы с применением аммиаксодержащих соединений / В.С. Хилевич, В.М. Мокринский // Аммонийнокарбонатные соединения и регуляторы роста растений в сельском хозяйстве: сб. НИР. – К.: Наукова думка, 1995. – С. 86-92.
5. Тіхосова Г.А. Перспективи одержання лляного волокна розстилом / Г.А. Тіхосова, Т.О. Кузьміна, Л.А. Чурсіна // Наукові розробки молоді на сучасному етапі: матер. IV Всеукр. ювілейної наук. конф. молодих вчених і студентів, 17-19 травня 2005 р., КНУТД, 2005. – Т.1 – С. 120.
6. Петухов Б.С. Выбор рациональной технологи уборки влажного льносырья/ Б.С. Петухов, С.В. Рудецкий, Д.В. Чугунов, А.Е. Шатров // Технологии и технические средства производства продукции растениеводства и животноводства в Северо-Западной зоне России: Сб. научных трудов. – СП-б.: СЗНИИМЭСХ, 2002. – Вып. 73. С. 141-145.
7. Матюхина Т.Н. Способы основной обработки почвы под лен после зерновых предшественников/ Т.Н. Матюхина // Технические культуры, 1994. - № 1. – С.12-13.
8. Поздняков Б.А. Организационно-экономические аспекты технологизации льняного комплекса: Монография / Б.А. Поздняков, М.М. Ковалев. – Тверь: ГУПТО «Тверская областная типография», 2006. – 208 с.
9. Беккер З.Э. Физиология грибов и их практическое использование / З.Э. Беккер. – М.: Изд. Московского университета, 1963. – 230 с.
10. Треста лляна. Технічні умови: ДСТУ 4149:2003. – [Чинний від 2004-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 17 с.

Рецензент д.т.н. Налобіна О.М.

УДК 631.3

©М.Л. Шуляк, к.т.н.

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П.Василенка

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ПІДТВЕРДЖЕННЯ АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ РЕЖИМАМИ РОБОТИ ТРАНСПОРТНОГО АГРЕГАТУ

В статті розглянуто можливість застосування алгоритму керування режимами роботи транспортного агрегату, що базується на використанні області функціонування апроксимованої поверхнею другого порядку

ТРАНСПОРТНИЙ АГРЕГАТ, ФУНКЦІОНАЛЬНА СТАБІЛЬНІСТЬ, ПРИСКОРЕННЯ, РЕЖИМИ РОБОТИ.

Постановка проблеми. Необхідність проведення оцінки функціонування транспортного агрегату (ТА) є однією з важливих задач сучасної науки. З великою ймовірністю можливо стверджувати що, як тягова концепція трактора, так і методи оцінки тягово-динамічних і економічних властивостей потребують змін в умовах сучасного тракторобудування. Звичайні тягові випробування не дають можливості оцінити потенційні можливості тракторів та врахувати вплив обраного режиму роботи на функціональну стабільність ТА.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що будь-які коливання швидкості призводять до додаткової витрати енергії машини. Однак у відомій літературі [1, 2], присвяченій енергетичній ефективності транспортно-тягових машин, дослідженню зазначеного питання не приділено належної уваги. Для вирішення завдання – оцінки ефективності режиму роботи агрегату в роботі [3] запропоновано застосувати область функціонування, що задається радіус-вектором повного прискорення ТА. В роботі [4] для аналізу заявленої області запропоновано використати алгоритм, що дозволяє обирати режими роботи ТА, в залежності від збурюючі чинників середовища.

Мета дослідження. Експериментально підтвердити можливість застосування алгоритму керування режимами роботи ТА.

Результати дослідження. Вибору раціонального режиму функціонування є досить актуальним напрямком сучасної науки, бо саме зниження собівартості продукції рослинництва підвищує конкурентно-спроможність агрофірми, чи підприємства, що для

сучасного ринку України є необхідною складовою стабільної та прибуткової роботи.

Цьому питанню в науковій літературі присвячено багато робіт, проте практичне вирішення питання, в останні роки, ускладнюється переорієнтацією більшості виробників сільськогосподарської продукції до використання тракторів та сільгоспмашин закордонних виробників. Застосування нових технологій вирощування, збирання та транспортування продукції рослинництва призводить до необхідності змінювати підходи до вибору режимів роботи трактора та методів його оцінки. Аналітична програма є частиною системи керування режимами роботи ТА, яка забезпечує його функціональну стабільність та спрямовує в оптимальну область (рис. 1.).

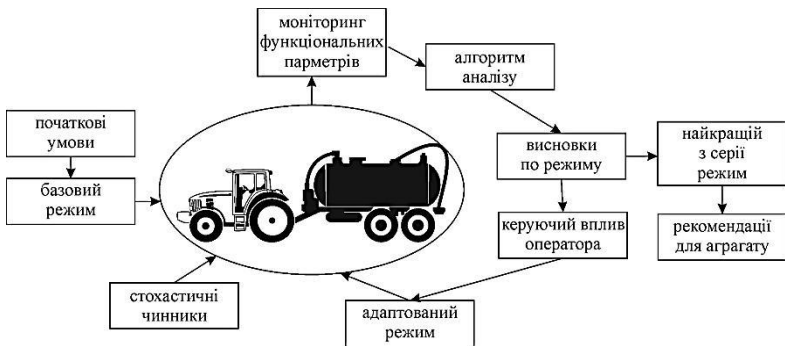


Рис.1 – Алгоритм роботи системи керування режимами роботи

Для реалізації алгоритму керування режимами роботи ТА використаємо реєстраційно-керуючий комплекс та вбудований алгоритм аналізу. Об'єкт експериментального дослідження МТЗ – 80 на агрофоні поле під посів.

Для вирішення поставленої задачі необхідно експериментально підтвердити залежність між розмахом коливань повного прискорення трактора та режимом роботи його двигуна. Тому використовуючи навантажувальний пристрій (другий трактор Т – 150К) зімітуємо різне навантаження двигуна на обраній передачі трансмісії.

- 1) недовантаження двигуна;
- 2) перевантаження;
- 3) номінальний режим роботи.

Обґрунтовано, що раціональному режиму роботи трактора повинні відповідати найменші динамічні втрати агрегату [4]. Тобто

алгоритм керування повинен обрати третю серію експериментів як найкращу з позиції енергозбереження бо завантаження двигуна близько до номінального значення. Проаналізуємо динамічні характеристики МТЗ – 80 при недовантаженні двигуна. Повне прискорення центра мас агрегату спроектовано на основні координатні вісі та отримано статистичний розподіл проекцій. Встановлено, що в діапазон мінімальних втрат [4] для вісі x потрапляє 39,5 % проекцій, для вісі y – 35 %, для z – 37 %. Амплітуда коливань прискорення велика тому функціонування агрегату не сконцентровано в сфері мінімальних втрат енергії.

Режим недовантаження двигуна виникає при невірному агрегуванні, використанні машин змінної маси, чи зумовлений специфікою технологічної операції. Він характеризується відносно малим значенням тягового опору, як наслідок коливання крутного моменту двигуна не демпфуються і викликають коливання швидкості та прискорення агрегату.

Динамічні характеристики МТЗ – 80 при перевантаженні двигуна Режим перевантаження двигуна, також може бути викликаний не вірним агрегуванням, проте на відміну від недовантаження є аварійним, і його недоцільно використовувати, бо техніко-економічні показники роботи агрегату та його надійність різко знизяться. Цей режим характеризується великим значенням сили опору, переходом двигуна на коректорну роботу та значним буксуванням рушіїв в наслідок перевищення тягової сили по двигуну, можливостей трактора та опорної поверхні по зчепленню. Встановлено, що в діапазон мінімальних втрат для вісі x потрапляє 38,7 % проекцій, для вісі y – 26,8 %, для z – 36 %.

Динамічні характеристики МТЗ – 80 при номінальному завантаженні двигуна. Встановлено, що для режиму номінального завантаження двигуна в діапазон мінімальних втрат для вісі x потрапляє 52,2 % проекцій, для вісі y – 38,5 %, для z – 45,8 %.

Для застосування еліпсоїда функціонування необхідно провести статистичний аналіз вибірок значень проекцій.

Значення проекцій прискорення тракторного агрегату на вісь x зміщено в бік позитивних значень, наявність такого явища повинно викликати приріст швидкості, проте цього не відбувається, бо сила, яка формує прискорення, компенсується збільшенням буксування рушіїв. Наявність позитивного прискорення викликає додаткові втрати енергії і в подальшому повинно бути зменшено вибором режиму чи конструкційними змінами.

Аналізуючи розподіл по осі ординат можна спостерігати прояв бічного відведення агрегату, що виникає, як від дії самого оператора (вплив на рульове керування), так і від стохастичних збурюючих чинників. Знизити додаткові витрати енергії може раціональне компоновання МТА, засноване на співвідношенні мас трактора і сили бічного відведення та використанням автоматичних систем керування траєкторією руху.

Розподіл частот по осі аплікат рівномірно щодо нуля, що свідчить про рівність прикладених до системи сил, що знаходяться в протифазі одна до іншої. Основним джерелом, що викликає коливання агрегату по осі аплікат, є профіль дороги. Крива, що задає це коливання, може базуватися на аналізі проєкцій прискорення і повинна розглядатись як одна конкретна реалізація випадкової функції, незалежна від початку відліку часу, тобто повинна описувати стаціонарний випадковий процес. Також слід звернути увагу, що для режиму перевантаження властиві найбільші значення вертикального прискорення, це викликано інтенсивною зміною динамічного радіусу рушія, чи галопуванням трактора.

На основі статистичної обробки будемо еліпсоїд функціонування для режимів, що аналізуються рис. 2.

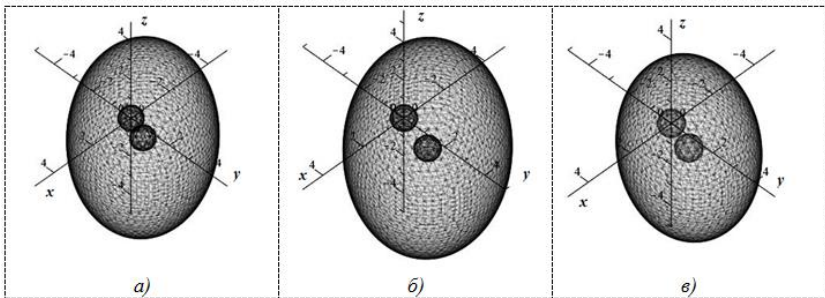


Рис. 2 – Еліпсоїд функціонування тракторного агрегату а) режим недовантаження двигуна, б) режим перевантаження двигуна, в) номінальний режим

Послідовність запропонована в алгоритмі потребує встановлення допустимої області зсуву дійсного ядра, проте для невеликої кількості режимів достатньо проаналізувати математичні очікування вибірки – найгіршим є режим перевантаження, його дійсне ядро знаходиться за межами допустимої області рис. 3.

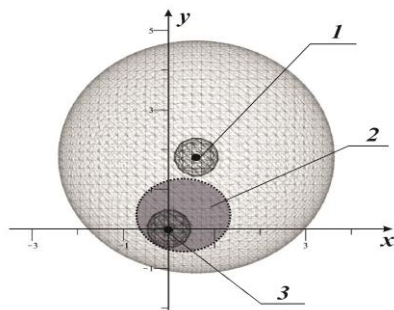


Рис. 3 – Зсув дійсного ядра режиму перевантаження: 1) дійсне ядро, б) ідеальне ядро, в) допустима область (ДО)

Далі використовуємо рівняння:

$$vol(E_k) = \iiint_T \begin{cases} x = M_x + (a_{x\max} - M_x) \cdot \sin \psi \cos \varphi, \\ y = M_y + (a_{y\max} - M_y) \cdot \sin \psi \sin \varphi, \\ z = M_z + (a_{z\max} - M_z) \cdot \cos \varphi, \end{cases} \quad (1)$$

де M_x, M_y, M_z – математичні очікування компонент вектора повного прискорення для відповідної вісі; $a_{x\max}, a_{y\max}, a_{z\max}$ – максимальні значення компоненти, знаходяться на основі середньоквадратичного відхилення; φ, ψ – кути, що змінюються в визначених межах $-\pi/2 \leq \varphi \leq \pi/2$; $0 \leq \psi < 2\pi$.

Знайдемо об'єм $vol(E_k)$ кожного з еліпсоїдів (рис. 2): режим недовантаження $vol(E_k)_a = 147,2$, режим перевантаження $vol(E_k)_b = 183,5$, номінальний режим $vol(E_k)_c = 97,76$. Тобто алгоритм керування обрав номінальний режим як найкращий за двома критеріями оцінки: об'єм еліпсоїда функціонування для номінального режиму в 1,5 та 1,8 рази менший ніж відповідні еліпсоїди режимів недовантаження та перевантаження; питомої вага ядра [4] також підтверджує номінальний режим як найкращий з серії.

