

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ ____ ” _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:**

«Модернізація та обґрунтування параметрів загортальних елементів
сошника секції просапної сівалки»

Виконав здобувач вищої освіти II курсу,

групи ГМ-23М-1.1

ОНП «Галузеве машинобудування»

спеціальності 133 «Галузеве

машинобудування»

_____ Смірнов Денис Русланович

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

_____ Дмитро АРТЕМЕНКО

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

доцент, канд. техн. наук

_____ Станіслав КАТЕРИНИЧ

« ____ » _____ 2025 р.

м. Кропивницький

Анотація

У роботі розглянуто питання удосконалення конструкції сошника просапної сівалки з метою покращення процесу загортання насіння та створення сприятливих умов для його проростання. Обґрунтовано доцільність використання додаткових загортальних елементів, розміщених у задній частині щік сошника, що дозволяє забезпечити розділення вологого і менш вологого шарів ґрунту при загортанні насіння. Запропоновано нову конструкцію сошника з комбінованим загортальним елементом. Конструктивні особливості загортального елемента дозволяють уникати забивання міжщікового простору та забезпечують якісний розподіл функцій загортання. На основі математичного моделювання визначено вплив геометричних параметрів загортальних елементів на якість виконання процесу. Запропонована модернізована конструкція сошника сівалки Vesta 12 забезпечує покращене загортання насіння в борозні та сприяє створенню більш сприятливих умов для росту рослин просапних культур.

Abstract

The study addresses the improvement of the opener design for a row crop seed drill with the aim of enhancing the seed covering process and creating favorable conditions for seed germination. The feasibility of using additional covering elements positioned at the rear part of the opener cheeks is substantiated, allowing for the separation of moist and less moist soil layers during seed covering. A new opener design with a combined covering element is proposed. The structural features of this element help prevent clogging in the space between the opener cheeks and ensure effective distribution of the seed covering functions. Based on mathematical modeling, the influence of the geometric parameters of the covering elements on the quality of the seed covering process was determined. The proposed modernized opener design for the Vesta 12 seed drill ensures improved seed covering in the furrow and contributes to the creation of more favorable conditions for the growth of row crops.

Формат	Знач.	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				Документація загальна		
				Заново розроблена		
A4			MЗС 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка		
				Документація по складальним одиницям		
				Заново розроблена		
A1			MЗС 00.000 СБ	Універсальна пневматична сівалка Vesta 12	1	
A1			MЗС 00.110 СБ	Секція	1	
A2			MЗС 00.120 СБ	Сошник	1	
				Документація по деталях		
A3			MЗС 00.120.01	Загартач	1	
A3			MЗС 00.120.02	Щока	1	
			MЗС 00.000 ВП			
Зм.	Лист	№ докum.	Підп.	Дата		
Розроб.	Смірнов				Лит.	Лист
Перев.	Артеменко					Листів
						1
Нкантр.	Мачок				ЦНТУ	
Затв.	Васильковський				зр. ГМ-23М-11	
					Формат А4	

Відомість
роботи

Зміст

1. Вступ.....	7
2. Інженерна частина	8
3. Наукова частина.....	29
4. Охорона праці.....	51
5. Економічна частина.....	53
Висновки.....	55
Список використаної літератури.....	56
Додатки	

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Вступ

Україна має достатньо розвинену аграрну галузь, де вирощування просапних культур займає важливе місце, особливо з огляду на їх економічну значущість та зростаючу ринкову вартість. Ці культури не лише відіграють ключову роль у виробництві продовольства, а і позитивно впливають на стан ґрунту, збагачуючи його поживними речовинами та покращуючи структуру в рамках сівозміни. Завдяки стабільному попиту і високому потенціалу врожайності, вирощування просапних культур є економічно вигідним, тим більше, що існує широкий вибір сортів, адаптованих до кліматичних умов і ґрунтів України. Високі врожаї напряму залежить від суворого дотримання технологічних процесів на всіх етапах вирощування.

Одним із найважливіших процесів є створення сприятливих умов для проростання насіння, саме якість загортання насіння визначає рівномірність розміщення та швидкість його проростання. Сучасні посівні машини, оснащені загортальними елементами які виконані на щоках сошника в задній їх частині, значною мірою впливають на створення сприятливих умов для проростання рослин. Покращення конструкції загортальних елементів сошників може суттєво підвищити ефективність розміщення насіння по глибині борозни та його загортання. Тому розробка та вдосконалення їх конструкцій є актуальним завданням, яке сприятиме підвищенню врожайності просапних культур.

У межах цієї кваліфікаційної роботи здійснено аналіз існуючих конструкцій загортальних елементів сошників, а також запропоновано модернізацію конструкції сошника просапної сівалки Vesta 12. Основною метою вдосконалення є покращення процесу загортання насіння в борозні та оптимізація розміщення його по глибині це буде сприяти підвищенню швидкості та рівномірності проростання просапних культур.

