

УДК 631.331.024.2

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2022.52.12-24>

Д.Ю. Артеменко, доц., канд. техн. наук, В.А. Онопа, доц., канд. техн. наук  
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна  
e-mail: artemenkodyu@kntu.kr.ua

## Дослідження і обґрунтування конструкції пружинного загортача просапної сівалки

В статті наведені результати пошукових теоретичних досліджень конструктивних і технологічних параметрів пружинного загортача просапної сівалки. Аналіз існуючих конструкцій загортачів і технологічного процесу який вони виконують показав, що на сьогоднішній день вимоги до загортання насіння спочатку вологими шарами ґрунту, а потім більш сухими, сучасними загортачами не виконуються. В більшості посівних секцій загортачі розміщують після прикочуючих котків і вони виконують функцію по мульчуванню і плануванню поверхні борозни перемішуючи шари ґрунту різних горизонтів. Встановлено, що більш раціональним буде технологічний процес загортання насіння загортачами які спочатку укривають його нижніми вологими шарами ґрунту, а потім мульчованим більш сухим шаром, при цьому загортачі необхідно встановлювати після сошника для можливості укривати насіння одразу після потрапляння в борозну. Теоретично встановлено, що при роботі розробленого загортача найбільший вплив на тяговий опір здійснюють глибина ходу загортача та швидкість руху, а найменше нахил робочої поверхні. Отримана теоретична залежність яка зв'язує конструктивні і технологічні параметри пружинного загортача і їх вплив на основну характеристику його роботи – тяговий опір.

**сприятливі умови проростання, конструкція загортача, загортання насіння, комбінований пружинний загортач**

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день конструкції посівних секцій просапних сівалок набули завершеного вигляду. Посівна секція виконує ряд технологічних операцій які направлені на забезпечення утворення необхідних умов для розміщення і проростання насіння. Оскільки більшість просапних сівалок це конструктивно складна система то діяльності над удосконаленням її елементів провідні виробники сільськогосподарських машин приділяють значну увагу. Відомо [1-3], що неякісно виконана технологічна операція посіву насіння може зменшити врожайність культури до 10-15% навіть при сприятливих погодних умовах. Тому підвищення якості виконання, технологічних операцій елементами секції робочих органів, є головним завданням при вирішенні багатьох задач, які пов'язані із підвищенням врожайності просапних культур.

Найважливішим етапом вирощування просапних культур є посів насіння. Технологічний процес посіву повинен забезпечувати найбільш сприятливі умови для проростання насіння і подальшого розвитку рослин. Правильно сформовані умови для насіння дають можливість прискорити появу рослин на денній поверхні і, як наслідок, збільшити потенційну врожайність. Загортання висіяного насіння в конструкціях секцій робочих органів може бути реалізовано декількома засобами: наявністю загортальних елементів в конструкції сошника з подальшим прикочуванням, встановленням загортачів після сошника з подальшим прикочуванням, прикочуванням V-подібними котками або котками з шиною атмосферного тиску спеціального профілю, прикочування з подальшим загортанням загортачами. Дослідження проведені в [4-6]

показали, що найбільший вплив на швидкість проростання насіння здійснює укриття його нижніми вологими шарами ґрунту і утворення над насінням шару дрібногрудкуватого ґрунту рівномірної структури для можливості більш вільного просування рослини на денну поверхню. Також дослідження показали, що найбільш оптимальним буде загортання насіння одразу після потрапляння на дно борозни. Із цього можна зробити висновок, що якщо виконувати загортання насіння загортачами то їх раціонально встановлювати одразу після сошника, а їх конструкція повинна забезпечувати розділення руху шарів ґрунту в зоні розміщення насіння.

Сьогодні загортання насіння приділяється незначна увага з боку виробників сівалок тому ця важлива операція виконується разом з прикочуванням, або за допомогою загортальних систем у вигляді пластинчастих та трубчастих загортачів, ланцюгових шлейфів, що в свою чергу веде до змішування верхніх (сухих) і нижніх (вологих) шарів ґрунту. Перемішування різних шарів ґрунту в умовах недостатньої вологи може значно впливати на швидкість проростання насіння.

В зв'язку з цим проблема удосконалення конструкції загортачів просапної сівалки та технології загортання насіння, яка направлена на покращення умов проростання насіння та забезпечення формування необхідних умов для його стрімкого росту є актуальною.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** На сьогоднішній день в сучасних конструкціях просапних сівалок остаточно закріпилось, що загортачі на секції робочих органів встановлюються одразу після сошника або вже після прикочуючого котка. В залежності від місця розташування загортачі виконують визначену функцію робочого процесу посіву насіння. Так, загортачі встановлені одразу після сошника [7-10] виконують функцію загортання борозни з висіяним насінням і формування над ним шару ґрунту, який потім підлягає ущільненню прикочуючим котком секції робочих органів забезпечуючи при цьому умови для стрімкого росту насіння (рис. 1).



Рисунок 1 – Конструкції загортачів які розміщуються після сошника секції робочих органів:

1 – Gaspardo; 2 – Kuhn; 3 – Schmotzer; 4 – Elvorti

*Джерело: розроблено авторами з використанням [1-4]*

Конструктивними особливостями таких загортачів є те, що вони виконані пластинчастими (рис. 1, 1,2) пружинно пластинчастими (рис. 1, 3) або ложкового типу (рис. 1, 4) і працюють шляхом знаття шару ґрунту в горизонтальній площині з поверхні рядка і направляють його шляхом зсуву в бік борозни закриваючи її.

Загортачі які встановлені після прикочуючого котка секції робочих органів [9,11,12,13] в основному призначені для мульчування поверхні рядка та її вирівнювання з метою зменшення втрат вологи і забезпечення необхідних умов проростання насіння (рис. 2).

Конструктивними особливостями таких загортачів є те, що вони виконані в основному пластинчастими (рис. 2, 1,3,4,7,8) або пружинними (рис. 2, 2,5,6) з прутка і робочою поверхнею в вертикальній або горизонтальній площині.