Висновки. Запропонована методології вибору раціонального режиму функціонування отримала експериментальне підтвердження та може бути використана для оптимального управління трактором в області функціонування. Також слід звернути увагу, що

запропонований алгоритм дозволив відсіяти найгірший режим – перевантаження майже на першій стадії аналізу, а номінальний домінує в 1,5 рази над режимом недовантаження, як по об'єму так, і по питомій вазі ядра еліпсоїда. Це дозволяє констатувати, що застосування даного алгоритму не поступається в точності класичній методиці, а й навіть переважає її по детальності аналізу.

Література

1. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте / Н.Я. Гворущенко. – М.: Транспорт, 1990. – 135 с.
2. Гашук П.Н. Энергетическая эффективность автомобиля / П.Н. Гашук. – Львов: Свит, 1992. – 208 с.
3. Шуляк М.Л. Оцінка функціонування сільськогосподарського агрегату за динамічними критеріями / М.Л. Шуляк, А.Т. Лебедєв, М.П. Артёмов, Є.І. Калінін // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів – 2016. – № 4. – С. 218 – 226.
4. Шуляк М.Л. Вибір раціонального режиму роботи МТА на основі аналізу еліпсоїда функціонування / М.Л. Шуляк // Інженерія природо користування – 2016. – № 2 (6). – С. 99 – 104.

Рецензент д.т.н. Лебедєв А.Т.

УДК 631.521

©С.Ф. Юхимчук, к.т.н., Дацюк Л.М., к.т.н., Сацюк В.В., к.т.н.
Луцький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОВЕРТАННЯ СТЕБЕЛ ЛЬОНУ В РІВЧАКАХ БРАЛЬНОГО АПАРАТУ

У статті описана методика та подано дані експериментальних досліджень кутів повертання стебел льону при проходженні ними бральних рівчаків льонобрального апарата.

Постановка проблеми. У розробленому під керівництвом проф. Хайліса Г.А. універсальному льонокомбайні використаний бральний апарат з поперечними бральними рівчакми (рис. 1).

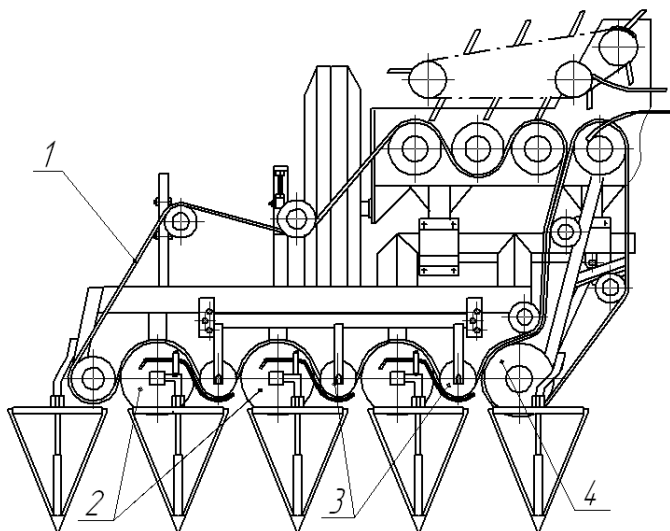


Рис. 1 – Льонобральний апарат з поперечними браьними рiвчакми:

- 1 – браьний пас; 2 – браьні диски; 3 – притискні роликми;
- 4 – вивiдна секцiя

В цьому апараті стебла льону затискаються між браьним пасом 1 і браьними дисками 2 (перший, другий, третій браьні рiвчакми) та між браьним пасом 1 і пасом вивiдної секцiї 4 (четвертий браьний рiвчак). Навпроти буртикiв притискних роликiв розмiщенi пiдпружиненi пiддержувальнi прутки.

При проходженнi стебел льону браьними рiвчакми вiдбувається їх провертання. Величина цього провертання залежить вiд сили притискання пiддержувальних пруткiв, зазору між прутками та буртикми притискних роликiв, кута нахилу стебел у браьному рiвчаку, проковзування пасiв, натягу пасiв, положення притискних роликiв, властивостей стеблестою льону.

Аналіз останнiх досліджень і публікацiй. Авторами Хайлісом Г.А., Биковим М.Н., Макаровою Г.В. [1] розглянутi закономірностi деформацiї стебел (розплющування, скручування) і умов, при яких цi явища не вiдбуватимуться. Пошкодження стебел можливе на криволiнійних дiлянках рiвчакiв, де вiдбувається ковзання одного паса по другому. Кут закручування пропорцiйний до крутного моменту. Пружнi деформацiї стебла незначнi, при пiдвищеннi крутного моменту деформацiї ростуть, пiсля зняття навантаження спостерiгаються залишковi деформацiї. На скручування впливає тиск у

рівчаку. Хоча коли тиск у рівчаку незначний, то і пара сил тертя, що виникає при ковзанні пасів і скручує затиснене стебло, незначна і недостатня для переборювання його моменту опору кручення M_K . Ковзання пасів одне по одному не призведе до скручування стебел при умові :

$$B_p d_c^2 f_o q_{max} \eta \chi \leq M_K,$$

де f_o - коефіцієнт тертя гуми по льону;

q_{max} - максимальний тиск;

η - коефіцієнт, що рівний q_{cp}/q_{max} ;

χ - відношення плеча сил до d_c .

Мета дослідження – визначити величину повертання стебел льону при проходженні ними бральних рівчаків льонобрального апарату універсального льонозбирального комбайна.

Результати дослідження. Досліди проводились у лабораторних умовах на бральному апараті розробленого в Луцькому НТУ універсального льонозбирального комбайна із застосуванням спеціально виготовленого обладнання, що зображене на рис. 2 і призначене для імітації в лабораторних умовах роботи брального апарату, тобто руху агрегату по полю і заповнення бральних рівчаків стеблами льону. Ця конструкція являє собою дві дерев'яні плити 1 розміром 35×30 см, розташовані із можливістю зміщення одна відносно іншої по різні боки на брусі 2 і по боках оперті на коліщатка 3. Брус 2 входить у паз нерухомої направляючої 4, яка розміщується на одній лінії з центральним прутком подільника, що розділяє стеблестій льону для подачі його у сусідні бральні рівчаки. У дерев'яній плиті 1 з інтервалом 2,5×2,5 см просвердлені отвори $\varnothing 3$ мм, в яких закріплюються стебла льону.

Привод цієї конструкції здійснювався за допомогою троса 5, що кріпиться до кінця бруса 2. Трос 5 перекинутий через встановлені на кронштейнах кріплення бральних дисків, направляючі 6 і намотаний на барабан 7. Барабан 7 жорстко закріплений на валу крайнього привідного шківу брального апарату 8, що при прокручуванні карданного валу льонокомбайну, забезпечує одночасно привод брального апарату та переміщення назустріч апарату стеблестюю.

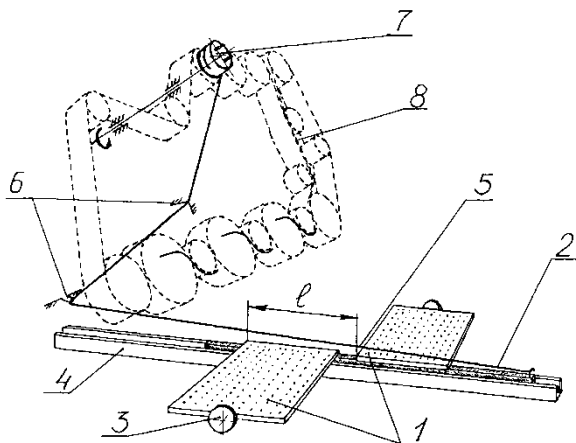


Рис. 2 – Обладнання для вивчення роботи брального апарата в лабораторних умовах: 1 - плити, 2 – бруси; 3 – коліщатко; 4 – направляюча; 5 – трос; 6 – направляючі; 7 – барабан; 8 – бральний апарат

Розміщуючи направляючу 4 по чергово між першим і другим та третім і четвертим бральними рівчачками, кожен раз встановлюючи в отвори плит 1 стебла льону, забезпечували подачу стебел у бральний апарат по всій його ширині захвату.

Досліджувались тільки центральні стебла, тобто ті, що не взаємодіють з подільниками. Для цього попередньо вибрали 12 стебел. З одного боку кожного стебла фарбою проводили лінію, паралельну осі стебла, і біля розгалуження суцвіття приклеювали забарвлену паперову смужку довжиною 10 мм (всього чотири кольори – кожен колір на 3 стебла). Стебла з однаковим кольором смужок встановлювались по центральній лінії в отвори плит установки (рис. 1) з інтервалом 5 см одне від одного.

При цьому дотримувалась умова, щоб проведені фарбою лінії та наклеєні смужки на стеблах знаходились в одній площині. Решта отворів на плиті була заповнена стеблами льону.

Прокручуючи карданний вал льонокомбайна забезпечували подачу стебел у бральні рівчачки. Затиснуті у бральних рівчачках стебла витягувались з отворів плит установки і транспортувались. При цьому візуально розглядали повертання помічених стебел у стрічці льону. Біля виходу із брального апарату кожне затиснуте між бральним і вивідним пасами помічене стебло льону досліджувалось приладом для визначення повертання (рис. 3).

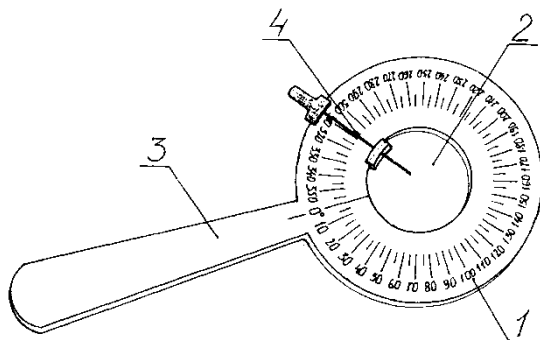


Рис. 3 – Прилад для визначення кута провертання стебла: 1 – круг; 2 – оглядовий отвір; 3 – ручка; 4 - візир

Для визначення провертання стебла в стрічці льону при проходженні бральними рівчаками виготовлений прилад, що являє собою круг 1 діаметром 70 мм, в центрі якого знаходиться оглядовий отвір 2, діаметром 30 мм. Цей круг 1 розградуйований від 0 до 360° з інтервалом 1° і до нього прикріплений держак 3 так, що вісь держака 3 співпадає з міткою 0. На крузі 1 розмішений візир 4, який можна повертати за його ручку.

Однією рукою прилад підносився до верхівки стебла так, щоб вісь стебла знаходилась у центрі оглядового отвору, а вісь держака приладу, точніше мітка 0°, – в одній площині із проведеною фарбою на стеблі лінією у місці затискання стебла між бральним і вивідним пасами. Другою рукою повертали візир приладу доти, доки останній не потрапляв у площину закріплення на стеблі забарвленої смужки. Кут, на який показував візир, являвся кутом скручування ν стебла. Провертаючи далі візир, щоб він попав у площину кінця відігнутої смужки, знаходили повний кут провертання δ стебла (рис. 4). Отримані значення цих кутів записували в журнал і підраховували середнє значення прокручування стебел, що попадали в кожен бральний рівчак.

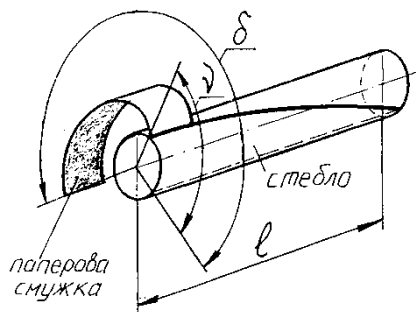


Рис. 4 – Кути, що характеризують провертання стебла

Дослід повторювали у п'ятикратній повторюваності.

При проведенні дослідів бральний апарат був відрегульований наступним чином. Притискні ролики знаходились у верхньому положенні, початковий натяг брального паса становив 900 Н, вивідного паса - 1000 Н, зазор між піддержувальними прутками та буртиками притискних роликів у першому бральному рівчаку був 1 мм, в другому - 2 мм, в третьому - 3 мм, сила притискання піддержувальних прутків дорівнювала 30 Н, висота брання рівна 35 см, відношення швидкості подачі стебел у бральні рівчаки до швидкості переміщення брального паса дорівнює 0,83. Досліди велися на стеблах льону з такими характеристиками: сорт - Билінка, висота - 74-83 см, середній діаметр - 1,5 мм, вологість - 50 %, головчатість - 1...9 корбочок.

Візуально спостерігаючи за проходженням стрічки льону по бральних рівчаках виявлено, що провертання стебел найбільше відбувається в зоні дії піддержувальних прутків і при переході з одного брального рівчака в інший.