					МЗС 00.000 ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Пояснювальна записка		
<i>Розроб.</i>	<i>Смірнов</i>						
<i>Перевір.</i>	<i>Артеменко</i>						
<i>Н. Контр.</i>	<i>Мачок</i>						
<i>Затверд.</i>	<i>Васильковський</i>						
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						7	
						ЦНТУ гр. ГМ-23М-1.1	

2. Інженерна частина

2.1 Стан питання про машину, яка модернізується

Універсальна пневматична сівалка Vesta 12 призначена для точного висіву дражованого, каліброваного, а також звичайного насіння цукрових і кормових буряків із одночасним внесенням гранульованих мінеральних добрив безпосередньо у посівні рядки [1].

Конструктивно сівалка Vesta 12 (рис. 2.1) складається з таких основних вузлів:

система внесення добрив, яка включає бункер 1 для туків, туковисівний апарат 19, тукопровід 16 і туковий сошник 15;

система висіву насіння, що складається з насінневого бункера 6, пневматичного висівного апарата 7 і наральникового сошника 11;

система пневматичного живлення, до складу якої входять відцентровий вентилятор 3, привідна система вентилятора (плоскопасова передача 2) від вала відбору потужності трактора 18, ресивер 4 та повітропроводи 5;

система загортання, яка представлена загортачами 8, прикочуючим котком 10 і ланцюговим шлейфом 9;

рама 17, що об'єднує всі елементи в єдину конструкцію;

маркерна система, що складається з лівого та правого маркерів 20;

опорно-приводні колеса, які забезпечують пересування та передачу крутного моменту;

передній прикочуючий коток 13 з комковідводом 14, що вирівнює поверхню ґрунту перед висівом.

Принцип дії сівалки полягає в наступному: обертання дисків насінневих апаратів і шнеків у туковисівних механізмах здійснюється від опорно-приводних коліс за допомогою ланцюгової передачі через механізм зміни швидкостей. Вакуум у камері висівного апарата створюється відцентровим вентилятором, який отримує обертання від вала відбору потужності трактора при швидкості 540 об/хв. Для контролю рівня розрідження в системі встановлено мембранний тягомір.

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

– скидач надлишкового насіння, який повертає зайві насінини назад у забірну камеру. Коли отвори з насінням переходять із зони вакууму в область нормального атмосферного тиску (в нижній частині висівного апарата), зерна під дією сили тяжіння відокремлюються по одному і падають у борозну, яку формує сошник.

Передній прикочуючий коток, обладнаний грудковідвідником, ущільнює та вирівнює поверхню ґрунту перед проходом сошника. Загортачі закривають борозну з висіяним насінням. V-подібний прикочуючий коток ущільнює ґрунт із боків від насінини, залишаючи верхній шар пухким, що сприяє кращому проростанню. За котком встановлено ланцюговий шлейф, завданням якого є вирівнювання рельєфу поля після завершення посіву. Для запобігання налипанню ґрунту всі котки оснащуються спеціальними очищувачами.

Гранульовані добрива подаються з бункера пружинними шнеками, які мають праву та ліву навивку. Шнеки подають добрива у відповідні воронки, далі через тукопровід вони надходять у туковий сошник, де і вносяться в ґрунт.

При роботі агрегату на полі, опущений маркер залишає помітну борозенку на незасіяній ділянці поля, яка використовується трактористом як орієнтир для точного налаштування наступного проходу.

Нижче наведено ключові показники якості виконання технологічних операцій відповідно до агротехнічних вимог, що висуваються до модернізованої машини [1]:

витримання ширини міжрядь: 45, 60, 70 або 90 см;

дотримання встановленої норми висіву із допустимою нерівномірністю між апаратами до 1,5%, а загальна нестабільність не повинна перевищувати 1,0%;

глибина загортання насіння повинна зберігатися з максимально допустимим відхиленням не більше 1,5%;

допустиме подрібнення насіння — не більше 0,2%;

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

форму п'яти. Задня частина охоплюються щоками, що забезпечують необхідне обмеження для руху ґрунтових часток. Наральник відповідає за прорізання ґрунтового шару і формування борозни, тоді як задня частина ущільнює стінки борозни, формуючи насінневе ложе у вигляді лунки для насінини. Насіння опускається на дно утвореної борозни, після чого воно прикривається ґрунтом який сходить після закінчення щік сошника.

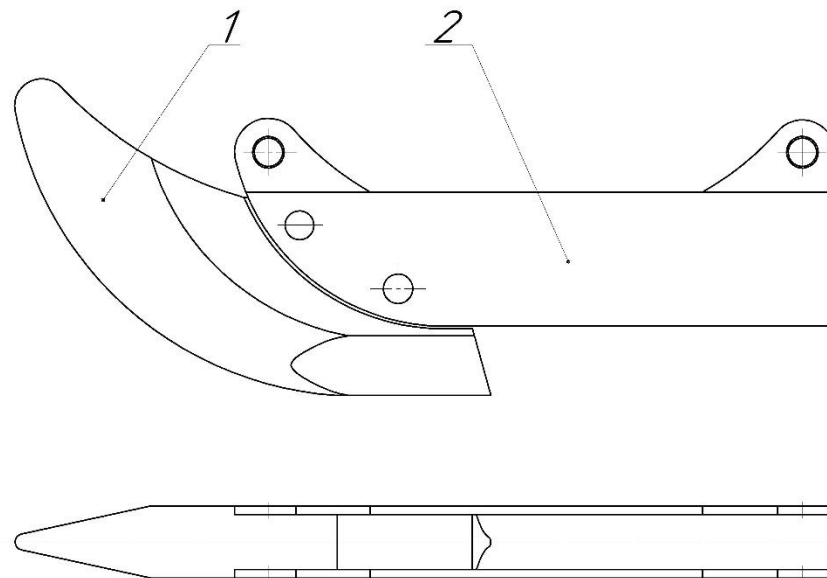


Рис. 2.3 Сошник наральниковий сівалки Vesta 12:

1 – наральник із тупим кутом входження в ґрунт; 2 – щоки

Серед основних переваг застосування наральникового сошника сівалки Vesta 12 слід відзначити:

високу точність посіву – конструкція сошника дозволяє рівномірно розподіляти насіння по довжині борозни, що сприяє одночасному проростанню;

можливість роботи на підвищених швидкостях – завдяки конструктивним особливостям, сошник забезпечує ефективний посів навіть при інтенсивному русі агрегату, що є особливо важливим для обробітку великих площ;

конструктивна простота і доступність – невелика кількість складових частин зумовлює невисоку собівартість виробництва та легкість у технічному обслуговуванні.

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Попри переваги, у роботі наральникового сошника існує низка недоліків:

необхідність постійного регулювання – для підтримки точної глибини висіву сошник потребує періодичних перевірок і коригування положення;

обмежене застосування – цей тип сошника не завжди підходить для культур, що вимагають більш точної дозованої подачі насіння, або для дрібнонасінневих культур;

чутливість до структури ґрунту – на вологих ґрунтах або в умовах великої кількості рослинних залишків ефективність роботи сошника може суттєво знижуватись;

Особливість утворення борозни – у процесі роботи наральник розсуває ґрунт, а не виводить його убік, через що після осипання ґрунту насіння опиняється під неоднорідною масою різної вологості, що може уповільнити проростання.

Оскільки зазначені недоліки на сьогодні залишаються невирішеними, актуальним завданням є вдосконалення конструкції наральникового сошника, що використовується на сівалках Vesta 12, з метою покращення технологічних характеристик та підвищення якості посівного процесу.

2.2 Аналіз технології посіву просапних культур

Сучасні агрокультури мають значний потенціал для підвищення врожайності, який реалізується як завдяки селекційним досягненням, так і за допомогою інновацій у сфері технічного забезпечення та механізації. Особливо вимогливими до якості виконання кожного агротехнічного етапу є просапні культури [2-4]. Надзвичайно важливою передумовою для успішного посіву є якісна весняна підготовка ґрунту. Саме цей процес суттєво впливає на стабільність руху посівного агрегату, точність розміщення насіння по глибині, збереження вологи у верхніх шарах ґрунту, а отже - на рівень і однорідність польової схожості [5,6]. Польові дослідження свідчать про те, що часто при виконанні цієї агрооперації не дотримуються встановлених технічних норм,

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

що призводить до порушення посівного процесу і втрати частини посівного матеріалу [7-9].

Передпосівна обробка поля включає розпушення ґрунту, вирівнювання його поверхні за допомогою боронування і шлейфування зяблевої оранки. Метою є збереження вологості ґрунту навесні і створення умов для стабільної роботи сошників посівної машини. Сучасна агротехніка дозволяє застосовувати комбіновані агрегати, зокрема компактори. Обробку проводять на глибину 6 - 8 см, а для важких за механічним складом ґрунтів або при підвищеній вологості обробіток здійснюють у два проходи на глибини 6 - 7 см та 8 - 10 см із подальшим прикочуванням [10,11].

Посів починають, коли температура ґрунту на глибині 10 см досягає 5 - 6°C. На сьогоднішній день для висіву використовують переважно просапні сівалки точного висіву. Найбільш розповсюджений спосіб – однорядковий з міжряддями шириною 45 - 60 см.

Врожайність і якісні характеристики продукції рослинництва значною мірою залежать від своєчасного і точного виконання технологічних операцій. Оптимальні строки сівби просапних культур обмежуються коротким періодом максимум у 4 - 5 днів. Порушення цих термінів загрожує істотною втратою потенційного врожаю. Приблизно на п'ятий-шостий день після висіву проводять боронування, яке знищує до 80% пророслих бур'янів і покращує повітрообмін в ґрунті, що позитивно впливає на швидкість появи сходів. Цю операцію здійснюють у напрямку, перпендикулярному до лінії посіву, з робочою швидкістю агрегату 5 - 6 км/год.

Останніми роками дедалі ширше впроваджується індустріальний підхід до вирощування просапних культур, який включає низку агрономічних прийомів:

посів після найбільш сприятливих попередників;

удосконалену систему обробітку ґрунту із внесенням збалансованих доз органічних і мінеральних добрив;

якісну весняну та передпосівну підготовку;

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

використання елітного гібридного насіння у точно визначені терміни;
комплекс заходів із захисту рослин за допомогою сучасних гербіцидів,
пестицидів і фунгіцидів;

повну механізацію догляду за культурами і збирання врожаю.

Таким чином, ефективне впровадження сучасних технологічних рішень та дотримання агротехнічних норм є ключовими чинниками досягнення високої продуктивності та якості вирощеної продукції.