Велике різноманіття загортачів означає, що увага дослідників направлена в значній мірі і на процеси загортання насіння, і на удосконалення їх конструкцій. Так в роботах [14,15], були проведені дослідження які показали, що пріоритетним напрямом удосконалення загортальних елементів секції робочих органів є поетапне розділення процесу загортання насіння спочатку вологими, а потім укривання борозни верхніми більш сухими шарами ґрунту. Автори наголошують, що потрібен подальший розвиток конструкцій загортачів та пропонують підходи до подальшого удосконалення загортачів, які на думку авторів можуть покращити процес загортання насіння.

Так, Мюррей Ж.Р. в своїй роботі [16], відмічає, що пружинні загортачі які встановлюють на секціях робочих органів просапних сівалок в основному впливають на процес загортання насіння, шляхом вирівнювання глибини його розміщення, знищення дрібних бур'янів, мульчування та вирівнювання поверхні рядка. Такі загортачі виконуються пальцевого типу і встановлюються в кінці секції робочих органів, на його думку такі загортачі покращують продуктивність сівалки в цілому.

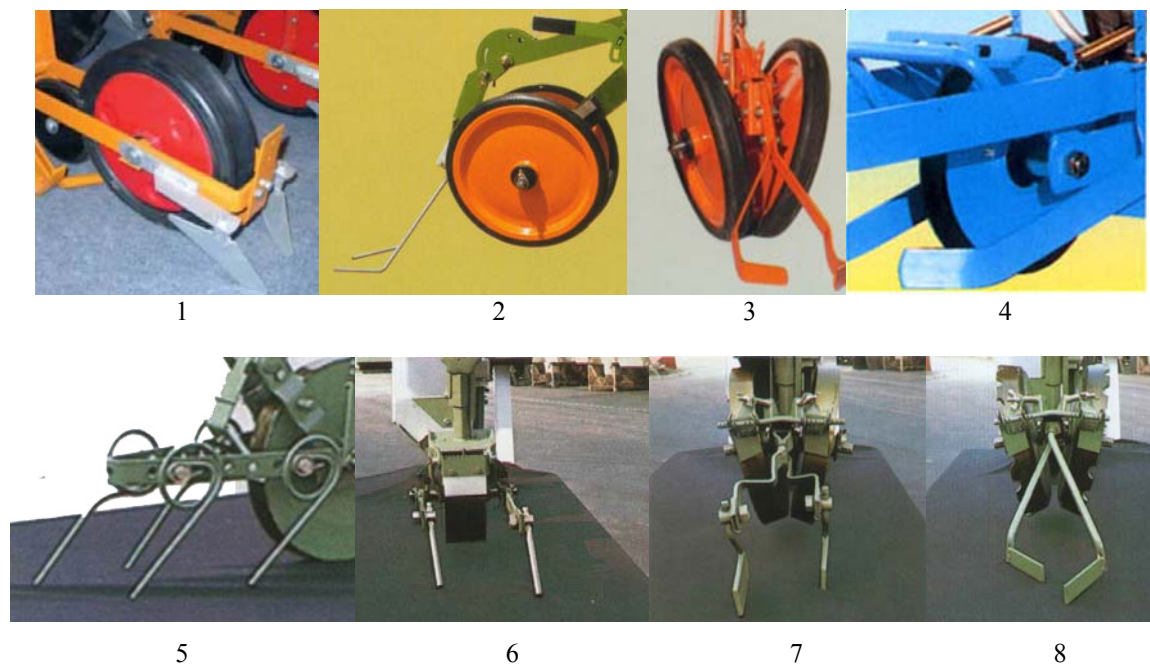


Рисунок 2 – Конструкції загортачів які розміщуються після прикочуючого котка секції робочих органів:  
1 – Schmotzer; 2,3 – Amazon; 3 – Monosem; 5-8 - Nodet gougis

*Джерело: розроблено авторами з використанням [3, 5- 7]*

Зубко В.М. [17], проводячи досліди по технологічній ефективності начіпної сівалки для посіву кукурудзи, вводить в конструкцію сошникової групи одразу після сошника ложкові загортачі. Після проведення експериментів робиться висновок, що такий склад сошникової групи більш якісно формує умови для проростання насіння.

Драйер Х. в [18] розглядаючи сошникову групу сівалки робить висновок, що після сошника необхідно встановлювати загортаючі рамкові котки і пружинні загортачі. Рамкові котки повинні спочатку зміщувати ґрунт в зоні розміщення насіння і за рахунок їх обертання і куту встановлення направляти шар ґрунту з обох боків борозни до її центру і загортати висіяне насіння. Пружинний загортач пальцевого типу виконує лише функцію планування поверхні рядка після загортання. Відмічається, що

притискування насіння за рахунок незначного бокового тиску рамкових котків дає позитивний ефект для формування умов стрімкого проростання посівного матеріалу.

В роботі [19], автори досліджуючи конструкцію комбінованого пружинного загортача та його пластинчасту частину, наголошують, що розподіл операцій при загортанні насіння загортачами повинен бути послідовним. Рекомендується спочатку зрушувати на насіння нижні шари вологого ґрунту, а потім прикривати борозну мульчованими шарами верхнього горизонту. Для цього ними запропонована удосконалена конструкція пружинного загортача та виконані його теоретичні дослідження.

Проведений аналіз конструкцій і досліджень роботи загортачів сівалок показав, що існує чітко сформований принцип загортання висіяного насіння який виконується різними типами загортачів шляхом переміщення в борозну змішаних шарів ґрунту різних горизонтів, що є їх основним недоліком. Конструкція загортачів пружинного типу є найбільш придатною для подальших досліджень. Основними перевагами таких загортачів є: легкість налаштування, простота конструкції та за рахунок їх пружній дії на ґрунт відбувається не тільки самоочищення від налипання вологого ґрунту, а і від рослинних решток.

**Постановка завдання.** Метою роботи є розробка удосконаленої конструкції пружинного загортача та теоретичне дослідження основних технологічних характеристик які впливають на якість його роботи.