Скручування проходить за рахунок того, що верхівки стебел зчеплені між собою і протидіють повертанням стебел одне відносно іншого, тоді як за рахунок ковзання з коченням стебел по поверхнях робочих органів у бральних рівчаках відбувається їх обертання. Провертання виникає тоді, коли сила реакції скручування стебла переважає силу зчеплення верхівок стебел, коли відбувається зміщення стебел одне відносно іншого.

За проведеними дослідями отримано, що стебла льону, що попадають у перший бральний рівчак на момент їх виходу із брального апарата мають середній кут скручування $v_1=158^\circ$, і середній кут провертання $\delta_1=342^\circ$; у другий бральний рівчак - $v_2=147^\circ$ і $\delta_2=329^\circ$; у третій - $v_3=109^\circ$ і $\delta_3=283^\circ$ та у четвертий рівчак $v_4=34^\circ$ і $\delta_4=51^\circ$.

Із цього видно, що провертання стебел зменшується із зменшенням кількості бральних рівчаків, що проходять стебла. Хоча

прямої залежності тут не спостерігається. Для кожного брального рівчака характерна своя взаємодія стебел льону із робочими органами апарата. Так у першому бральному рівчаку всі стебла у стрічці контактують з піддержувальними прутками. У другому рівчаку уже на стебла, що попали з першого брального рівчака накладені нові, які ковзаючи по піддержувальних прутках повертаються і спричиняють деяке повертання цих стебел. Подібне явище спостерігається і у третьому рівчаку, коли повертання стебел, що безпосередньо контактують із піддержувальними прутками призводить до деякого повертання стебел, що вибрані у другому бральному рівчаку, які в свою чергу надають певне повертання стебел, що поступили із першого брального рівчака. У четвертому, в якому піддержувальні прутки відсутні, повертання стебел відбувається за рахунок проковзування один відносно одного брального і вивідного пасів у місцях охоплення ними веденого шківів і притискного ролика. Повертання стебел відбувається і в гирлах бральних рівчаків при взаємодії вибраних стебел із стеблами, що підводяться подільниками, за рахунок різної швидкості їх переміщення одних відносно інших.

Отриманий максимальний відносний кут скручування стебел буде $v=450$ °/м . За довідковими даними цей кут не перевищує допустимого кута скручування стебла у межах пропорційності - це означає, що стебло скручується без пошкоджень. Після зняття крутного моменту стебло відновлюється, тобто деформація кручення має місце в межах пружності.

Максимальне значення закручування суцвіття стебла, становить $\delta_1-v_1=184^\circ$. Це хоча і спричинює переплутування верхівок стебел, однак не призводить до обриву і втрат насінневих коробочок.

Висновок. Проведені дослідження дають підставу стверджувати, що повертання стебел у рівчаках брального апарата, при його правильному регулюванні, не призводить до пошкодження стебел.

Література

1. Хайлис Г.А., Быков Н.Н., Макарова Г.В. Анализ процесса теребления стеблей льноуборочными комбайнами // Вестник сельскохозяйственной науки. - 1982.- № 8, с. 108-113.

Рецензент

УДК 620.92

©Я. Д. Ярош, к.т.н.

Житомирський національний агроекологічний університет

ВСТАНОВЛЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗМІШУВАЧА ІЗ ДИСКОВОЮ ФОРСУНКОЮ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

Запропоновано оснастити циркуляційний змішувач дисковою форсункою, що дозволить отримувати дизельне біопаливо за рахунок пошарового перемішування емульсії. На основі рівняння нерозривності потоку встановлено активну довжину струменя емульсії та визначено основні геометричні параметри змішувача для виробництва дизельного біопалива. Застосування дискових форсунок у змішувачах дозволить виробляти дизельне біопаливо за спрощеною технологією в умовах сільського господарства.

ДИЗЕЛЬНЕ БІОПАЛИВО, ПЕРЕЕТЕРИФІКАЦІЯ, ЗМІШУВАЧ, ДИСКОВА ФОРСУНКА

Постановка проблеми. Виробництво дизельного біопалива в аграрних підприємствах дозволить зменшити їх енергетичну залежність та підвищити економічну ефективність діяльності [1, 2, 3, 4, 5].

Дизельне біопаливо отримують в результаті процесу переетерифікації [3, 6, 7]. Для швидкого і повного проходження процесу переетерифікації необхідно використовувати метиловий спирт в комбінації із відповідним каталізатором [3, 7, 8, 9, 10]. Реакція переетерифікації необхідна для розділення гліцеринової фази та фази що містить метилові ефіри жирних кислот. Метиловий спирт, каталізатор та олія утворюють двофазне середовище, в якому проходження реакції переетерифікації уповільнено. Тому для інтенсивного проходження реакції необхідне утворення контактної міжфазної поверхні в однорідному середовищі, або емульсії, що досягається за рахунок постійного перемішуванню [3, 6, 7, 8, 9]. При цьому необхідно уникати занадто інтенсивного перемішування, що може призвести до руйнування міжфазної поверхні та уповільнить реакцію метанолізу. Крім того інтенсивне перемішування вимагає значних витрат енергії [3, 7, 9].

Тому є актуальним створення енергозберігаючого обладнання для виробництва дизельного біопалива палива в умовах аграрних підприємств із зменшення енерговитрат та досягненням максимальної повноти реакції метанолізу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найчастіше для виробництва дизельного біопалива використовується метаноліз олій із лужним катализатором NaOH чи KOH [3, 7, 10]. Для якісного протікання процесу переетерифікації необхідний діапазон температур 20–70°C та використання лужних катализаторів у об'ємі від 0,3 % до 1,5 % за масою тригліцеридів олії [10]. Раціональні параметри технологічного процесу отримання дизельного біопалива при тривалості процесу до 40 хв, відповідають температурі 40°C, співвідношенню метилового спирту до олії 6 моль:1 моль, вмісту катализатора 1 % об'єму емульсії [8, 11].

Ефективне протікання реакції переетерифікації залежить, як від гідродинамічних умов [10], так і потребує знаходження раціональних способів перемішування [3, 7]. При виробництві дизельного біопалива часто застосовують перемішування емульсії в реакторах невеликої місткості із застосуванням механічних мішалок [12, 13, 14], нерухомих гідравлічних змішувачів-форсунок [13, 15, 16] та рухомих гідрореактивних мішалок [17]. Використовують також ферментаційні реактори звичайного [18] та обертового [19] типів. Проте виробництво дизельного біопалива за допомогою таких методів характеризується рядом недоліків, серед яких утворення областей застою емульсії [13, 15, 16], значні питомі енерговитрати [12, 13, 14, 17, 19], складність технологічного процесу [16, 18, 19]. Часто в технологіях виробництва дизельного біопалива використовують додаткові операції промивання [20] та очистки [21], що ускладнює технологічний процес отримання дизельного біопалива в умовах агарного виробництва.

Із аналізу досліджень встановлено, що основними характеристиками процесу отримання дизельного біопалива є ефективність перемішування і витрата енергії. Проведений аналіз також дозволяє зробити висновок, що існуюче та перспективне обладнання для виробництва дизельного біопалива не в повній мірі забезпечує енергоефективність і якість технологічного процесу в умовах сільськогосподарського виробника.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищити рівень енергетичної ефективності використання дизельного біопалива шляхом удосконалення технічних засобів для його виробництва.

Для досягнення мети сформовано такі завдання:

- удосконалити математичну модель енергозберігаючого перемішування емульсії у циркуляційних змішувачах із використанням дискової форсунки;
- встановити основні параметри змішувачів, що оснащені дисковою форсункою.

Результати дослідження. Для процесу етерифікації рослинних олій запропоновано циркуляційне перемішування, що здійснюється багатократним перекачуванням рідини за замкненим контуром. Діскову форсунку встановлено у верхній частині змішувача (рис. 1) із можливістю її руху вздовж осі реактора.

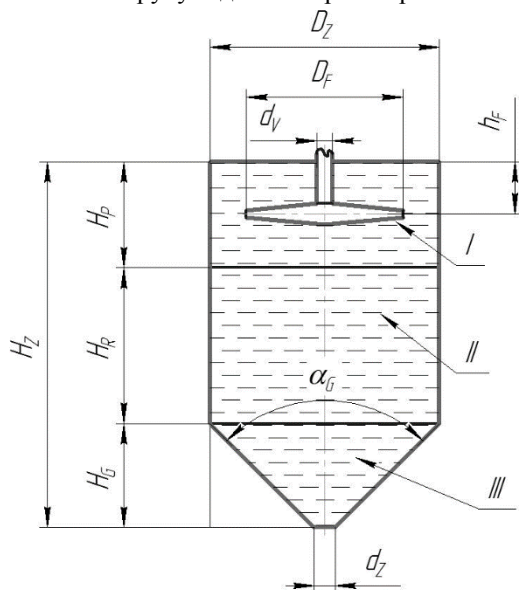


Рис. 1 – Структурна схема змішувача:

I – область перемішування; II – область проходження реакції; III – область відстоювання гліцерину; H_Z – висота розділювача, м; H_P – висота області перемішування, м; H_R – висота області перебігу реакції, м; H_G – висота області відстоювання гліцерину, м; D_Z – робочий діаметр розділювача, м; D_F – діаметр дискової форсунки, м; h_F – висота встановлення дискової форсунки, м; d_v – діаметр вхідного отвору дискової форсунки, м; d_z – діаметр отвору для зливання гліцерину, м; α_G – конусність області відстоювання, рад

При проходженні емульсії через дискову форсунку створюється турбулентний потік що забезпечує необхідну ефективність перемішування емульсії у прошарку фіксованої висоти. За рахунок відкачування емульсії із нижньої частини змішувача, шар емульсії опускається, інтенсивність перемішування зменшується, починається інтенсивне протікання реакції переетерифікації.

Струмінг емульсії, що витікає із дискової форсунки (рис. 2) поступово розширюється і завдяки дії в'язкості утворює в рух рідину яка знаходиться навколо струменя [3, 22, 23, 24, 25, 26]. Кут розширення для осесиметричного струменя можна позначити, як θ .

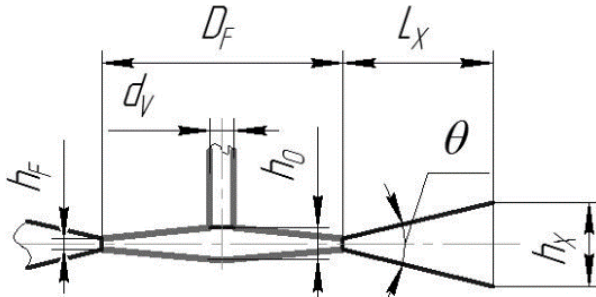


Рис. 2 – Схема дискової форсунки та струменя:

h_F – товщина сопла форсунки, м; h_0 – початкова товщина дискової форсунки, м; h_X – товщина струменя в активному перерізі, м; L_X – довжина активної частини струменя, м; D_F – діаметр дискової форсунки, м; d_V – діаметр вхідного отвору дискової форсунки, м; θ – кут розширення струменя, рад

Виходячи із умови нерозривності потоку [22, 23, 24, 25, 26] витрата емульсії у всіх перерізах форсунки та струменя однакова і дорівнює продуктивності гідронасоса (Q_V) тобто $Q_V = Q_0 = Q_F = Q_X$.

З метою уникнення додаткових втрат напору приймемо, що швидкість руху емульсії у всіх перерізах форсунки стала: $v_V = v_0 = v_F$.

Записавши площі поперечних перерізів:

$$\begin{cases} A_F = \pi D_F h_F, \\ A_0 = \pi D_0 h_0, \\ A_X = \pi d_X^2 / 4, \end{cases} \quad (1)$$

можна встановити робочу товщину дискової форсунки на виході:

$$h_F = \frac{D_0 h_0}{D_F} = \frac{d_V^2}{4 D_F}. \quad (2)$$

Товщина струменя (h_X) в активному перерізі становитиме:

$$h_X = h_F + 2 L_X \operatorname{tg} \frac{1}{2} \theta. \quad (3)$$

Швидкість в активному перерізі струменя можна встановити згідно з [23, 24], як для витікання рідини через отвори і насадки за формулою:

$$v_X = \frac{Q_0}{\pi \left(\frac{1}{2} D_F + L_X \right) \left(h_F + 2L_X \operatorname{tg} \frac{1}{2} \theta \right)}. \quad (4)$$

Прийнявши гідравлічний радіус (R_G) струменя в активному перерізі, як для прямокутного перерізу, можна знайти число Рейнольдса (Re), за яким можливо визначити активну довжину (L_X) струменя емульсії із необхідною інтенсивністю перемішування ($Re \geq 2320$) [3, 15, 23, 24]:

$$R_G = \frac{\pi \left(\frac{1}{2} D_F + L_X \right) \left(h_F + 2L_X \operatorname{tg} \frac{1}{2} \theta \right)}{\pi (D_F + 2L_X) + \left(2h_F + 4L_X \operatorname{tg} \frac{1}{2} \theta \right)}, \quad (5)$$

$$Re = \frac{Q_V}{v \left(L_X \left(2 \operatorname{tg} \frac{1}{2} \theta + \pi \right) + h_F + \frac{\pi D_F}{2} \right)} \geq 2320, \quad (6)$$

або

$$Re = \frac{Q_V \rho}{\eta \left(L_X \left(2 \operatorname{tg} \frac{1}{2} \theta + \pi \right) + h_F + \frac{\pi D_F}{2} \right)} \geq 2320, \quad (7)$$

де v – кінематична в'язкість емульсії, $\text{м}^2/\text{с}$.