Для забезпечення повноцінного проростання насіння та нормального розвитку рослин необхідно сформувати комплекс взаємопов'язаних умов, що охоплюють підготовку насіннєвого матеріалу, обробку поля, точне виконання посіву та подальший догляд після нього. Польова схожість характеризується рівнем однорідності розвитку рослин у рядках та по всій площі живлення. Затримка появи сходів викликає загальне пригнічення розвитку рослин, сприяє засміченню поля, що зрештою негативно позначається на врожайності. Натомість дружні сходи значно спрощують післяпосівний догляд і полегшують процес збирання врожаю [12,13].

2.3. Порівняльний аналіз роботи просапних сівалок які представлені в Україні

Вітчизняні та закордонні виробники сільськогосподарської техніки зосереджують значну увагу на вдосконаленні процесів висіву насіння, створюючи ефективні робочі органи для сівалок. Вирішення проблеми якісного посіву передбачає реалізацію п'яти ключових технологічних задач. Кожна з них може бути реалізована за допомогою різних технологічних рішень, які втілюються через відповідні операції у процесі роботи посівної секції. Дослідження методів укладання та загортання насіння, застосовуваних найбільш поширеними в Україні просапними сівалками [1, 14–17], дали змогу виділити сім основних типів узагальнених технологічних процесів. Завдяки розмаїттю конструкцій і принципів роботи машин можна обирати найбільш відповідну технологію для конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Деякі посівні секції здатні змінювати тип виконуваного технологічного процесу завдяки наявності змінних робочих органів, що дозволяє використовувати одну і ту ж секцію за різних умов. При цьому в конструкції секцій використовуються як класичні, так і нестандартні елементи з індивідуальними характеристиками. Наприклад, для формування дрібногрудкуватої структури ґрунту можуть застосовуватися грудкоподрібнювачі або грудковідвідники, які відкидають великі грудки з робочої зони [1,14,16]. Насіння укладається на ущільнене дно борозни, яке формується ущільненням її стінок і запобіганням засипанню борозни до моменту висіву.

Для ущільнення борозни в усіх сучасних просапних сівалках використовуються наральники клиноподібного профілю. Захист від осипання ґрунту до висіву насіння здійснюється або шляхом передсошникового прикочування спеціальними котками, або за допомогою подовжених щік сошника, які утримують стінки борозни.

Забезпечення контакту насіння з ґрунтом досягається через дві операції - покриття його вологим шаром і ущільнення ґрунту в зоні розміщення насіння. При загортанні борозни за допомогою загортачів пасивного, а особливо активного типу, відбувається перемішування шарів ґрунту, внаслідок чого не завжди забезпечується ефективне покриття насіння вологим ґрунтом.

За характером ущільнення ґрунту виділяють два підходи: ущільнення на поверхні борозни та ущільнення безпосередньо навколо насіння в середині борозни. Перший варіант простіший у застосуванні, менш схильний до налипання ґрунту, але потребує додаткового розпушення верхнього шару після проходу котка. Для цього використовуються різноманітні котки: з гумовим покриттям (іноді циліндричні металеві), діаметром 200-300 мм і шириною 60-200 мм; можуть бути одинарними або спареними, гладкими, зубчастими чи пальцевими, розміщеними паралельно або під кутом, зокрема V-подібно.

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Другий метод - ущільнення насіння по глибині борозни, вирівнюється насіння по глибині та створюється щільне насіннєве ложе, ущільнюючи ґрунт саме навколо насінини, не торкаючись верхнього шару. Однак у вологому і важкому за механічним складом ґрунті така операція ускладнюється через налипання ґрунту на ущільнюючі елементи борозних котків [15,17].

Більшість сучасних просапних сівалок передбачають використання змінних робочих органів, що дозволяє виконувати обидва типи процесів. Такі відомі виробники, як Ribouleau (Monosem) [15], Amazone (ED 6000) [14], Kuhn (Planter 3) [16], Gaspardo (SP Range) [17], Kverneland (Monopill) [18], Elvorti (Vesta) [1], комплектують свої сівалки широким набором котків і загортачів. Різниця між конструкціями полягає переважно у використанні шин, які перешкоджають налипанню ґрунту. Можливість вибору між різними технологічними схемами дає змогу адаптувати процес загортання насіння до конкретних умов вирощування.

У підсумку можна зробити висновок, що сошник є ключовим елементом, який безпосередньо впливає на якість сівби, а конструкція цього робочого органу визначає точність виконання агротехнічних вимог. Саме тому актуальним є детальний аналіз розвитку конструкцій сошників, оцінка переваг та недоліків їх складових частин і визначення можливих шляхів їх подальшого вдосконалення.

2.4 Аналіз конструктивних особливостей сошників просапних сівалок

Основна функція сошника - формування борозни з якісним насіннєвим ложем, точне укладання насіння та рівномірне його загортання ґрунтом, що є вирішальним для забезпечення ефективного проростання та формування дружніх сходів. Як показують дослідження, успішність кожного етапу значною мірою зумовлена фізіологічними особливостями проростання насіння: насамперед це процеси поглинання води, доступу кисню та тепла.