**Виклад основного матеріалу.** Оскільки основним недоліком існуючих загортачів є переміщення шарів ґрунту при їх роботі то нами була розроблена удосконалена конструкція загортача. Загортач, виконаний пружинним і має декілька складових частин, в верхній частині має пружину кручення і стрижень, в нижній частині якого розміщена робоча поверхня у вигляді дворівневої прямокутної тригранної похилої призми, причому, верхній рівень робочої поверхні в два рази довший ніж нижній, а кут установки робочої поверхні менший кута тертя ґрунту по сталі (рис. 3).

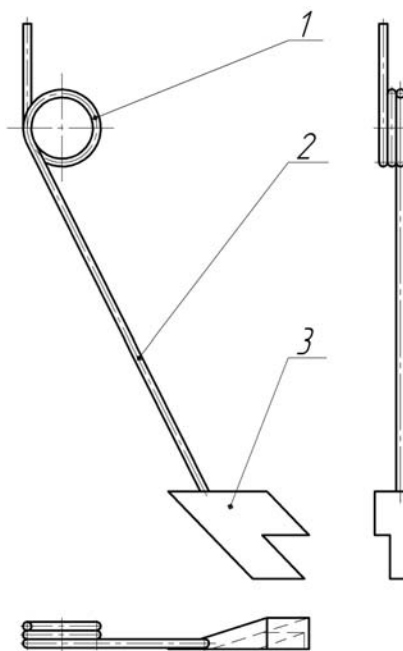


Рисунок 3 – Удосконалений пружинний загортач:

1 – пружина кручення; 2 – стрижень; 3 – дворівнева робоча поверхня

*Джерело: розроблено авторами*

Пружинний загортач працює наступним чином. Під час руху сівалки дворівнева робоча поверхня 3 загортача своєю нижньою частиною зміщує нижні вологі шари ґрунту в бік насіння затискаючи його між ними, після чого ґрунт який переміщується верхньою частиною робочої поверхні накриває закриту борозну. Черговість зрушення спочатку вологих шарів ґрунту потім сухих забезпечується різною довжиною рівнів робочої поверхні 3 загортача. За рахунок дворівневої конструкції робочої поверхні 3 загортача відбувається бокове зміщення шару ґрунту і утворюється ефект мульчування.

За рахунок встановлення елементів загортача під кутом в вертикальній площині та за рахунок дії пружини кручення 1 і стрижня 2 відбувається його самоочищення від рослинних решток і зменшення налипання ґрунту.

Ефективність роботи загортача забезпечується такими факторами: за рахунок збільшеної довжини верхньої робочої поверхні загортача сухий ґрунт верхнього шару накриває борозну яка вже закрита нижніми вологими шарами ґрунту; за рахунок бічної дії загортача на шар ґрунту та роботі пружини утворюється ефект мульчування; при підвищенні засміченості ґрунту рослинними рештками конструкція пружинного загортача сприяє його самоочищенню.

З метою обґрунтування основних технологічних характеристик загортача нами були визначені основні параметри, які впливають на якість процесу загортання борозни до них можна віднести такі величини: жорсткість пружини, довжину стрижня пружини, кута установки робочої частини та тягового опору.

Для визначення жорсткості пружини, довжини стрижня пружини та кута установки робочої частини загортача можна використати розрахунок стійкості руху пружинного сошника який наведений в роботі [20]. В результаті досліджень авторами отримана система рівнянь (1), перше рівняння представляє умову граничного аперіодичного руху, друге – рівняння сошника при сталому русі. Отримані рівняння в нашому випадку мають вигляд:

$$\begin{cases} c = \frac{R_0^2 \cdot r^4}{4V^2 \cdot l \cdot I} + \left( \frac{R_0 r}{l} \cos(\alpha_c + \beta) - G \cdot \sin \alpha_c \right) \cos \varphi_0 + \left( G \cdot \cos \alpha_c + \frac{R_0 r}{l} \sin(\alpha_c + \beta) \right) \sin \varphi_0; \\ c \varphi_0 = \left( \frac{R_0 r}{l} \sin(\alpha_c + \beta) - G \cdot \cos \alpha_c \right) \cos \varphi_0 + \left( G \cdot \sin \alpha_c + \frac{R_0 r}{l} \cos(\alpha_c + \beta) \right) \sin \varphi_0. \end{cases} \quad (1)$$

Система рівнянь (1) дає можливість визначити жорсткість пружини загортача, кут відхилення поводка  $\varphi_0$  при досягненні системою динамічної рівноваги для визначених значень довжини поводка  $l$ , ваги загортача  $m$ , кутів  $\beta$  і  $\alpha_c$  та при відомому опорі ґрунту  $R_0 = f(V; h)$ .

Для створення рівноваги між мінімізацією часу руху загортача за межами допустимих агровиимогами границь відхилень глибини ходу і мінімальної металоємності деталей конструкції пружинного загортача необхідно знайти сумарну реакцію  $R_{\Sigma}$  від сил, які діють на нього в точці кріплення до секції робочих органів. Ця реакція визначається величиною тягового опору загортача  $P_T, H$ , на який безпосередньо впливають: швидкість руху загортача  $V, \text{км/год}$ , глибина ходу в ґрунті  $h, \text{м}$ , нахил загортача в повздовжньо-вертикальній площині, який характеризується кутом нахилу  $\gamma, \text{град}$ , дотично до робочої поверхні загортача.

Для визначення тягового опору загортача розглянемо сили які діють в поздовжньо-вертикальній площині  $P_{ТВ}$  і поздовжньо-горизонтальній площині  $P_{ТГ}$ . Рівнодіюча цих сил визначається залежністю:

$$P_T = P_{ТВ} + P_{ТГ}. \quad (2)$$

При поступовому русі на загортач діють сили:  $G, H$  – вага загортача, яка включає в себе зусилля  $F_{np}$  від пружини кручення, тягове зусилля  $P_T$ , опір ґрунту  $R_0$  (рис. 4). Оскільки загортач просапної сівалки працює в добре підготовленому і однорідному по складу ґрунту вказані зусилля можна рахувати, як одну рівнодіючу розміщену в площині симетрії загортача [21].