η – динамічна в'язкість емульсії, $\text{Па}\cdot\text{с}$;

ρ – густина емульсії, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Із формули (6) можна визначити значення активної довжини струменя емульсії:

$$L_X = \frac{1}{2 \operatorname{tg} \frac{1}{2} \theta + \pi} \left(\frac{Q_V \rho}{2320 \eta} - h_F - \frac{\pi D_F}{2} \right). \quad (8)$$

Встановлено залежність між продуктивністю (витратою емульсії) гідронасоса Q_V (рис. 3) та активною довжиною струменя L_X .

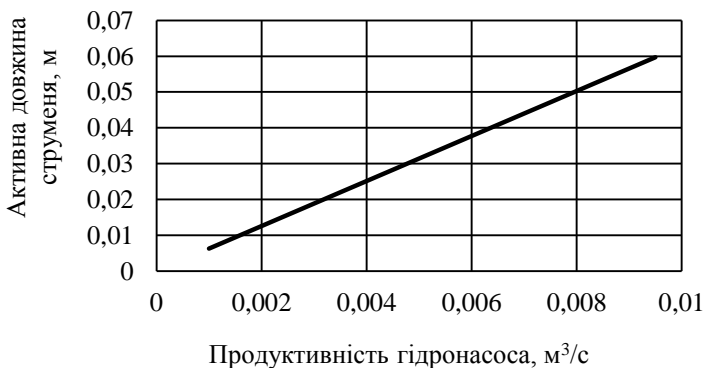


Рис. 3 – Залежність активної довжини струменя емульсії від продуктивності гідронасоса (динамічна в'язкість емульсії 0,02 Па·с)

Також, знайдено залежність між динамічною в'язкістю емульсії η та активною довжиною струменя L_x .

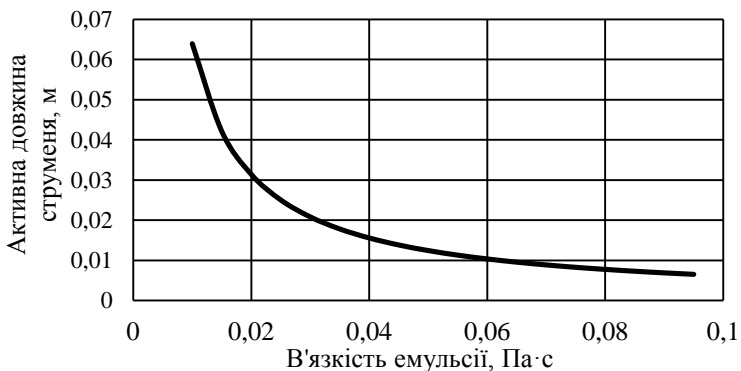


Рис. 4 – Залежність активної довжини струменя емульсії від динамічної в'язкості емульсії (продуктивність гідронасоса 0,005 м³/с)

На основі сумісного розв'язку рівнянь (3-8) можна встановити взаємозалежності між значеннями параметрів змішувача із дисковою форсункою та виходячи із конструкційних міркувань встановити основні розміри з геометричними мішувача (табл. 1).

Отримані значення параметрів можуть бути використанні при проектуванні різного типорозміру змішувачів для отримання дизельного біопалива.

Таблиця – Раціональні параметри змішувачів

Параметр	Внутрішній діаметр реактора D_z , м					
	0,8	1,2	1,4	2,2	3,0	3,2
Номінальний об'єм V_p , м ³	0,4	1	2	10	50	63
Діаметр дискової форсунки D_f , м	0,75	1,10	1,30	2,05	2,80	3,00
Товщина сопла форсунки h_f , мм	5	5	5	10	10	10
Висота області перемішування H_p , м	0,077	0,095	0,100	0,11	0,12	0,13
Висота розділювача H_z , м	0,95	1,10	1,60	3,00	7,65	8,45
Подача насоса Q_v , м ³ /с	0,006	0,008	0,009	0,011	0,012	0,014
Теоретична потужність насосу N_T , Вт	96	128	144	176	192	224
Питома потужність насосу n_T , Вт/м ³	240,0	128,0	72,0	17,6	3,8	3,6

Переставленні матеріал є розвитком досліджень згідно науково-дослідних тем «Розробити механіко-технологічні основи ресурсозберігаючого органічного виробництва сільськогосподарської продукції та біопалив в агроекосистемах з підвищеним рівнем енергетичної автономності» (номер державної реєстрації 0114U000660) та «Створити механіко-технологічні основи ресурсозберігаючого виробництва і використання біопалив в енергетично автономних агроекосистемах (номер державної реєстрації 0115U003375).

Застосування дискових форсунок у змішувачах дозволяє виробляти дизельне біопаливо за спрощеною технологією та отримати повне видалення із змішувача чистих метилових-ефірів жирних кислот в умовах сільського господарства. Подальші дослідження необхідно спрямувати на розроблення систем зберігання дизельного біопалива та подальшого використання в якості енергетичного ресурсу для сушарок сільськогосподарської сировини.

Висновки. 1. На основі рівняння нерозривності потоку із урахуванням числа Рейнольдса встановлено активну довжину струменя емульсії та визначено основні геометричні параметри змішувача для виробництва дизельного біопалива.

2. Основні параметри змішувача було визначено як типові для апаратів хімічної промисловості із конічним днищем. Для аграрного виробництва найбільш придатний змішувач робочого об'єму – 2 м³, із раціональним діаметром дискової форсунки – 1,10 м, товщиною сопла форсунки – 5 мм, внутрішнім діаметром реактора – 1,4 м, висотою –

1,60 м, робочим надлишковим тиском – 0,016 МПа, теоретичною потужністю гідронасоса – 144 Вт.

Література

1. Integrated use of bioenergy conversion technologies in agroecosystems [Text] / G. A. Golub, S. M. Kukharets, Y. D. Yarosh, V. V. Kukharets // ISB-INMA TEN. Agricultural and Mechanical Engineering. Bucharest.– 2016. – P. 145–154.
2. Ivanova B. A mathematical model formulation for the design of an integrated biodiesel-petroleum diesel blends system [Text] / B. Ivanova, S. Stoyanov // Energy. – 2016. – Vol. 99. – P. 221–236
3. Кухарець С. М. Підвищення енергетичної автономності агроєкосистем. Механіко-технологічні основи: монографія [Текст] / С.М. Кухарець – Житомир: ЖНАЕУ, 2016. – 192 с. Кухарець С. М.
4. Регулювання використання органічних ресурсів для виробництва біопалива / С. М. Кухарець, Г. А. Голуб [Текст] // Сільськогосподарські машини: зб. нук. ст. – Луцьк, 2013. – Вип. 24. – С. 187–194.
5. Голуб Г. А. Ефективність функціонування багатопрофільного сільськогосподарського підприємства [Текст] / Г. А. Голуб, С. М. Кухарець // Наук. вісн. НУБіП України. Сер. Техніка та енергетика АПК. – 2015. – Вип. 212, ч. 2. – С. 35–44.
6. Modification of Biodiesel Reactor by using of Triple Obstacle within the Bubble Column Reactor [Text] / D. Wulandani, F. Ilham, Y. Fitriyan, A. Siswantara, H. Nabetani, S. Hagiwara // Energy Procedia. – Vol. 65. – 2015. – P. 83–89.
7. Виробництво та використання дизельного біопалива на основі рослинних олій [Текст] / [Г. А. Голуб, М. Ю. Павленко, В. В. Чуба, С. М. Кухарець]. – К. : НУБіП України, 2015. – 119 с.
8. Baskar G. Trends in catalytic production of biodiesel from various feedstocks [Text] / G. Baskar, R. Aiswarya // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – Vol.57. –2016. – P. 496–504
9. Qiu Z. Process intensification technologies in continuous biodiesel production [Text] / Z. Qiu, L. Zhao, L. Weatherley // Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. – Vol. 49, Issue 4. – 2010. – P. 323–330.
10. Ehsan M. Production of Biodiesel Using Alkaline Based Catalysts From Waste Cooking Oil: A Case Study [Text] / M. Ehsan, H. Tofajjal // Procedia Engineering. – Vol. 105. – 2015. – P. 638–645.
11. Анализ процесса получения биодизельного горючего и обоснование основных параметров реактора–разделителя [Текст] / Г. Голуб, С. Кухарець, О. Осыпчук, В. Кухарець // Motrol. Commission of

motorization and energetics in agriculture. – 2015. – Vol. 17, № 9. – P. 149–155.

12. Голуб Г. А. Аналіз технологій виробництва рослинної олії та дизельного біопалива на її основі [Текст] / Г. А. Голуб, М. Ю. Павленко, С. В. Лук'янець // Техніко технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства. – Вип. 16 (30), кн. 2. – 2012. – С. 391-399.

13. Modeling the effect of mixing in biodiesel production [Text] / A. Brásioa, A. Romanenko, L. Santosa, N. Fernandes // Bioresource Technology. – Vol. 102, Issue 11. – 2011. – P. 6508–6514.

14. Драгнев С. В. Обґрунтування конструктивних параметрів періодичного реактора естерифікації рослинних олій [Текст] / С. В. Драгнев, С. М. Кухарець // Наук. вісн. НУБіП України. Сер. Техніка та енергетика АПК. – 2010. – Вип. 144, ч. 4. – С. 334–343.

15. Кухарець С. М. Аналіз процесу отримання біодизельного пального та обґрунтування основних параметрів реактора-розділювача / С. М. Кухарець, Г. А. Голуб, В. М. Хрус [Текст] // Зб. наук. пр. Подільського держ. аграр.-техн. ун-ту. – Спец. вип. Сучасні проблеми збалансованого природокористування: наук.-практ. конф. – 2014. – С. 164–171.

16. Enhancement of biodiesel production reaction employing the static mixing [Text] / P. Sungwornpatansakul, J. Hiroi, Y. Nigahara, T. Jayasinghe, K. Yoshikawa // Fuel Processing Technology. – Vol. 116. – 2013. – P. 1–8.

17. Павленко М. Ю. Енергомісткість гідромеханічного перемішування при виробництві дизельного біопалива [Текст] / М. Ю. Павленко, Г. А. Голуб // Вісник Сумського національного аграрного університету. Механізація та автоматизація виробничих процесів. – Суми, 2014, Вип. 11 (26). – С. 39–42.

18. Enzymatic reactors for biodiesel synthesis: Present status and future prospects [Text] / J. Poppea, R. Fernandez-Lafuente, R. Rodriguesa, M. Ayuba // Biotechnology Advances. – Vol. 33, Issue 5. – 2015. – P. 511–525

19. Rotating packed bed reactor for enzymatic synthesis of biodiesel [Text] / J. Xua, C. Liua, M. Wanga, L. Shao, L. Denga, K. Niea, F. Wanga // Bioresource Technology. – Vol. 224. – 2017. – P. 292–297.

20. Alamsyah R. Design and Technical Testing for Crude Biodiesel Reactor Using Dry Methods: Comparison of Energy Analysis [Text] / R. Alamsyah, H. Loebis // Energy Procedia. – Vol. 47. – 2014. – P. 235-241.

21. Atadashi I. M. Purification of crude biodiesel using dry washing and membrane technologies / I. M. Atadashi // Alexandria Engineering Journal. – Vol. 54, Issue 4. – 2015. – P. 1265–1272

22. Штербачек З. 3. Перемешивание в химической промышленности [Текст] / Штербачек З., Тауск П.; пер. счешского. Под. ред. И.С. Павлушенко – Л.: Госхимиздат, 1963. – 416 с.

23. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі. Підручник [Текст] / [Дідур В.А, Савченко О.Д., Журавель Д.П., Мовчан С.І.] – К.: «Аграрна освіта», 2008. – 577 с., іл.

24. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа [Текст] / Лойцянский Л.Г. – М.: Наука, 1978. – 736 с.

25. Некрасов Б.Б. Гидравлика, насосы и гидроприводы [Текст] /Б.Б.Некрасов - Минск, 1985 – 420 с.