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Саме тому оптимальна щільність ґрунту у зоні загортання насіння має надзвичайно важливе значення [20].

У цьому контексті важливо дотримуватись балансу: пухкий ґрунт сприяє кращому повітрообміну, однак гірше утримує вологу; щільний ґрунт — навпаки, добре зберігає вологу, але погано пропускає кисень [20,21]. Тож ефективна робота сошника має враховувати ці аспекти і створювати сприятливі умови для всіх етапів проростання насіння.

Протягом тривалого періоду розробки та вдосконалення просапних сівалок сформувався ряд агротехнічних вимог, яким повинні відповідати сошники їх елементи [22-24]:

формування насінневого ложа з оптимальною щільністю, яке забезпечує швидке відновлення капілярної структури для зволоження насіння;

щільне прилягання ґрунту до насіння, що досягається за рахунок післяпосівного прикочування;

наявність пухкого шару над насінням, що знижує випаровування вологи і сприяє аерації;

запобігання засипанню борозни частинками ґрунту до моменту укладання насіння;

рівномірне розміщення насіння по довжині рядка, що сприяє рівномірному розвитку рослин;

дотримання заданої глибини висіву, що критично важливо для однакових умов проростання.

Однак, незважаючи на сформовані вимоги, існуючі конструкції сошників мають ряд недоліків, серед яких основними є:

нестабільність глибини висіву, особливо при збільшенні швидкості руху посівного агрегату;

обсипання стінок борозни ще до укладання насіння, що порушує структуру насінневого ложа;

недостатня адаптивність до зміни механічного складу ґрунтів та вологості;

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

налипання ґрунту на робочих органах у вологих умовах, що знижує точність посіву.

У зв'язку з цим робота дослідників і конструкторів повинна бути зосереджена на:

вдосконаленні існуючих конструкцій сошників;

оптимізації геометричних параметрів робочих органів, таких як форма наральника, щік та загортаючих елементів;

застосуванні нових матеріалів та протиадгезійних покриттів, що зменшують налипання;

інтеграції адаптивних і сенсорних систем, які дозволяють автоматично коригувати глибину посіву залежно від ґрунтових умов;

модульному підході до конструкції сошників, що дозволяє змінювати конфігурацію в залежності від культури або типу ґрунту.

Отже, підвищення ефективності посіву безпосередньо пов'язане з модернізацією сошника та його складових, основного елемента, який формує "умови старту" для рослини. Розвиток цього компонента посівної системи є важливою передумовою для впровадження високопродуктивних технологій вирощування просапних культур.

2.5 Технологічні розрахунки

2.5.1 Силовий розрахунок рівноваги секції робочих органів сівалки Vesta 12

Проведемо згідно [25,26] розрахунок рівноваги секції робочих органів з паралелограмною підвіскою та складемо схему сил які діють на неї в робочому положенні (рис. 2.4).

Рівновага секції забезпечується якщо:

$$Q \cdot h_1 + Q_1 \cdot h_8 + R_H \cdot h_5 + R_{H1} \cdot h_6 = R_X \cdot h_2 + R_Z \cdot h_1 + R_O \cdot h_3 + R_X \cdot h_7 + R_Z \cdot h_8 \quad (2.1)$$

де Q – сила ваги секції, Н;

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

R_H, R_{H1} – сила натиску пружини, Н;

R_X – сила опору наральникового сошника при глибині ходу 2 – 3 см складає близько 200 Н);

R_Z – вертикальна реакція ґрунту на робочі органи, Н;

R_O – реакція ґрунту, яка діє на прикочуючий коток, Н;

$$R_O = \frac{R'_O}{\cos \beta}; \quad (2.2)$$

$$\beta = 9^\circ;$$

$$R'_O = mb\sqrt{mD}, \quad (2.3)$$

де m – ступінь коліє утворювання, $m = 0,25$;

$b = 65$ мм – ширина прикочуючого котка;

$D = 280$ мм – діаметр прикочуючого котка.