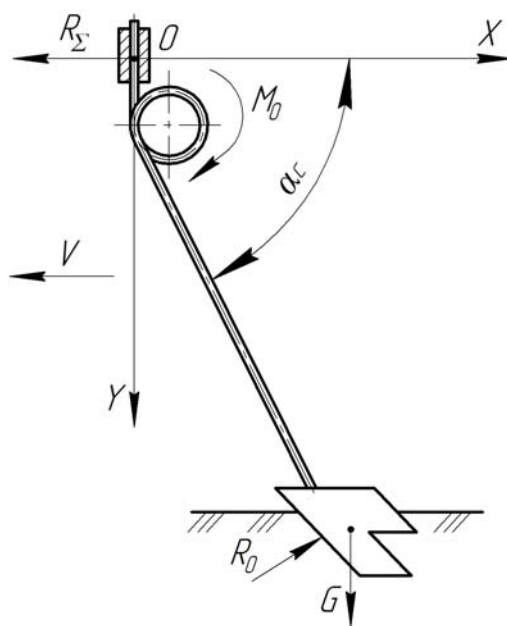


Рисунок 4 – Схема сил яка діє на загортач в процесі роботи  
Джерело: розроблено авторами з використанням [20]

При поступовому переміщенні загортача в ґрунті на нього діють сили в поздовжньо-вертикальній і поздовжньо-горизонтальній площині  $P_{ТВ}$ ,  $P_{ТГ}$ .

В поздовжньо-вертикальній площині діють наступні сили (рис. 5):  $G = mg$  – зусилля ваги загортача,  $F_{np}$  – зусилля від дії пружини кручення,  $P_{ТВ}$  – складова тягового зусилля,  $R_0$  – опір ґрунту, який має складові  $N$  – нормальна сила і  $F_{mp}$  – дотичну, які при роботі з однорідним середовищем можна звести до однієї рівнодіючої в поздовжньо-вертикальній площині [22].

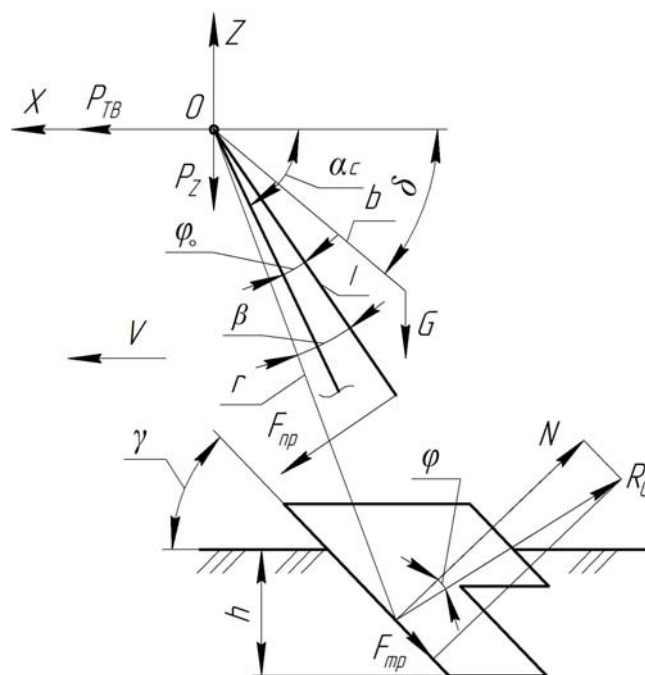


Рисунок 5 – Схема сил, які діють під час роботи загортача в поздовжньо-вертикальній площині  
Джерело: розроблено авторами

Знайдемо значення складової тягового опору  $P_{ТВ}$ , в проекціях на вісь  $OX$  при

$$F_{нр} = c \cdot \varphi_0; N = R_0 \cdot h \cdot a; F_{тр} = N \cdot f.$$

$$P_{ТВ} = c \cdot \varphi_0 \cdot \sin(\alpha_c - \varphi_0) + R_0 a h \cdot (\sin(\gamma - \varphi_0) + f \cdot \cos(\gamma - \varphi_0)), \quad (3)$$

де  $R_0$  – опір ґрунту,  $H / м^2$ ;

$\alpha_c$  – кут нахилу стрижня загортача, град;

$c$  – жорсткість пружини кручення,  $H / рад$ ;

$a$  – товщина загортача, м;

$f$  – коефіцієнт тертя ґрунту.

В поздовжньо-горизонтальній площині (рис. 6) на загортач діють:  $R_{рз}$  – реакція ґрунту в робочій зоні загортача;  $F_{ДТ}$  – сила динамічного тиску, яка виникає в результаті інерції ґрунту при його русі по робочій поверхні загортача;  $N_{рп}$  – зусилля з боку ґрунту на бічну грань робочої поверхні загортача;  $R_{рТ}$  – результуюча нормального тиску і сил тертя на робочій поверхні кина.

Були прийняті наступні припущення: сила  $R_{рз}$  паралельна осі  $X$ ; сила  $F_{ДТ}$  – має напрямок протилежний абсолютній швидкості  $V$  руху часток ґрунту, які відкидаються робочою поверхнею загортача та утворюють кут  $\Delta/2$  з вісю  $Y$ ; реакція  $R_{рТ}$  відхилена від нормалі до робочої поверхні на кут тертя  $\varphi$ .