26. Гидромеханические машины и аппараты в химической промышленности [Текст] / В.Ф. Харин, Г.П. Кабанов, В.Н. Щербаков, В.И. Ганчуков, Л.Г. Деянова. – Красноярск: Сибирский технологический институт, 1978. – 125 с.

Рецензент д.т.н. Кухарець С.М.

ANNOTATIONS - / - АННОТАЦИИ

A.Boiko, V. Savchenko, V.Krot. The average operation capacity before the failure of nozzle and the average timing for restoration of operational condition of filter and valve.

This nozzles for spraying liquid under 70 Bar pressure, which the intergral part of an automatic system for controlling humidity and temperature parameters of air in the area of plants cultivation under the terms of protected soil. The system is designed to produce a necessary microclimate in the premises of industrial greenhouses

The article describes the average operation capacity before the failure of nozzle and the average timing for restoration of operational condition of filter and valve based on the charts of conditions and mathematical modeling of transitions of nozzles of automated control systems for temperature and humidity parameters of air in the area of cultivation of plants under protected ground into various possible conditions. The system is designed to create the desired indoor climate in industrial greenhouses

On the basis of fragment of marked chart of conditions and transition of nozzle into various possible conditions and constructed mathematical model we can see that with an increase of intensity of failures due to clogging filter and failure of valve, the average operation capacity before the failure decreases. Such flip connection conforms to a physical essence of nozzle operation. The average time for the restoration of operation condition of the nozzle are considered in the context of the reasons that led to failures. On the basis fragments of marked chart of conditions and transitions of nozzle into various possible conditions for determination of average time for restoration of filter and valve, we formed a differential equation of dynamic balance of probabilities. It is mathematically proven that the average operation capacity before the failure of nozzle is an inverse value to the number of intensity of failures of filter and stopper valve. With the increase of types of failure and number of sub-systems and elements of the system, the average operation capacity to the failure decreases. It is confirmed that the average timing for restoration of subsystems of the nozzle are inverse to intensity of their failures. The perspective for further researches is researching the impact of operation timing to a change of probability to failures of nozzle filter.

- / -

А. Бойко, В. Савченко, В. Крот. Определение средней наработки до отказа форсунки и среднего времени восстановления фильтра и клапана

Целью работы является исследование средней выработки до отказа форсунки и среднего времени восстановления рабочего состояния фильтра и клапана. На основе фрагментов размеченного графа состояний и переходов форсунки в различные состояния, для установления среднего времени восстановления фильтра и клапана, составлено дифференциальное уравнение динамического баланса вероятностей. Математически доказано, что средняя наработка до отказа форсунки является величиной обратной к сумме интенсивностей отказов фильтра и запорного клапана. Подтверждено, что среднее время восстановления подсистем форсунки и клапана обратно интенсивностям их восстановления.

O. Brovarets. Construction of penalty functions in tasks of optimization of dynamic quality management of implementation of technological operations with the use of technical systems of operative monitoring in plant-grower

The use of penalty functions in the tasks of optimization of dynamic management enables to manage the internalss of implementation of technological operations with the use of the technical systems of the operative monitoring in the plant-grower. Function which are used in the known types of penalty functions, can be used for the dynamic quality management of implementation of technological operations with the use of the technical systems of the operative monitoring in the plant-grower for by providing of the guided agrobiological state of agricultural lands by realization of compensative technology of the differentiated bringing of technological material.

Offered technology of search of optimum or possible dynamic quality management of implementation of technological operations with the use of the technical systems of the operative monitoring in the plant-grower for by providing of the guided agrobiological state of agricultural lands by realization of -compensative technology of the differentiated bringing of technological material allows to prevent deadly embraces, when absent acceptable variants. The use of penalty functions is aimed on the increase of potential decisions, search of decisions which answer by the large value of having a special purpose function, but are unacceptable for some decisions of agrobiological management by the state of agricultural lands.

- / -

Броварец А.А. Построение штрафных функций в задачах оптимизации динамического управления качествами выполнения технологических операций с использованием технических систем оперативного мониторинга в растениеводстве

Использование штрафных функций в задачах оптимизации динамического управления дает возможность руководить качествами выполнения технологических операций с использованием технических систем оперативного мониторинга в растениеводстве. Функция которые используются в известных типах штрафных функций, могут быть использованы для динамического управления качествами выполнения технологических операций с использованием технических систем оперативного мониторинга в растениеводстве для обеспечением управляемого агробиологического состояния сельскохозяйственных угодий путем реализации прогностически-компенсационной технологии дифференцированного внесения технологического материала.

K. Vasytkovska, O. Vasytkovskyi, S. Moroz. Definition of universal pneumomechanical sowing device with a peripheral cells and removing excess inertia seeds

Development of new technologies and mechanization should aim to preserve soil fertility and reduce resursovytrat and preservation of the environment that will ensure the next harvest and kindness of the country.

The new design of pneumomechanical sowing machine for precise seeding of cultivated crops with a peripheral cells to seed disc inertia and remove excess seeds allows sowing of sugar beet, soybean, sunflower and corn seed without changing the disc. To determine the rational parameters and modes of sowing device used multivariate experiment planning method. The effect of dilution in a vacuum chamber (ΔP) and the angular velocity cell seeding device (V_{κ}) on the quality of their completion.

So test universal sowing device research found that disc with cell generatrix radius $r=6.0$ mm allows dosing sugar beet seeds, soybean and sunflower. Cell fill factor $K=100\%$ at doses of these cultures achieved by installing the following: soybean - $\Delta P=0.4...0.5$ kPa, $V_c=1.5.. 2.0$ m/s; for sunflower - $\Delta P=0.4...0.5$ kPa, $V_c=1.5...2.5$ m s. A seed corn with cell drive, generatrix radius $r=6,0$ mm complicated large size seeds, so that the maximum coefficient of filling cells $K=88\%$ achieved at $\Delta P=2.6$ kPa, $V_c=1.5$ m/s.

- / -

Васильковська К.В., Васильковський О.М., Мороз С.М. Определение универсальности пневмомеханического высевающего аппарата с периферийным расположением ячеек и инерционным удалением лишних

Новая конструкция пневмомеханического высевающего аппарата для точного высева семян пропашных культур с периферийным расположением ячеек на посевной диске и инерционным удалением лишнего семян позволяет проводить посев семян сахарной свеклы, сои, подсолнечника и кукурузы без смены высевающего диска. Приведенны результаты проверки универсальности высевающего аппарата с предложенным высевающих диском.

N. Vasylychuk, postgraduate. Review of the modern cutterbars constructions for sunflower harvesting

This article reviewed modern cutterbars construction for sunflower harvesting of the world's leading manufacturers of agricultural machinery. We describe the advantages and disadvantages of each. American manufacturer John Deere produces cutterbars Frontier SH which have additional vibrating conveyors that helping to increase the number of seeds which can gather from the unit area of the field. Cutterbars of the Claas company apply additional elements which can turn Sunflower basket in the required direction that increases the purity of the processing plant.

Russian manufacturer Rostslemash offers to use the special belt conveyors which can collect seeds and baskets that crumble during harvesting. Sunflower cutterbar Moresil G-4570 uses a special additional vertical clamps, which helps collect lying plants. Ukrainian manufacturer Berdyansk agricultural plant offers two aggregating options of sunflower harvesting. The first option - to use traditional harvesters and second one uses special way, which is mounted on harvesters traditional Ukrainian and international manufacturers. Therefore modern manufacturers offer some interesting decisions to intensify harvesting sunflowers and reduce production losses. Among them: the use of vibrating and belt conveyors and special knives to separate baskets from sunflower stalks.

- / -

Н.В. Васильчук, Обзор современных конструкций жаток для уборки подсолнечника

В работе рассмотрены современные конструкции жаток для уборки подсолнечника от ведущих мировых производителей сельскохозяйственной техники. Описаны преимущества и недостатки каждой из них

V. Didukh, V. Tarasuk, V.j Lauchuk. Research of technologies ofseating of potato

In the article the offered directions of development of technology of seating of potato are in the conditions of Western Polesye and perfection of technical equipments for providing of terms of her realization.

POTATO, PRODUCTIVITY, POLESYE, SEED, FERTILIZER, HUMUS, TECHNOLOGIES, PROPERTIES.

-/-

В.Ф. Дидух, В.В. Тарасюк, В.М. Ляшук *Исследование технологий посадки картофеля*

В статье предложены направления развития технологий посадки картофеля в условиях Западного Полесья и усовершенствования технических средств для обеспечения условий их реализации.

КАРТОФЕЛЬ, УРОЖАЙНОСТЬ, ПОЛЕСЬЕ, СЕМЕНА, УДОБРЕНИЯ, ТЕХНОЛОГИИ, СВОЙСТВА

I. Dudarev. Modeling the process of mixing bulk materials in the spiral mixer.

The process of mixing bulk materials is widespread in agricultural and food industry. Method of mixing the components depends on the properties of bulk materials. Mixer design selected according to the method of mixing. New design spiral mixer suggested in the article. Parameters would be determined and the mixing process should be modeled for the new spiral mixer. Analysis of cases of bulk materials movement in the spiral mixer is presented in the article. The mathematical model of mixing bulk materials in the spiral mixer is proposed in the article. The mathematical model of mixing bulk materials is developed using mathematical equations of Markov random process. The mathematical model of mixing bulk materials determines rational parameters of the spiral mixer and quality of mix at each step of the process.

-/-

И.Н. Дударев. Моделирование процесса смешивания сыпучих материалов в спиральном смесителе.

Процесс смешивания сыпучих материалов довольно распространенный в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. Способ смешивания компонентов зависит от свойств сыпучих материалов. Соответственно, конструкция смесителя выбирается с учетом способа смешивания. В статье предложена новая конструкция спирального смесителя, для которой необходимо определить параметры и смоделировать процесс смешивания. В статье также представлены результаты анализа случаев перемещения частиц сыпучих материалов спиральной рабочей поверхностью смесителя. Предложена математическая модель, которая описывает процесс смешивания сыпучих материалов в спиральном смесителе. Математическая модель основана на математическом аппарате Марковского процесса. Предложенная модель позволяет обосновать рациональные параметры спирального смесителя и определить качественные показатели смеси на каждом этапе процесса смешивания.

I. Dudarev, A. Khomych, T. Herasymuk-Chernova, Y. Khomych. Determination of design and parameters of spiral 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. Design of spiral mixer of bulk materials is proposed in the article. Spiral mixer does not damage the materials and provides high-quality mix of bulk materials. Material moving on the working surface of spiral mixer is investigated in the article. The equations for calculating the structural parameters of spiral mixer of bulk materials are obtained in the article.

- / -

И.Н. Дударев, А.В. Хомыч, Т.П. Герасымык-Чернова, Ю.А. Хомыч. Обоснование конструкции и 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 (шнеки, 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 спирального смесителя сыпучих материалов. Спиральный смеситель не повреждает компоненты смеси и обеспечивает качественное смешивание сыпучих материалов. В статье также исследовано движение сыпучего материала по рабочей поверхности спирального смесителя. Теоретически получены зависимости для обоснования конструктивных параметров спирального смесителя сыпучих материалов.

O. Zaharchuk, M. Zaharchuk. Ways to improve the technological process of fueling the gas fuel LPG equipment for tractors.

Retrofitting of tractors used on farms, the gas engine will significantly reduce fuel costs and improve efficiency. Creation gas engines based on diesel engines demonstrates the benefits of converting diesel engines to gas engines with spark ignition, because they have the best economic and environmental performance. A major problem in the operation of LPG equipment tractors in rural areas is its uninterrupted supply of natural gas. Therefore, the purpose is to find ways to improve the technological process of fueling LPG equipment tractor with natural gas during the execution of transport operations. It was reasonably accommodate LPG equipment wheeled tractor in the front. It will not lead to significant changes in the parameters of stability and does not increase the size of tractor height. This approach will allow unhindered arrival at the gate farms, greenhouses, warehouses and other agricultural buildings. Thus, improved adhesion to the road. Also analyzed the possible ways of fueling LPG equipment wheeled tractors MTZ-80. Found that the best way to choose will depend directly on the distance from the sector of automotive gas fueling compressor stations. So the next step will be the study of the economic efficiency of the operation of LPG equipment tractors at different ways of fueling, different number of operating vehicles and a different distance from the agrarian economy of NGV fueling stations.

- / -

O.B. Захарчук, М.И. Захарчук. Пути улучшения технологического процесса заправки газобаллонного трактора газовым топливом. Приведены результаты исследований путей улучшения технологического процесса заправки сельскохозяйственной техники с газобаллонным оборудованием, которая будет работать на транспортных работах, природным газом.