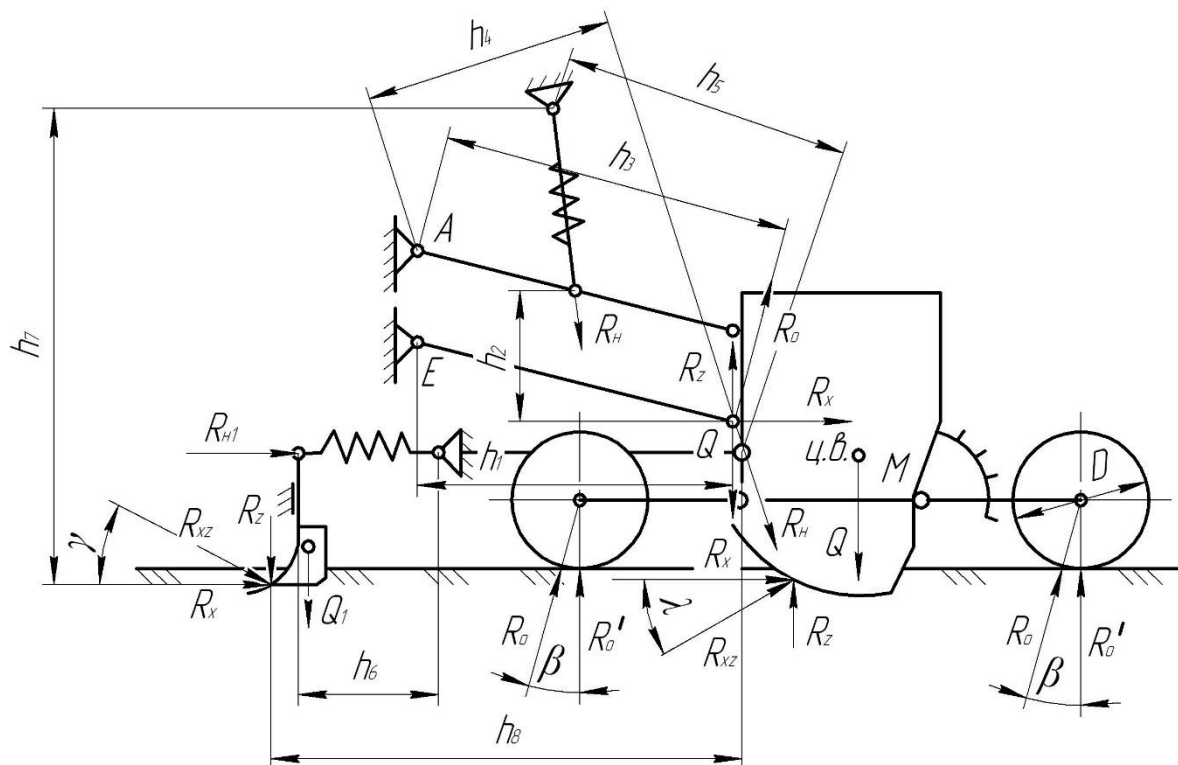


Рис. 2.4 Схема для силового розрахунку посівної секції

З врахуванням того, що прикочуючий коток секції Vesta 12 складається із двох котків то розрахунок R'_O проводимо в два етапи:

$$R'_o = 0,25 \cdot 65 \cdot 2\sqrt{0,25 \cdot 280} = 345H$$

$$R_o = \frac{345}{\cos 9^\circ} = 364H$$

Кінцеве значення R_o визначаємо із схеми рис. 2.5.

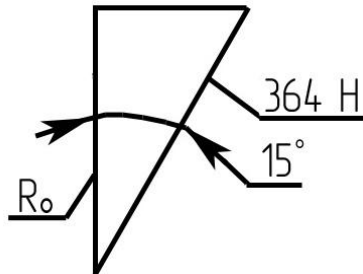


Рис. 2.5 Схема для розрахунку R_o

$$\cos 15^\circ = \frac{R_o}{364};$$

$$R_o = 364 \cdot \cos 15^\circ = 352H$$

Значення R_z визначаємо із схеми рис. 2.6.

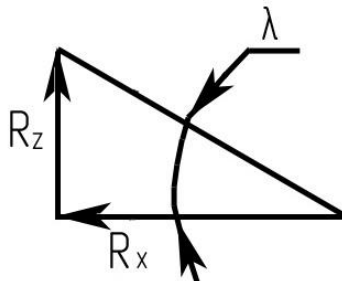


Рис. 2.6 Схема для розрахунку R_z

Приймаємо $R_x = 450H$,

тоді:

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{R_z}{R_x} \quad (2.4)$$

$$R_z = R_x \cdot \operatorname{tg} \lambda = 450 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ = 260H$$

Визначимо величини $h_1, h_2, h_3, h_4, h_5, h_6, h_7, h_8$

Величини розмірів h_1 и h_2 визначаємо із схеми рис. 2.7.

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

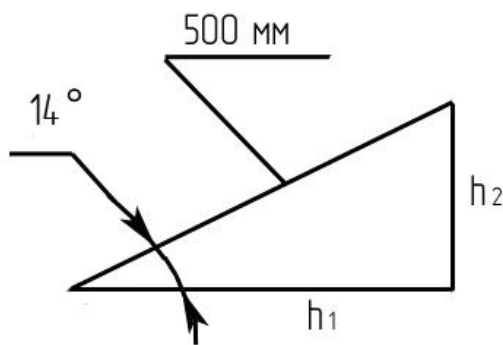


Рис. 2.7 Схема для визначення h_1 и h_2

Згідно креслення секції графічно визначаємо кут 14° , тоді:

$$\cos 14^\circ = \frac{h_1}{500};$$

$$h_1 = 500 \cdot \cos 14^\circ = 485 \text{ мм.}$$

$$\sin 14^\circ = \frac{h_2}{500};$$

$$h_2 = 500 \cdot \sin 14^\circ = 120 \text{ мм.}$$

$h_3=500\text{мм}$ – розмір поводка секції по осям отворів.

$h_4=495\text{мм}$; $h_5=450\text{мм}$; $h_6=120\text{мм}$; $h_7=750\text{мм}$ – визначаємо графічно з креслення секції;

$h_8=660\text{мм}$ – розмір від тукового сошника до місця кріплення.