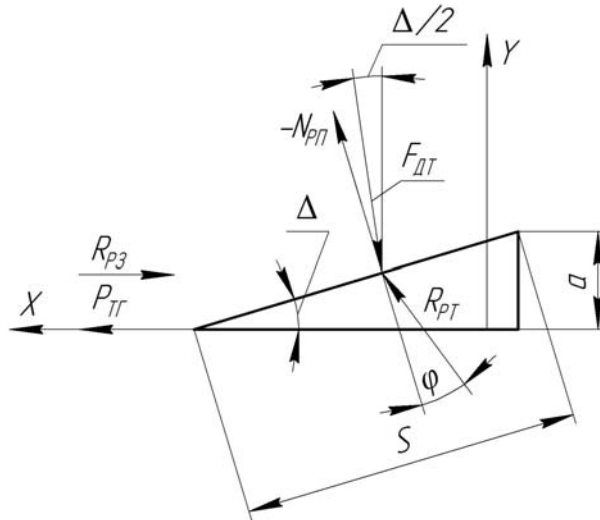


Рисунок 6 – Схема сил, які діють під час роботи загортача в поздовжьо-горизонтальній площині  
Джерело: розроблено авторами

Запишемо проекції цих сил на осі координат:

$$\Sigma X = -R_{P3} - F_{ДГ} \cdot \sin \frac{\Delta}{2} + R_{PT} \cdot \sin(\Delta + \varphi) - N_{ПП} \cdot \sin \Delta = 0, \quad (4)$$

$$\Sigma Y = R_{PT} \cdot \cos(\Delta + \varphi) - N_{ПП} \cdot \cos \Delta - F_{ДГ} \cdot \cos \frac{\Delta}{2} = 0. \quad (5)$$

Вірішуючи рівняння (5) відносно  $R_{PT}$  отримуємо:

$$R_{PT} = \frac{N_{ПП} \cdot \cos \Delta}{\cos(\Delta + \varphi)} + \frac{F_{ДГ} \cdot \cos \frac{\Delta}{2}}{\cos(\Delta + \varphi)}. \quad (6)$$

Проекції сили  $R_{PT}$  на осі координат:

$$\begin{cases} R_{PTX} = P_{ПГ} = F_{ДГ} \cdot \cos \frac{\Delta}{2} \cdot \operatorname{tg}(\Delta + \varphi) + N_{ПП} \cdot \cos \Delta \cdot \operatorname{tg}(\Delta + \varphi); \\ R_{PTY} = N_{ПП} \cdot \cos \Delta + F_{ДГ} \cdot \cos \frac{\Delta}{2}. \end{cases} \quad (7)$$

Боковий тиск ґрунту на робочу поверхню загортача  $N_{ПП}$  дорівнює:

$$N_{ПП} = \frac{a \cdot h \cdot S \cdot \rho_{об}}{4 \cdot \operatorname{tg} \psi}, \quad (8)$$

де  $a, S$  – ширина і довжина робочої поверхні загортача, м;

$\rho_{об}$  – об'ємна вага ґрунту,  $H / м^3$ ;

$\psi$  – кут руху часток ґрунту, град [23].

Величина динамічного тиску  $F_{ДГ}$  ґрунту на бічну поверхню загортача визначається:

$$F_{ДГ} = -\bar{j} \cdot m_{Г}, \quad (9)$$

де  $\bar{j}$  – середнє прискорення, яке передається ґрунту робочою поверхнею,  $м / с^2$ ;

$m_{Г}$  – маса ґрунту яка зсувається робочою поверхнею загортача, кг.



Робоча поверхня загортача надає кожній точці шару ґрунту швидкість, яка змінюється від 0 до  $V_a$ , тому середня величина прискорення яке надається часткам ґрунту робочою поверхнею, складає:

$$\bar{j} = \frac{V_a - V_0}{t_2 - t_1} = \frac{V_a}{t_2 - t_1}, \quad (10)$$

де  $t_1, t_2$  – час, який витрачає частка ґрунту, що рухається зі швидкістю  $V_\Gamma$  по поверхні загортача на подолання шляху  $S$ .

Оскільки  $\frac{t_1 - t_2}{\left(\frac{S}{V_\Gamma}\right)}$ ,  $V_\Gamma \approx V_0$  та у відповідності з рівнянням  $V_a = 2V \cdot \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$  яке

наведене в [20], прискорення ґрунту визначається як:

$$\bar{j} = 2 \frac{V_0^2}{l} \cdot \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right). \quad (11)$$

Маса ґрунту яка зсувається робочою поверхнею загортача знаходиться згідно рівняння:

$$m_\Gamma = \frac{a \cdot h \cdot S \cdot \rho_{об}}{g}. \quad (12)$$

Після підстановки в рівняння (9) отримуємо:

$$F_{дт} = \frac{2 \cdot a \cdot h \cdot \rho_{об}}{g} \cdot V_0^2 \cdot \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right). \quad (13)$$

Тоді рівняння (7) для визначення  $P_{тт}$  приймає вигляд:

$$P_{тт} = \frac{a \cdot h \cdot S \cdot \rho_{об}}{2 \cdot \text{tg}\psi} \cdot \cos\Delta \cdot \text{tg}(\Delta + \varphi) + \frac{2 \cdot a \cdot h \cdot \rho_{об}}{g} \cdot V_0^2 \cdot \sin\Delta \cdot \text{tg}(\Delta + \varphi). \quad (14)$$

Перший член правої частини цього рівняння характеризує зусилля, яке необхідне для подолання статичного тиску ґрунту на робочу поверхню загортача, обумовлене силою  $N_{пт}$ . Другий член це зусилля яке необхідне для подолання сил інерції  $F_{дт}$  ґрунту, що переміщується.

Для визначення тягового опору пружинного загортача і реакції  $R_\Sigma$  в місці кріплення загортача до секції просапної сівалки була складена система із трьох рівнянь в які входять: рівняння моментів сил відносно точки  $O$  та рівняння суми проєкцій сил на осі  $OX$  і  $OZ$ :

$$\left\{ \begin{aligned} & c \cdot l \cdot \varphi_0 + Gb \cdot \cos(\delta - \varphi_0) - R_0 \cdot a \cdot h \cdot r \cdot [\cos(\alpha_c - \varphi_0 + \beta - \gamma) + f \sin(\gamma - \alpha_c + \varphi_0 - \beta)] - \\ & - \left[ \frac{a \cdot h \cdot S \cdot \rho_{об}}{2 \cdot \text{tg}\psi} \cdot \cos\Delta \cdot \text{tg}(\Delta + \varphi) + \frac{2 \cdot a \cdot h \cdot \rho_{об}}{g} \cdot V_0^2 \cdot \sin\Delta \cdot \text{tg}(\Delta + \varphi) \right] \times \\ & \times r \cdot \cos(\alpha_c - \gamma - \varphi_0 + \beta) = 0; \\ & P_x = R_0 \cdot a \cdot h \cdot [\sin(\gamma - \varphi_0) + f \cos(\gamma - \varphi_0)] + \frac{a \cdot h \cdot S \cdot \rho_{об}}{2 \cdot \text{tg}\psi} \cdot \cos\Delta \cdot \text{tg}(\Delta + \varphi) + \\ & + \frac{2 \cdot a \cdot h \cdot \rho_{об}}{g} \cdot V_0^2 \cdot \sin\Delta \cdot \text{tg}(\Delta + \varphi); \\ & P_z = G + R_0 \cdot a \cdot h \cdot [f \cdot \sin(\gamma - \varphi_0) - \cos(\gamma - \varphi_0)], \end{aligned} \right. \quad (15)$$

де  $\delta, b$  – координати центра мас системи.