R.. Kirchuk, M. Polishchuk, L. Zabrodotska, S. Khomich, V.Hvesyk.
Investigation of geometrical profile parameters scraper conveyors

The article presents theoretical research and study profile scraper conveyor machines for making local solid organic fertilizers. To determine the technical and kinematic parameters of the machine and its working bodies The conditions of implementation of the process frozen sapropel supply conveyor supplying and distributing them according to the required number of rows when planting crops. Providing constant height fertilizer input stream reach and interact supplying scraper. Theoretical studies were conducted to two provisions of the conveyor. For the calculation method used by the numerical solution of differential equations Runge-Kutta constant pitch in the environment MathCad. The mathematical model enables link kinematic machine and process parameters and physical and mechanical properties of sapropel. In general, when considering the problem of accountability area construction site, which provides the ability to change the position of scraper at an angle to the guide. In calculating consider centrifugal and Coriolis forces. The mathematical model enables link kinematic machine and process parameters and physical and mechanical properties of sapropel. As well as the resulting profile scraper conveyor working surface to form a layer of sapropel served in the area during the formation of local bands fertilizer. The mathematical relationship of dependence into account kinematic machine parameters. and process for making local frozen sapropel.

- / -

Р.В. Кирчук, Н.Н. Полищук, Л.Ю.Забродоцкая, С.Н.Хомич, В.А.Хвесик.
Исследование геометрических параметров профиля скребка транспортера

В статье представлены теоретические исследования и обоснования профиля скребка транспортера для машины для локального внесения твердых органических удобрений.

V. Kovbasa, Hayder Raad Nadim Al-Hazaali. Dynamics interaction of the share mole plow with soil in the formation of the cavity for impervious screen

To maintain moisture and best spread it in the horizontal direction under in-soil irrigation of agricultural plants there is a necessity of laying moisturizers together with an impervious screen. For this purpose, share mole plow can be used. Substantiation of tool's geometrical parameters and modes of operation is an actual scientific problem. Solution of this problem requires the formalization of the soil, as a medium, which directed the action of the tool, as well as the formalization of the interaction of the tool with soil. For determine the stress components the problem was solved in the form of connection between of differential components of deformations (strain rates) with differential components stresses (physical equation of the connection) and the subsequent integration of the resulting equations. When using the regression equations of the relationship between the changes in the density of the soil with components of stresses were obtained values of the final soil density at the contact surface share mole plow with the soil, depending on its mechanical properties, parameters and operation modes the share mole plow. When using equilibrium equations at the contact surface and their subsequent integration within the dimensions of the tool were identified components of the resistance forces of the soil, depending on its mechanical properties, parameters and operation modes of the share mole plow also. The article discusses the research results of interaction share

mole plow with soil, by definition, the component of stress in it on the surface of contact with the share mole plow and its seals and determination of making efforts that occur on the tool as a result of its interaction with the soil.

- / -

В.П. Ковбаса, Хайдер Раад Надім Аль-Хазалі. Динаміка взаємодії леміша з ґрунтом при утворенні порожнини для протифільтраційного екрану

В статті наведені результати досліджень взаємодії лемішиного робочого органу з ґрунтом, який формалізований у вигляді пружно-в'язкої моделі, по визначенню компонент напружень в ньому на поверхні контакту леміша з ґрунтом, а також ущільнення ґрунту та результати визначення складників зусиль, які виникають на робочому органі в результаті його взаємодії з ґрунтом..

V. Kovbasa, Hayder Raad Nadim Al-Hazaali. Kinematics interaction of the share mole plow with the soil in formation of cavity for impervious screen

To maintain moisture and best spread it in the horizontal direction under in-soil irrigation of agricultural plants there is a necessity of laying moisturizers together with an impervious screen. For this purpose, share mole plow can be used. Substantiation of tool's geometrical parameters and modes of operation is an actual scientific problem. Solution of this problem requires the formalization of the soil, as a medium, which directed the action of the tool, as well as the formalization of the interaction of the tool with soil. Solution of the contact problem of interaction of absolutely hard tool with deformable soil medium allowed us to determine the change in the components of the strain rates of the soil. The article discusses the research results of the interaction of share mole plow with the soil in the formation of cavity for impervious screen by determination the components of the strain rates of the soil on the contact surface of tool with soil. The elastic-viscous model represents the soil. These expressions are the starting point for the further determination of the stresses components in the soil that determine the soil compaction on the walls of the formed of cavity for impervious screen and the components of the resistance forces to movement of the share mole plow.

- / -

В.П. Ковбаса, Хайдер Раад Надім Аль-Хазалі. Кінематика взаємодії леміша з ґрунтом при утворенні порожнини для протифільтраційного екрану

В статті наведені результати досліджень взаємодії леміша з ґрунтом по визначенню компонент швидкостей ґрунту, який формалізований у вигляді пружно-в'язкої моделі, на поверхні контакту леміша з ґрунтом. Ці вирази є вихідними для подальшого визначення компонент напружень в ґрунті, що дозволяють визначити ущільнення ґрунту на стінках утвореної порожнини для протягання протифільтраційного екрану та складники сил опору переміщення леміша.

A.Limont. Statistical Estimation of Seeds Sowing Qualities and Organization of Flax Harvesting Process. The scientific data as to the absolute flax mass, its spring up and germination energy considering the stages of ripening have been generalized in the paper. It has been stated that middle early yellow, yellow and full stages of ripening occur on 12, 21 and 31 days from the green stage respectively. The relative accuracy of ripening stage determination fluctuated between 3,57 – 4, 29 %. The distribution of absolute mass of fiber flax seeds according to χ^2 Pirson's criterion on level surfaces of 0,95 – 0,999 is described by ordinary law. Arithmetical mean of absolute mass in different ripening phases: green, early yellow, yellow and full accounts of 3,02 g ,4,35, 4,61 and 4,78 g respectively. The shifts in absolute fiber flax mass according to the duration of harvesting process are described by the equation of slowly growing logarithmic function, the shifts (changes) in absolute and relative humidity of seed chests – by the equation of straight lines with negative angle coefficient. Between the absolute seed mass and spring up energy and germination there have been determined additional correlative ties with correlative coefficient of 0,555 and 0,546 respectively under correlative ties of 0,680 and 0,639.

It has been proved, that the quantitative character of the studied tied can be expressed most successfully by equation of the slowly growing nonequilateral hyperbolae using the coefficient R^2 .

The change in seeds germination depending on the spring up energy can be qualitatively estimated by adding correlation coefficient of 0,793 under correlation rate of 0,865. The investigated quantitative statistical tie can be described by the equation of slowly growing nonequilateral hyperbola under R^2 coefficient of 0,809.

The piecewise-linear approximation of the appropriate changes of hyperbolic curves in the investigated ties made it possible to study the growth intensity of the accepted indications according to certain levels of the determined factorials. The revealed bondages allowed to forecast the organization of flax harvesting process taking into account the ripening stages of fiber flax, technologies of harvesting and application of mechanization means.

- / -

Лимонт А. С. Статистическая оценка посевных качеств семян и организация льноуборочного процесса. Обобщены с учетом фаз спелости результаты научных исследований относительно массы 1000 шт. семян льна-долгунца. Разработаны корреляционно-регрессионные модели энергии прорастания и всхожести семян в зависимости от его абсолютной массы, определена статистическая связь всхожести и энергии прорастания семян. Предложена кусочно-линейная аппроксимация кривых изменения посевных качеств семян льна-долгунца и прогнозирована организация льноуборочного процесса.

A. Nalobina, A. Gorbovuy, Y. Muravynets. Research cause lost of fibers in the machine for the processing of flax

The material of this article presents the results of theoretical research aimed at identifying the causes fiber loss during the initial processing of flax trusts. The authors analyzed the works devoted to the primary processing of flax. The analysis found that many authors among the causes of loss of fiber during processing trusts note precarious work clamping forwarders. Taking into account that the goal of the article is selected study patterns of distribution of pressure in the clamping forwarder ditch. During grounded theoretical research to determine the dependence of pressure at any point clamping forwarders ditch. Calculations by this addition. Plots pressure distribution in the gutter forwarder. Found that the pressure in the ditch uneven. The pressure decreases as the distance from the axis clamping roller. In the area of the roller axis passing the lower the pressure, the less tension power cleanly and compression springs. At a considerable distance from the axis of the roller pressure is virtually absent. This creates the conditions in which the strands due to insufficient grip pulled out of ditch. Having lost fibers. The results of theoretical research in the pressure distribution groove clamping carrier allowed to formulate a working hypothesis for further research of the functioning of the working body.

FLAX, PRIMARY PROCESSING, CLAMPING FORWARDERS, LOST

-/-

Е. А. Налобина, А. Ю. Горбовой, Ю. В. Муравинец, Исследование причин потерь волокна в машине для первичной переработки льна

В данной статье представлены результаты теоретических исследований распределения давления в ручье зажимного транспортера машины ТЛ-40 для первичной переработки льна с целью выявления причин потерь волокна в процессе первичной переработки льна-долгунца.

ЛЕН-ДОЛГУНЕЦ, ПЕРВИЧНАЯ ПЕРЕРАБОТКА, ЗАЖИМНОЙ ТРАНСПОРТЕР, ПОТЕРИ

Y. Onyuh. Of north european growing technology linseed.

The article describes the features of cultivation of flax oil in Western Polissya to the specifics of the North European technology of its production. The results of morphological parameters linseed stems at the harvesting time in 2016-2017, respectively. Built chart changes tensile strength fiber linseed considering holding time test samples on the vine in the wild.

Recent years investigations indicate that oil flax can be successfully grown in the West Polissya. This is facilitated by the natural climatic conditions of the region. But there is a feature that is related to the height of the stem, which in this region can reach 75 cm or more in some varieties. The content of the short fibers in stems ranging from 25 to 29 percent. As the short oil flax fiber is widely used in various industries, it is advisable to adapt the stem of the harvest, not burn it as it is still practiced in southern regions. Existing processing technologies provide linseed harvest during the early yellow ripeness after desiccation of crops. After collecting seed stalks of mowing and invest in rolls for maturation trusts. However, this method is not appropriate to apply during the excessive drought or abundant rains, as the final product quality due to reduced availability of rolls putrefactive processes.

Therefore, a technology of cultivation of oil flax, which is used in Finland

is offered. It involves the collection of seed followed proofing the vine stems on the vine throughout the winter period. Mowing stems and their further processing is carried out in the spring. Research carried out fiber quality changes gradually in August, November, January and April. The results obtained for the years 2016- 2017 indicate the feasibility of this technology in the West Polissya alive.

- / -

Ю.М. Онох *Применение северо-европейской технологии выращивания льна масличного. В статье рассмотрены особенности выращивания льна масличного в условиях Западного Полесья с учетом специфики Северо-Европейской технологии его производства. Приведены результаты морфологических показателей стеблестоя льна масличного на момент сбора урожая в 2016-2017 годах. Построена диаграмма изменения разрывной нагрузки волокон льна масличного с учетом времени выдержки опытных образцов на корню в естественных условиях.*

S. Panasiuk, E. Kalahan. *Analysis of the working process of plates of distillation columns*

For ethanol by distillation is use distillation column with the plate contact device, great variety of the construction of the plates is complicates choice of the optimal variant.

The most common use is distillation column with contact devices with caps, less common is distillation column with contact devices with sieves. Working of plates depends on the capacity of steam and liquid, depends on purity separation of the initial mixture into individual components, and depends on the hydraulic resistance and range of stable operation.

Given the advantages and disadvantages of the considered designs is possible suggest some ways to improve workflow plates in the distillation column used in alcohol production. In particular, to improve the separation of the initial mixture on the plate can install additional contact elements, what increasing the contact area of phases, improve hydrodynamics of the bubbling layer removal and reduce passing the liquid phase. It is also possible to use caps of various diameters, successively posted on one plate, which will decrease hydraulic resistance of plate.

- / -

С. Г. Панасюк, Е. В. Калахан. *Анализ рабочего процесса тарелок ректификационных колонн*

В статье приведен анализ существующих технологических схем тарелок ректификационной колонны, рассмотрены особенности их конструкций. Предложены пути повышения эффективности рабочего процесса тарелок в ректификационных колоннах.

V.Paslavskiy *Research physical and mechanical properties of oil seed*

Explaining work of screw oil presses, first of all are based at learning material interaction. This materials are steel and oil seed. Physical and mechanical properties of different oilseeds are significantly different in geometric and physical parameters. There are many similar studies, but for getting more accurate results there's a reason to develop experiments.

In research were used materials with different roughness linseed oil varieties: Evrika 2, Sonechnyi, Lirynda, Pivdenna Nich, Orphey, Aysberh, varieties of soy: Zakarpatska 3, hemp: Uso 31 and of false flax: Hirskiy.

- / -

Паславский В. Р. Исследование физико-механических свойств масличных культур. Объяснение работы шнековых масляных прессов, прежде всего, базируется на изучении взаимодействия материалов, которые контактируют между собой. Такие материалы – стали и семена масляных культур. Физико-механические свойства разных масляных культур существенно отличаются как геометрическими, так и физическими параметрами. Аналогичных исследований много, но для получения более точных результатов имеет смысл углубить эксперименты.