Вага секції сівалки Vesta 12 складає $Q = 60,5\text{кг}$, вага поводків 3,21 і 4,795кг відповідно. Половина сумарної ваги поводків буде:

$$\frac{3,21 + 4,795}{2} = 4 \text{ кг}$$

Фактична маса секції:

$$Q = 60,5 - 4 = 56,5 \text{ кг.}$$

Розрахунок зусилля пружини секції в робочому положенні проводимо згідно схеми рис. 2.8.

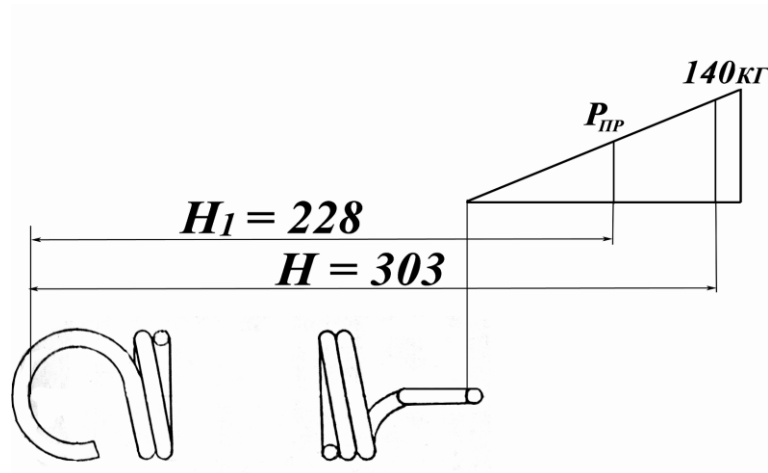


Рис. 2.8 Схема для розрахунку пружини навантаження

Методом інтерполяції визначаємо зусилля пружини в робочому положенні:

$$\frac{H}{140} = \frac{H_1}{P_{пр}}; \quad (2.5)$$

$$P_{пр} = \frac{140 \cdot H_1}{H} = \frac{140 \cdot 228}{303} = 105,4 \text{ кг}$$

Кут 55° між віссю пружини і поводком визначається графічно із креслення (рис. 2.9).

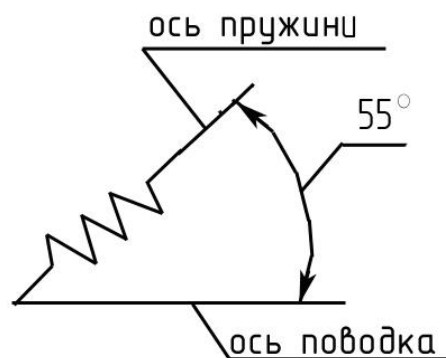


Рис. 2.9 Схема до визначення кута між поводком і пружиною

Значення зусилля пружини визначається із схеми рис. 2.10.

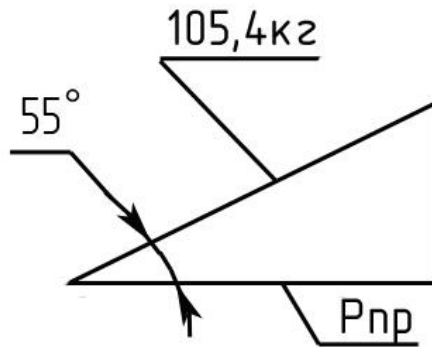


Рис. 2.10 Схема визначення кута між повідком і пружиною

$$\cos 55^\circ = \frac{P_{\text{пр}}}{105,4}; \quad (2.6)$$

$$P_{\text{пр}} = 105,4 \cdot \cos 55^\circ = 60,5 \text{ кг};$$

$$R_H = P_{\text{пр}} = 60,5 \text{ кг}.$$

Зусилля яке діє на передній коток секції Vesta 12:

$$R'_O = 0,25 \cdot 65 \cdot \sqrt{0,25 \cdot 280} = 175 \text{ Н};$$

$$R_O = \frac{175}{\cos 9^\circ} = 180 \text{ Н}.$$

Для розрахунку навантаження яке діє на пружину тукового сошника, розглянемо взаємодію сошника з ґрунтом (рис. 2.11).

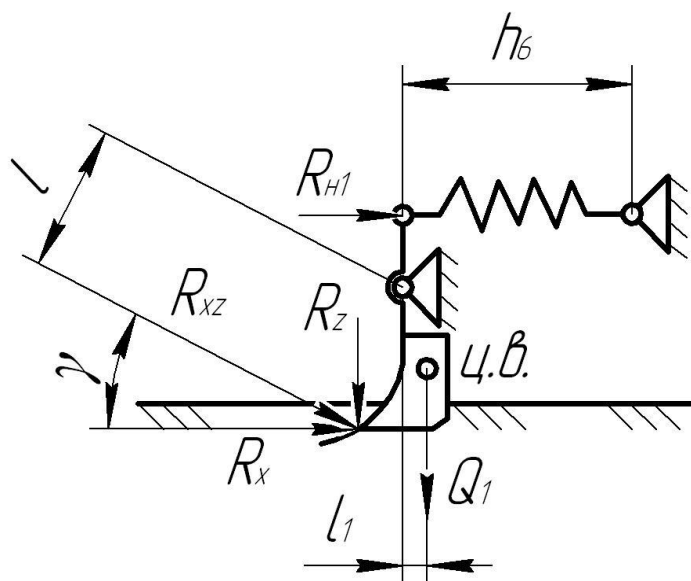


Рис. 2.11 Схема для розрахунку тукового сошника

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МЗС 00.000 ПЗ

Арк.