Визначивши із першого рівняння системи (15) зміну  $\varphi_0$  можна розрахувати тяговий опір пружинного загортача  $P_T$  та вертикальну складову  $P_Z$ .

Результуюче навантаження в точці кріплення загортача дорівнює:

$$R_{\Sigma} = \sqrt{P_T^2 + P_Z^2}. \quad (16)$$

Аналізуючи систему рівнянь (15) можна зробити висновок, що найбільше впливає на величину реакції в місці кріплення  $P_{\Sigma}$  глибина ходу загортача  $h$  та швидкість руху  $V$  загортача, а найменше нахил робочої поверхні загортача  $\gamma$ .

Таким чином проведене теоретичне дослідження показало, що отримана залежність (15) дає можливість теоретично визначити основні технологічні параметри розробленого пружинного загортача. Для встановлення раціональних значень параметрів які можуть впливати на якість виконання робочого процесу пружинним загортачем необхідне подальше проведення експериментальних досліджень за методикою повного факторного випробовування. Такі дослідження допоможуть встановити раціональні межі конструктивних параметрів робочої поверхні загортача, стрижня і пружини кручення. На основі цих результатів можна буде остаточно прийняти розміри конструктивних елементів пружинного загортача.

#### **Висновки:**

1. Аналіз існуючих конструкцій загортачів і технологічного процесу який вони виконують показав, що на сьогоднішній день вимоги до загортання насіння спочатку вологими шарами ґрунту, а потім більш сухими, сучасними загортачами не виконуються. В більшості посівних секцій загортачі розміщують після прикочуючих котків і вони виконують функцію по мульчуванню і плануванню поверхні борозни переміщуючи шари ґрунту різних горизонтів.

2. Встановлено, що більш раціональним буде технологічний процес загортання насіння загортачами які спочатку укривають його нижніми вологими шарами ґрунту, а потім мульчованим більш сухим шаром, при цьому загортачі необхідно встановлювати після сошника для можливості укривати насіння одразу після потрапляння в борозну.

3. Теоретично встановлено, що при роботі розробленого загортача найбільший вплив на тяговий опір здійснюють глибина ходу загортача та швидкість руху загортача, а найменше нахил робочої поверхні. Отримана залежність (15) яка зв'язує конструктивні і технологічні параметри пружинного загортача і їх вплив на основну характеристику його роботи – тяговий опір.

#### **Список літератури**

1. Ковтун Ю.И. Исследование и разработка агротехнических основ создания и совершенствования свекловичных сеялок точного посева. Дис. ...канд. с.-х. наук: 05.538. Харьков, 1970. 174 с.
2. Глуховский В.С. Разработка научных основ технологии выращивания сахарной свеклы без затрат ручного труда на формировании густоты насаждения: Автореф. дис...д-ра сельхоз. наук: 06.01.14, 05.20.01 / ВНИС. К., 1982. 42 с.
3. Гончарук Г.С. Якісна сівба цукрових буряків запорука високого врожаю. *Цукрові буряки*. 2001. №2. С. 8 – 9.
4. Артеменко Д.Ю., Магопєць О.С., Соломашенко П.М. Дослідження і розробка удосконаленої конструкції сошника просапної сівалки. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. - Кіровоград: КНТУ, 2010. Вип. 40, ч.1. С. 136-142. <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/1795/1/26.pdf> (дата звернення: XX.XX.2022)*