В исследовании использовались материалы с разной шероховатостью, семена льна масляного сорта Эврика 2, Сонечный, Лирина, Южная ночь, Орфей, Айсберг, сои – Закарпатская 3, конопля – Юсо 31 и рыжее – Горный.

S. Poustovit, V. Katkov, B. Yemets Results research quality of work combined units for preseedng procsoil tillage machines

The results of studies on the quality of the combined Agrahativ for preplant tillage using technical means ARV 8,1-02, USMK-5,4V, "Europack 6000," according described and their performance. Research has established optimal design parameters of the roller, roller diameter, number of sinusoidal bars and the angle bars. The results of research on the quality and uniformity of depth loosening tillage combined units.

The results of studies on the impact of preplant tillage depth and the depth of earnings on field germination of seeds and plant parameters distribution of sugar beet.

Showing results of studies to determine the qualitative performance of the pneumatic drills type STV-12 "Multykorn", sowing and type SST-12B with mechanical sowing device.

Key words: research, combined aggregate, study, germination of seeds.

- / -

С. В. Пустовит, В. И. Котков, Б. В. Емец. Результаты исследований на качество работы комбинированных агрегатов для предпосевной обработки почвы

Приведены результаты исследований по качеству работы комбинированных агрегатов на предпосевной обработке почвы с применением технических средств АРВ-8,1-02, КРН-5,4В, "Европак 6000", в соответствии описаны и показатели их работы. Исследованиями установлены оптимальные конструктивные параметры катка: диаметр катка, количество синусоидальных прутков и угол наклона прутков. Описанные результаты исследования по качеству рыхления и равномерности глубины обработки почвы комбинированными агрегатами.

Изложены результаты исследований по влиянию глубины предпосевной обработки почвы и глубины заделки на полевую всхожесть семян и параметры распределения растений сахарной свеклы.

Показаны результаты исследований по определению качественных показателей работы сеялками пневматического типа СТВ-12 "Мультикорт", и сеялки типа ССТ-12В с механическим высевальным аппаратом.

Ключевые слова: исследования, комбинированный агрегат, полевая всхожесть семян.

V. Puts, O. Markova Analysis and multi-criteria evaluation of sprinklers

Carrying out research works in the field of land reclamation is topical, since irrigated agriculture provides an increase in crop yields. The approach to the implementation of these studies should be systematic, which will allow us to substantiate the basic provisions for improving the efficiency of the operation of sprinklers.

This assumes at the initial stage to identify the main directions of the development of the construction of sprinklers abroad, which will adequately justify the direction of creation and modernization of domestic machines.

The purpose of the research is the analysis of the construction of sprinkler machines presented on the Ukrainian market and the identification of research and design directions aimed at the creation of modern sprinkling machines.

The article describes the analysis of some designs of sprinklers, the most widely represented on the Ukrainian market. Using the principles of multi-criteria estimation, a comparative evaluation of wide-reach sprinkling machines is performed using additive convolution of parameters.

Based on the results of the analysis of characteristics and features of the structures of foreign sprinkling multi-bearing machines, a list of the main directions of the development of sprinkling equipment abroad has been formed, taking into account which it is recommended to carry out works aimed at modernizing and creating new irrigation equipment in Ukraine.

IRRIGATION, RAINBOWING MACHINES, MELIORATION, CRITERION, EXPENDITURE, EFFICIENCY

- / -

В.С. Пуць, О.В. Маркова **Анализ и многокритериальная оценка дождевальных машин**

В статье изложен анализ некоторых конструкций дождевальных машин, наиболее широко представленных на рынке Украины. С использованием принципов многокритериального оценивания выполнена сравнительная оценка широкозахватных дождевальных машин с использованием аддитивной свертки параметров. Основываясь на результатах анализа характеристик и особенностей конструкций иностранных дождевальных многоопорных машин, сформирован перечень основных направлений развития дождевальной техники за рубежом, с учетом которых рекомендуется проводить работы, направленные на модернизацию и создание новой техники для орошения в Украине.

ОРОШЕНИЕ, ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ, МЕЛИОРАЦИЯ, КРИТЕРИЙ, РАСХОДЫ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ.

Salo V.M., Leschenko S.M., Shevchenko O.I., New design of chisel deep tiller-fertilizer

The article proves that the initial stage in the implementation of soil-protective and energy-saving technologies can be deep loosening of soil. On the other hand, intensive cultivation of soil requires keeping its fertility applying organic and mineral fertilizers. The existing methods of fertilization including the most common which is spreading fertilizer on the surface of the ground followed by ploughing can be difficult to implement while using the technologies of subsoil tillage during cultivation.

There are various designs of tillage and combined machines designed for simultaneous deep loosening and local fertilization. In most cases these methods are implemented in designs of blade and heavy cultivators. The manufacturers of central regions of Ukraine are increasingly carry out deep tillage by the combined chisel tools that destruct the subsoil layer and provide better moisture accumulation and its retention [3]. The designs of chisel deep tillers are also suitable for creating combined machines on their basis by installing devices for making basic dose of fertilizers.

The special feature of the trailed chisel deep tillers adopted for fertilization is that regardless of the width (1.5 to 4.5 m) there can be used a standardized for all brands of machines sectional tanker. Each section has a structural width of 0.9 m. and is equipped with three roller seeding mechanisms. This improvement provides a combination of the two technological operations in a single pass of the unit on the field. As a result, there is saving of fuel, human labour, time of performance and the negative impact on the soil is reduced. The conducted design calculations, experimental laboratory and field studies confirm the performance of the new design and the possibility of its effective use.

-/-

Сало В.М., Леценко С.Н., Шевченко О.І. Новая конструкция чизельного глубокорыхлителя-удобривателя

В статье доказывается необходимость проведения глубокого рыхления почвы с целью улучшения инфильтрационных свойств, сохранения агротехнических ценных агрегатов и создание условий для внедрения почвозащитного ресурсосберегающего земледелия. Представленная конструкция комбинированного чизельного глубокорыхлителя с унифицированным секционным приспособлением для внесения минеральных удобрений, и приведены результаты экспериментальных исследований обеспечения необходимых норм внесения минеральных удобрений.

Z. Sirko, V. Dyakonow, D. Torchylevskyy. The rational method of approach to the formation of technological schemes of sawing round wood.

An approach to the principle of selecting equipment for ripping round timber. It is shown that the choice of sawing equipment with several alternatives can be accomplished by comparing the technical and economic criteria together, while the number of alternative criteria or not limited. By changing the values of parameters, in addition to the importance of the criterion, prioritize. Increase (jc) the importance of the criterion to all machines at the same time by changing the criterion of significance. The machine, which has the highest priority, meaning that it is generally best machine. This means that only within these criteria and given the importance of this test machine has advantages among others.

-/-

З.С. Сирко, В.К. Дьяконов, Д.П. Торчильевский. Рациональные методы подхода к формированию технологических схем распиловки круглых лесоматериалов.

Приведен принцип подхода та вибору обладнання для продольної распиловки круглых лесоматериалов.

M.Shvedik. Determination of forces caused by the pressure of the grain seed layer placed in a closet seed item.

The article presents the structural and technological schemes of six types of sowing machines and discussed schemes pressures acting on their Sowing items placed in the grain layer.

Found that depending on the type of seed placement element and closet space can act on seed vertical pressure side and secondary side pressure, or their simultaneous action. The analysis of these pressures detected between distinctive and common features. It was established that these forces under pressure causes vertical, lateral and secondary lateral pressure and drag force and frictional force against the grain seed layer.

In order to ensure uniformity in determining the forces caused by the

influence of pressure on corn seed placed in a closet different seeding elements made their fragmentation and graphics displayed in grouped form. The analysis of these schemes established analytical dependences for definition of force under vertical, lateral and secondary lateral pressure and drag force and frictional force against the grain seed layer.

Analytical dependence make it possible with sufficient accuracy to calculate the required depth value dilution within the drum for different sowing machines and thus ensure favorable conditions for 100% occupancy closet sowing seeds element and its contents safe during transport to the unloading zone.

Sowing elements, closet, seeds, grains layer, pressure, lateral pressure, force, drag, friction

- / -

Шведик Н.С. Определение сил вызванных давлением зернового слоя на семья расположенное в ячейке высеваящего элемента.

В статье приведено конструктивно-технологические схемы шести типов высеваящих аппаратов и рассмотрено схемы давлений, которые действуют на их высевные элементы расположенные в зерновом слое. На основании анализа действия этих давлений выявлено между ними отличительные и общие признаки и установлено аналитические зависимости для определения сил соответственно вертикального, бокового и вторичного бокового давления, а также силы лобового сопротивления и силы трения семени об зерновой слой, что дает возможность с достаточной точностью рассчитать необходимую величину глубины разрежения внутри барабана для различных высеваящих аппаратов.

M.Shvedik, B.Bojhuk, V.Teslyuk. Analysis of machinery for sorting potatoes and Rationale designs separator farms and the angular velocity of its rotation.

The results of the analysis of literature dedicated machines for sorting potatoes. Established that despite the considerable diversity of their designs, they are made up of mechanisms to kalibrivannya potatoes and remove the earth and impurities and sorting tables for manual or automatic selection substandard tubers.

For cleaning and sorting potatoes used hrohotni, roller, conveyor and drum grader. They are part of the equipment to mobile and stationary sorting items and operate on one principle - by sifting through mesh Woroch surface formed by working with different structural performance, but always driven rotating or oscillating motion.

In large farms most common machines for sorting potato separator is valtsevi PCB-15, PCB-15A, 15B-PCB, PCB-15B and kartoplesortuvalnyy point calibration PCB-25. With the recent international developments worthy unit "Teleselekt" firm "Lockwood" through which the potatoes are sorted remotely. However, these machines have great material and energy intensity and their use in small farms is not effective. Therefore, there is most often used Potato drum. Their main difference is the presence of fixed lattice dvohekstsiynoho shaft cylinder or spiral. However, in the holes of the separator often stuck potatoes. To prevent the article justified the choice of constructive decisions drum separator with taper mesh surface and an analytical dependence angular velocity cone separator design parameters of its physical and mechanical properties of potato tubers.

Soil, woroch, tubers, grader, items complex, separators, screens, rollers,

conveyors, drums, net, pass, cone diameter, speed

- / -

Шведик Н.С., Бойчук Б.В., Теслюк В.В. Анализ картофеле-сортировочных машин и обоснование выбора конструкции сепаратора для фермерских хозяйств и угловой скорости его вращения

В статье приведены результаты анализа картофелесортировочных машин и обоснование выбора конструктивного решения барабанного сепаратора с конической сетчатой поверхностью для фермерских хозяйств, а также аналитическую зависимость угловой скорости вращения конического сепаратора от его конструктивных параметров и физико-механических свойств клубней картофеля.

ГРУНТ, ВОРОХ, КЛУБНИ, СОРТИРОВАЛКА, ПУНКТ, КОМПЛЕКС, СЕПАРАТОР, ГРОХОТ, РОЛИК, ТРАНСПОРТЕР, БАРАБАН, СЕТКА, РЕМЕНЬ, КОНУС, ДИАМЕТР, СКОРОСТЬ

O. Shovkomud, D. Seleznev. Study of time assembly and weather conditions on quality indicators raw flax

In this article, the authors analyze the results of research process maturing straw trust. Synthesis known research found that the authors were not considered the question of the relationship of factors of heat - and moisture during maturing trusts. Given this formed the purpose of work. The work was based experimental research that the authors performed for three years. In this period estimated rainfall and average temperature to determine hydrothermal coefficient. According to the hydrothermal coefficient values estimated periods maturing trusts. Trust obtained in the experimental natural climatic conditions, subject to further study during which define: Number linen trusts, long fiber output, flexibility and trusts fibers, fiber color group. The results show that indicators such as the breaking strength and fiber content depend largely on the timing and taking of flax straw for spreading maturing and weather conditions.

WEATHER CONDITIONS, HARVESTING TIMES, TRUST LINEN, MATURING, QUALITY INDICATORS.

- / -

A.V. Шовкомуд, Д.Е. Селезнев. Исследование влияния сроков уборки и погодных условий на показатели качества льносырья

В статье изложены результаты экспериментальных исследований влияния сроков проведения уборочных работ и погодных условий на показатели качества тресты льна-долгунца. Погодно-климатические условия периодов вылеживания тресты оценивали с применением гидротермического коэффициента. С использованием корреляционного анализа установлено, что по математическим зависимостям взаимосвязи факторов можно спрогнозировать каким образом гидротермический коэффициент будет определять качественные показатели тресты.

ПОГОДНЫЕ УСЛОВИЯ, СРОКИ УБОРКИ, ТРЕСТЫ ЛЬНЯНОЙ, ВЫЛЕЖИВАНИЯ, КАЧЕСТВО, ПОКАЗАТЕЛИ.