5. Артеменко Д.Ю. Математична модель роботи удосконалених шік сошника просапної сівалки. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація* : зб. наук. пр. Кіровоградського нац. техн. ун-ту. 2012. Вип. 25, ч. 1. С. 41 – 45.
6. Загоргаючі робочі органи для прямої сівби зернових культур : монографія / В.М. Сало, О.Р. Лузан, П.Г. Лузан, Ю.В. Мачок; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Кіровоград. нац. техн. ун-т. Кіровоград: СПД ФО Лисенко В.Ф., 2012. 164 с. <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/5473> (дата звернення: 05.09.2022)
7. Prospect of the Gaspardo Company. 2017. SP Range. Pneumatic precision seed drills. Italy. URL: <https://www.maschio.com/assets/Uploads/Leaflet-SP-RANGE-17-2017-09-W00230043R-EN.pdf> (дата звернення: 05.09.2022)
8. Prospect of the Kuhn Company. 2015. Planter 3. Precision seed drills. Kuhn farm machinery (UK). URL: <http://www.kuhn.co.uk/uk/range/seeding/pneumatic-precision-seed-drills/planter-3-m-single-bar.html> (дата звернення: 05.09.2022)
9. Precision Seeding. Maschinenfabrik SCHMOTZER GmbH. URL: <http://www.schmotzer.de>
10. Product Catalog Elvorti - Chervona zirka. 2016. Technology in harmony with the nature. Кривушнітський/Україна. URL: [https://www.elvorti.com/content/pdf/2016/KATALOG\\_2016\\_EN\\_SITE.pdf](https://www.elvorti.com/content/pdf/2016/KATALOG_2016_EN_SITE.pdf) (дата звернення: 07.09.2022)
11. Seed drill. “Contour”. Prospect of the company “Amazon”. Germany, 2012. 8 p.
12. Prospect of the Ribouleau Company. 2018. The precision Planter specialist. MECA V4. Ribouleau MONOSEM – FRANCE. URL: <https://www.monosem.com/Range/Planter-range/MECA-V4> (дата звернення: 08.09.2022)
13. Сівалка “Pneumasem II”. Проспект фірми “Nodet gougis”. Франція, 2008. 6 с.
14. Платонов И.М. Оценка сеялок точного высева. *Тракторы и сельхозмашины*. 1975. №7. С. 20 – 23.
15. Басин В.С. Семязадельвающие рабочие органы и подвески сошников зарубежных свекловичных сеялок. *Тракторы и сельхозмашины*. 1977. № 1. С. 43 – 46.
16. Murray J.R., Tullberg J.N. and Basnet B.B. 2006. Planters and their components: types, attributes, functional requirements, classification and description. ACIAR Monograph No. 121. ISBN 186320 4628.
17. Зубко В.М., Мельник В.І., Проценко А.М., Комісар Е.О. Техніко-технологічна ефективність начіпної сівалки для посіву кукурудзи. *Біоресурси і природокористування*. Том 10, №5-6, 2018, С. 229 – 234. <https://doi.org/10.31548/bio2018.05.029>
18. Драйер Х. Детальное рассмотрение сошника сеялки Primera DMC. Amazone Primera DMC. AMAZONEN-WERKE H. DREYER GmbH & Co. KG. 2010, 2с. URL: <http://www.amazone.de> (дата звернення: 11.09.2022)
19. Артеменко Д.Ю., Магопєць О.С. Теоретичне дослідження основного технологічного параметру удосконаленої конструкції пружинного загоргача просапної сівалки. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*: науково-теоретичний фаховий журнал / В.С. Шебанін (гол. ред.) та ін. 2011. Вип. 4 (61), Т.1. С. 244 – 250.
20. Дёмшин С.Л., Черемисинов Д.А. Обоснование оптимальных параметров сошниковой группы комбинированного агрегата для обработки почвы и посева. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2012. №4 (29). С. 67-71.
21. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування, Кн. 1: Машини для рільництва . К.: Урожай, 2001. 384 с.
22. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 1, ч. 2. Машини для сівби та садіння. Харків: Око, 2002. 452 с.
23. Сысолин П.В., Погорельый Л.В. Почвообрабатывающие и посевные машины: история, машиностроение, конструирование. К.: Феникс, 2005. 264 с.

## Referencis

1. Kovtun, Y.I. (1970). Yssledovanye i razrabotka ahrotekhnicheskikh osnov sozdaniya i sovershenstvovaniya sveklovychnykh seialok tochnoho vyseva. [Research and development of agrotechnical bases for the creation and improvement of beet seed drills for precision seeding]. *Candidate's thesis*. Kharkov [in Russian].
2. Glukhovskiy, V.S. (1982). Razrabotka nauchnykh osnov tehnologii vyiraschivaniya saharnoy sveklyi bez zatrat ruchnogo truda na formirovaniy gustoty nasazhdeniya. [Development of the scientific basis of the technology of sugar beet cultivation without the cost of manual labor on the formation density plantation]. *Extended abstract of doctor's thesis*. Kiev [in Russian].

3. Honcharuk, H.S. (2001). Yakisna sivba tsukrovih buryakiv zaporuka visokogo vrozhayu. [High-quality sowing of sugar beets is the key to a high yield]. *Tsukrovi buryaki - Sugar beets*, 2, 8 – 9 [in Ukrainian].
4. Artemenko, D., Mahopets, O. & Solomashenko, P. (2010). Research and working out of an advanced design steel seeders. *Construction, production and operation of agricultural machinery: nationwide. intern. scientific-technical Sat. KNTU*, 40, part 1. 136-142. Kirovograd/Ukraine. Retrieved from <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/1795/1/26.pdf> [in Ukrainian].
5. Artemenko, D.Yu. (2012). Matematichna model roboti udoskonalenih schlik soshnika prosapnoyi sivalki. [Mathematical model of the improved coulter cheeks of a row drill]. *Tekhnika v sil's'kohospodars'komu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannya, avtomatyzatsiia: zb. nauk. pr. Kirovohrads'koho nats. tekhn. un-tu – Machinery in agricultural production, industrial engineering, automation: coll. of science avenue of Kirovohrad National Technical University, Issue 25, Part 1*, 41 - 45 [in Ukrainian].
6. Salo, V.M., Luzan, O.R., Luzan, P.G. & Machok, Yu.V. (2012). Zagortayuchi robochi organi dlya pryamoyi sivbi zernovih kultur. [Wrapping working bodies for direct sowing of grain crops] . Ministry of Education and Science, Youth and Sports of Ukraine, Kirovohrad. national technical Univ. Kirovohrad: SPD FD Lysenko V.F., 64. Retrieved from <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/5473> [in Ukrainian].
7. Prospect of the Gaspardo Company. (2017). SP Range. Pneumatic precision seed drills. Italy. Retrieved from <https://www.maschio.com/assets/Uploads/Leaflet-SP-RANGE-17-2017-09-W00230043R-EN.pdf>
8. Prospect of the Kuhn Company. (2015). Planter 3. Precision seed drills. Kuhn farm machinery (UK). Retrieved from <http://www.kuhn.co.uk/uk/range/seeding/pneumatic-precision-seed-drills/planter-3-m-single-bar.html> [in English].
9. Precision Seeding. Maschinenfabrik SCHMOTZER GmbH. *schmotzer.de*. Retrieved from <http://www.schmotzer.de> [in English].
10. Product Catalog Elvorti - Chervona zirka. (2016). Technology in harmony with the nature. Kropyvnytskyi/Ukraine. *elvorti.com*. Retrieved from [https://www.elvorti.com/content/pdf/2016/KATALOG\\_2016\\_EN\\_SITE.pdf](https://www.elvorti.com/content/pdf/2016/KATALOG_2016_EN_SITE.pdf)
11. Seed drill. “Contour”. (2012). Prospect of the company “Amazon”. Germany [in English].
12. Prospect of the Ribouleau Company. (2018). The precision Planter specialist. MECA V4. Ribouleau MONOSEM – FRANCE. Retrieved from <https://www.monosem.com/Range/Planter-range/MECA-V4>
13. Seed drill. “Pneumasem II”. (2008). Prospect of the company “Nodet gougis”. France.
14. Platonov I.M. (1975). Otsenka seyalk tochnogo vyseva. [Evaluation of precision seed drills]. *Traktory i selhozmashiny – Tractors and agricultural machines*, 7, 20 – 23 [in Russian].
15. Basin V.S. (1977). Semyazadelyivayushchie rabochie organyi i podveski soshnikov zarubezhnyih sveklovichnyih seyalk. [Seed-making working organs and coulter suspensions of foreign beet seeders]. *Traktory i selhozmashiny – Tractors and agricultural machines*, 1, 43 – 46 [in Russian].
16. Murray J.R., Tullberg J.N. and Basnet B.B. 2006. Planters and their components: types, attributes, functional requirements, classification and description. ACIAR Monograph No. 121. ISBN 186320 4628.
17. Zubko, V.M., Melnyk, V.I., Protsenko, A.M. & Komisar, E.O. (2018). Tehniko-tehnologichna efektyvnist nachipnoyi sivalki dlya posiv kukurudzi. [Technical and technological efficiency of the trailed seeder for sowing corn]. *Bioresursi i prirodokoristuvannya - Bioresources and nature management. Vol. 10, 5-6*, 229 – 234 . <https://doi.org/10.31548/bio2018.05.029> [in Ukrainian].
18. Dryer, H. (2010). Detalnoe rassmotrenie soshnika seyalki Primera DMC. [Detailed view of the seeder coulter Primera DMC]. Amazone Primera DMC. AMAZONEN-WERKE H. DREYER GmbH & Co. KG. Retrieved from <http://www.amazone.de> [in Russian].
19. Artemenko, D.Yu. & Magopets, O.S. (2011). Teoretichne doslidzhennya osnovnogo tehnologichnogo parametru udoskonalenoyi konstruktsiyi pruzhinnogo zagortacha prosapnoyi sivalki. [Theoretical study of the main technological parameter of the improved design of the spring wrapper of the row drill]. *Visnik agrarnoyi nauki Prichornomor'ya: naukovo-teoretichnyy fahoviy zhurnal – Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region: Scientific and Theoretical Journal* . V.S. Shebanin (Ed.) , Part. 4 (61), Vol.1, 244 – 250 [in Ukrainian].
20. Demshin, S.L. & Cheremisinov, D.A. (2012). Obosnovanie optimalnyih parametrov soshnikovoy gruppyi kombinirovannogo agregata dlya obrabotki pochvy i poseva. [Justification of the optimal parameters coulter group of the combined unit for tillage and sowing]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka - Agricultural science of the Euro-North-East*, 4 (29), 67-71 [in Russian].
21. Sysolin, P.V., Salo, V.M. & Nettle, V.M. (2001). Silskogospodarski mashini: teoretichni osnovi, konstruktsiya, proektuvannya, Kn. 1: Mashini dlya rilnitstva [Agricultural machines: theoretical foundations, construction, design, Book. 1: Machines for agriculture] . Kyiv: Urozhaj [in Ukrainian].

22. Zaika, P.M. (2002). *Teoriya silskogospodarskih mashin. Mashini dlya sivbi ta sadinnya* [Theory of agricultural machines. Machines for sowing and planting], *Vol. 1, part 2*. Kharkiv: Oko, 452 [in Ukrainian].
23. Sysolin, P.V. & Pogorely, L.V. (2005). *Pochvoobrabatyivayushchie i posevnyie mashiny: istoriya, mashinostroenie, konstruirovaniye*. [Soil-cultivating and sowing machines: history, mechanical engineering, design]. Kiev: Feniks [in Russian].

**Dmytro Artemenko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Volodymyr Onopa**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.  
*Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine*

### **Research and Substantiation of the Design Spring Wrapper of the Precision Seed Drill**

The article presents the results of exploratory theoretical studies of the constructive and technological parameters spring wrapper of the precision seed drill. The analysis of the existing designs of wrappers and the technological process they perform showed that today the requirements for wrapping seeds first with wet layers of soil and then with drier, modern wrappers are not met. In most sowing sections, wrappers are placed after the rolling rollers and they perform the function of mulching and planning the surface of the furrow by mixing soil layers of different horizons. It was established that the technological process of wrapping the seeds with wrappers, which are first covered with the lower moist layers of the soil, and then with a drier mulch layer, will be more rational, while the wrappers must be installed after the coulter, which is able to cover the seeds immediately after entering the furrow.

Since the main disadvantage of the existing wrappers is the mixing of soil layers during their operation, an improved design of the wrapper was developed. The wrapper, which is made of a spring and has several component parts, has a torsion spring and a rod in the upper part, in the lower part of which there is a working surface in the form of a two-level rectangular trihedral inclined prism, moreover, the upper level of the working surface is twice as long as the lower one, and the installation angle of the working surface is smaller than the angle of friction of the soil on the steel. The efficiency of the wrapper is ensured by the following factors: due to the increased length of the upper working surface of the wrapper, the dry soil of the upper layer covers the furrow, which is already covered by the lower moist layers of the soil; due to the lateral action of the wrapper on the soil layer and the operation of the spring, a mulching effect is created; when the soil is more clogged with plant remains, the design of the spring wrapper contributes to its self-cleaning.

The process of interaction of the working surface wrapper with the soil and the influence of its design on the technological characteristics of the technological process are theoretically considered. The main technological characteristic of the wrapper is its tensile strength. It was established that during the operation of the developed wrapper, the greatest influence on the traction resistance is exerted by the depth of the movement wrapper and the speed of movement wrapper, and the least by the inclination of the working surface. The obtained theoretical dependence connects the design and technological parameters of the spring wrapper and their influence on the main characteristic of its operation - traction resistance.

**favorable germination conditions, wrapper design, seed wrapping, combined spring wrapper**

*Одержано (Received) 28.09.2022*

*Прорецензовано (Reviewed) 10.11.2022*

*Прийнято до друку (Approved) 26.12.2022*