M. Shulyak Experimental confirmation of the operation of the control algorithm, according to the choice of the operating mode of the transport unit.

The need to select the optimum mode of functioning of the TU is one of the most important problems of modern science. With high probability it can be argued that the methods for estimating trailer dynamic and economic characteristics require changes in the modern tractor industry.

Steady motion of unit is regarded in many scientific works, excluding the oscillations of speed and the presence of acceleration during technological operations. The approach to the selection of the operating mode of TU based on static traction or operating characteristics knowingly contributes big mistakes and as a result, makes it impossible to assess the theoretical optimum performance the TU. Analysis the direction of vector of complete acceleration suggests that any deviation of this vector from the axis of ordinates applicant cause harmful work and loss of energy. Depending on the sign of the projection, the work along direction of movement is an additional loss of energy, and at the same time a condition of dynamic equilibrium. The condition of dynamic equilibrium is equal modulo of negative and positive projections of the vector on the x-axis. To select the best mode of the TU should evaluate dynamic losses in constant motion, which arising from the fluctuation of the actual speed. In the article offers an analysis of the direction vector of complete acceleration TU and determined that any deviation this vector from ordinate axes and the applicant will cause energy loss. Proposed the method of analysis modes, based on an assessment of the volume of the field operation and relative frequency distribution projections of acceleration regarding core surface of the second order. The proposed principle analysis of TU will quickly identify the optimal mode and propose measures to further reduce energy losses.

TRANSPORT UNIT, FUNCTIONAL STABILITY, ACCELERATION, OPERATING MODES.

-/-

М.Л. Шуляк Экспериментальное подтверждение алгоритма управление режимами работы транспортного агрегата

В статье рассмотрена возможность применения алгоритма управления режимами работы транспортного агрегата, который основан на использовании области функционирования аппроксимированной поверхностью второго порядка.

ТРАНСПОРТНЫЙ АГРЕГАТ, ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ, УСКОРЕНИЕ, РЕЖИМЫ РАБОТЫ

S Yukhymchuk, L Datsyuk, V Satsiuk, Definitions turn the stalks of flax in the streams pulling apparatus

The article describes the methods and data from experimental studies corners to turn the stalks of flax in passing them pulling streams flax-pulling apparatus.

Experiments conducted in the laboratory on flaxs-pulling apparatus developed at Lutsk NTU universal flax-harvesting using specially manufactured equipment.

With the passage of the stems of flax pulling streams of cranking occurs. The magnitude of this force depends on cranking pressing piddierzhuvalnyh bars, rods and the gap between the clamping flange rollers angle stems bralnomu ditch, sliding belts, tensioning belts, position clamping rollers properties flax.

The resulting maximum relative angle of twist of the stems will 450 °/m. For reference data that angle does not exceed the permissible twisting angle within the stem of proportionality - which means that the stem is twisted without damage. After removing the stem torque is restored, that torsion occurs within elasticity.

Maximum tightening inflorescence stems of 184°. This leads to mix-and at the tops of the stems, but does not lead to breakage and loss of seed boxes.

The conducted experiments give grounds to assert that cranking stems ditch bralnoho the machine when it is proper regulation, does not damage the stems.

-/-

С.Ф. Юхимчук, Л.М. Дацюк, В.В. Сацюк, Определение проворачивания стеблей льна в ручье теребильного аппарата

В статье описана методика и представлены данные экспериментальных исследований углов проворачивания стеблей льна при прохождении ими теребильных ручьев льнотеребильного аппарата.

Проведенные опыты дают основание утверждать, что проворачивания стеблей в ручьях теребильного аппарата, при его правильном регулировании, не приводит к повреждению стеблей

Y. Yarosh. Setting the rational options mixer with disc nozzles for biodiesel

Production of biodiesel in agricultural enterprises will reduce their energy dependence. Will increase economic efficiency. The main characteristics of the process of obtaining biodiesel is mixing efficiency and energy consumption. The existing equipment to produce biodiesel does not ensure the required efficiency and quality of the process in terms of agricultural products.

The aim is to increase the energy efficiency of biodiesel. Improving the efficiency improvements made through technical means to produce it.

To achieve the goal formed the following tasks:

- To improve mathematical model emulsion using mixing nozzle disk;*
- Set the basic parameters of the mixer.*

A circulation mixer equipped with nozzle disk that will receive diesel biofuel by mixing layered emulsion. The process of esterification of vegetable oils Circulating proposed mixing. Mixing is performed repeatedly pumping fluid closed circuit. Disk nozzle is installed at the top of the mixer. When passing through the emulsion disk nozzle creates turbulent flow. The turbulent flow provides the necessary efficiency of mixing emulsion. When while pumping an emulsion with the

bottom of the mixer, the emulsion layer is lowered, the intensity of mixing is reduced, begins intensive transesterification reaction.

According to the continuity equation set active flow stream length emulsion. The basic geometric parameters of the mixer for the production of biodiesel.

The use of circular nozzles in the mixer will produce diesel biofuel for simplified technology in terms of agriculture.

**DIESEL BIOFUEL, TRANSESTERIFICATION, MIXER, NOZZLE
DISK**

-/-

Я. Д. Ярош *Определение рациональных параметров смесителя с дисковой форсункой для получения дизельного биотоплива*

Предложено оснастить циркуляционный смеситель дисковой форсункой, что позволит получать дизельное биотопливо за счет послойного перемешивания эмульсии. На основе уравнения неразрывности потока установлена активная длина струи эмульсии и определены основные геометрические параметры смесителя для производства дизельного биотоплива. Применение дисковых форсунок в смесителях позволит производить дизельное биотопливо по упрощенной технологии в условиях сельского хозяйства.

**ДИЗЕЛЬНОЕ БИОТОПЛИВО, ПЕРЕЭТЕРИФИКАЦИЯ, СМЕСИТЕЛЬ,
ДИСКОВАЯ ФОРСУНКА**

ЗМІСТ

1. Бойко А.І., Савченко В.М., Крот В.В. Встановлення середнього наробітку до відмови форсунки і середнього часу на відновлення фільтра і клапана 3
2. Броварець О.О. Побудова штрафних функцій в задачах оптимізації динамічного управління якістю виконання технологічних операцій із використанням технічних систем оперативного моніторингу у рослинництві 9
3. Васильковська К.В., Васильковський О.М., Мороз С.М. Визначення універсальності пневмомеханічного висівного апарата з периферійним розташуванням комірок та інерційним видаленням зайвого насіння 16
4. Васильчук Н.В. Огляд сучасних конструкцій жаток для збирання соняшника 21
5. Дідух В.Ф., Тарасюк В.В., Ляшук В.М. Дослідження технологій садіння картоплі 28
6. Дударев І.М., Моделювання процесу змішування сипких матеріалів у спіральному змішувачі 35
7. Дударев І.М., Хомич А.В., Герасимик-Чернова Т.П., Хомич Ю.А. Обґрунтування конструкції та параметрів спірального змішувача сипких матеріалів 47
8. Захарчук О.В., Захарчук М.І., Шляхи покращення технологічного процесу заправки газобалонного трактора газовим паливом 61
9. Кірчук Р.В., Поліщук М.М., Забродоцька Л.Ю., Хомич С.М., Хвесик В.О. Дослідження геометричних параметрів профілю скребка транспортера 67
10. Ковбаса В.П., Хайдер Раад Надим Аль-Хазаали, Динамика взаємодії лемеха кротователя с почвой при образовании полости для противофльтрационного экрана 77
11. Ковбаса В.П., Хайдер Раад Надим Аль-Хазаали. Кинематика взаємодії лемеха кротователя с почвой при образовании полости для противофльтрационного экрана 91
12. Лімонт А.С. Статистичне оцінювання посівних якостей насіння і організація льонозбирального процесу 101
13. Налобіна О.О., Горбовий А.Ю., Муравинець Ю.В. Дослідження причин втрат волокон в машині для первинної обробки льону 112
14. Онюх Ю.М. Застосування північно-європейської технології вирощування льону олійного 119
15. Панасюк С. Г., Калахан О. В. Аналіз процесу роботи тарілок ректифікаційних колон 124

16. Паславський В. Р. Дослідження фізико-механічних властивостей олійних культур 131
17. Пустовіт С. В., Котков В. І., Ємець Б. В. Результати досліджень на якість роботи комбінованих агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту 136
18. Пуць В. С., Маркова О. В. Аналіз та багатокритеріальна оцінка дощувальних машин 143
19. Сало В. М., Лещенко С. М., Шевченко О. І. Нова конструкція чизельного глибокорозпушувача-удобрювача 150
20. Сірко З. С., Д'яконов В. К., Торчиловський Д. П., Раціональні методи підходу до формування технологічних схем розпилювання круглих лісоматеріалів 157
21. Шведик М. С. Визначення сил спричинених тиском зернового шару на насініну розміщену в комірчині висівного елемента 162
22. Шведик М. С., Бойчук Б. В., В. В. Теслюк Аналіз картоплесортувальних машин і обґрунтування вибору конструкції сепаратора для фермерських господарств та кутової швидкості його обертання 169
23. Шовкомуд О. В., т. н., Селезньов Д. Е. Дослідження впливу строків збирання та погодних умов на показники якості льоносировини 175
24. Шуляк М. Л. Експериментальне підтвердження алгоритму керування режимами роботи транспортного агрегату 182
25. Юхимчук С. Ф., Дацюк Л. М., Сацюк В. В. Визначення провертання стебел льону в рівчачках брального апарату 187
26. Ярош Я. Д. Встановлення раціональних параметрів змішувача із дисковою форсункою для отримання дизельного біопалива 194
- Анотації 204

**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 A5 (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 набірання формул застосовувати шрифти: **Times New Roman, Symbol** (*курсив*). Основний розмір шрифту формул – 10 пунктів. Формули вирівнюють по центру. Надто довгі формули розбивають на дрібні елементи. Формула не повинна займати більше 5/6 ширини рядка.
2. Після формули наводять пояснення усіх значень символів і числових коефіцієнтів у тій послідовності, у якій вони подані у формулі. Перший рядок пояснення починають без абзацного відступу зі слова „де”, без двокрапки. Нумерувати слід лише ті формули, на які є посилання у наступному тексті. Інші номерувати не рекомендується. Нумери позначають арабськими цифрами в круглих дужках біля правого краю сторінки.
3. Формули входять до речення як його рівноправний елемент, тому в кінці формул і в тексті перед ними розділові знаки ставлять відповідно до правил пунктуації. Двокрапка перед формулою ставиться лише у випадках, передбачених правилами пунктуації:

а) у тексті перед формулою є узагальнююче слово; б) цього вимагає побудова речення, що передує формулі.

ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ

1. Рисунки, графіки, діаграми, фотографії та ін. розташовуються у тексті статті (після першого згадування). Їх розмір та контрастність повинні забезпечувати чітке читання.
2. Позиції на рисунках проставляються над виносками.
3. Підрисунковий підпис починається скороченим словом „Рис.“, далі йдуть: пробіл, номер рисунка, який позначається арабськими цифрами, тире, пробіл та назва рисунка. Якщо на рисунку вказані позиції його елементів, то вони *обов'язково* розшифровуються у підрисунковому підписі після назви рисунка і двокрапки або за текстом статті. Крапка в кінці підрисункового підпису не ставиться. Якщо в статті тільки один рисунок, то він не нумерується.

ТАБЛИЦІ

1. Таблиці розташовують у тексті статті (після першого згадування), над таблицею з вирівнюванням по лівому краю необхідно поставити її порядковий номер – Таблиця 1 – і т.д. та назву. Якщо в статті тільки одна таблиця, то вона не нумерується. Таблиця не виходить за поля тексту.
2. Числа та позначення не замінювати „лапками”. Усі позначення вказувати повністю, без скорочень.

ДОДАТКОВІ ДОКУМЕНТИ

1. Анкетні дані автора (–ів): Прізвище І.Б., науковий ступінь, вчене звання, місце роботи, посада, домашня адреса, номери дом., сл. телефонів.
2. Рецензія на статтю, підписана доктором технічних наук.

Подані матеріали будуть редагуватись.

Офіційний сайт видання: agrmash.info

Адреса редакції: 43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75, каб. 359.

Тел. (0332) 74–61–32.

E–mail: lab–amb@ukr.net

Наукове видання

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

Збірник наукових статей
Випуск 36, 2017

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 13.06.2017 р., Формат 60×84/16.
Ум. друк. арк. 14,25. Наклад 100.

Друк ПП Іванюк В.П.
43021 м. Луцьк, вул. Винниченка, 65
Свіоцтво Держкомінформу України ВЛн №31 від 04.02.2004р.

Реєстраційне свідоцтво
Міністерства юстиції України КВ №15902–4374 ПР