24

Рівняння рівноваги:

$$R_{H1} \cdot h_6 = Q_1 \cdot l_1 + R_{XZ} \cdot l; \quad (2.7)$$

де Q_1 – сила ваги тукового сошника, Н;

R_{H1} – сила натиску пружини, Н;

R_{XZ} – сила опору сошника 200 Н;

$$R_{H1} = \frac{Q_1 \cdot l_1 + R_{XZ} \cdot l}{h_6}; \quad (2.8)$$

$$R_{H1} = \frac{57 \cdot 50 + 260 \cdot 200}{120} = 457 \text{ Н};$$

Розрахунок зусилля пружини тукового сошника в робочому положенні проводимо згідно схеми рис. 2.12.

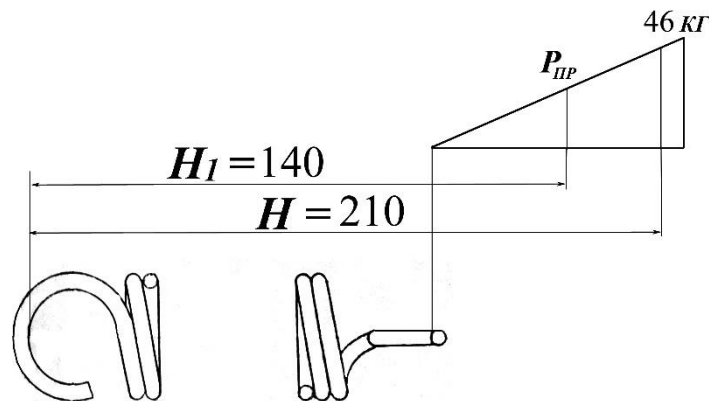


Рис. 2.12 Схема до розрахунку пружини тукового сошника

Методом інтерполяції (див. рис. 2.12) визначаємо зусилля пружини в робочому положенні:

$$\frac{H}{46} = \frac{H_1}{P_{пр}}; \quad (2.9)$$

$$P_{пр} = \frac{46 \cdot H_1}{H} = \frac{46 \cdot 140}{210} = 31 \text{ кг}.$$

У результаті виконаного розрахунку були встановлені всі навантаження, що впливають на секцію робочих органів, з урахуванням зусиль, які діють на туковий сошник. Також було здійснено перевірку умов рівноваги секції.

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Аналіз показав, що під час експлуатації агрегату умови рівноваги дотримуються.

2.6 Розрахунок тягового опору посівного агрегату

У працях [24-26] були визначені та описані основні закономірності, що характеризують зміну тягового опору причіпного ґрунтообробного обладнання. Згідно з наведеними висновками, величина цього опору суттєво залежить від швидкості руху робочих органів у шарі оброблюваного ґрунту. На основі проведеного аналізу була запропонована формула для розрахунку тягового опору плугів. При цьому встановлено, що опір інших сільськогосподарських машин, які працюють із ґрунтом, певною мірою також підкоряється цій залежності. Тоді питомий тяговий опір агрегату:

$$K_a = K_o + k_v \cdot V_a^2, \quad (2.10)$$

де K_o - тяговий питомий опір, $K_o = 0,2$ кН/м²;

k_v - коефіцієнт швидкості, кНс²/м⁴;

V_a - швидкість агрегату, $V_a = 2,5$ м/с

Якщо скоригувати поданий вираз, враховуючи робочу глибину обробітку та ширину захвату знаряддя, то отримаємо рівняння для розрахунку тягового опору агрегату в наступному вигляді:

$$R_a = h \cdot B_p \cdot (K_o + k_v \cdot V_a^2), \quad (2.11)$$

де h - глибина посіву, $h = 0,03$ м;

B_p - ширина захвату сівалки, $B_p = 5,4$ м.

Тяговий опір агрегату при транспортуванні [24,26]:

$$R_a = m_a \cdot g \cdot k_m, \quad (2.12)$$

де m_a - маса сівалки, $m_a = 1,222$ т;

g - прискорення вільного падіння, $g = 9,8$ м/с²;

k_m - коефіцієнт опору кочення,

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$k_m = k_{ka} \cdot k_{vm} \cdot V_a^2, \quad (2.13)$$

де k_{ka} - коефіцієнт, який враховує властивості ґрунту, конструкцію і тип агрегату, $k_{ka} = 0,5 - 1,5$;

k_{vm} - коефіцієнт зміни опору перекочуванню, $k_{vm} = 0,1 \dots 0,3$.

З метою досягнення максимальної продуктивності роботи агрегату необхідно забезпечити найвищий можливий коефіцієнт корисної дії (ККД). Одним із ключових чинників, що визначає ефективність використання тягової потужності, є коефіцієнт буксування передніх коліс. Його значення повинно не перевищувати гранично допустимого рівня буксування, що забезпечує стабільну роботу агрегату без надмірних втрат енергії на ковзання [24-26].

Виходячи з цього, можна сформулювати таку умову:

де μ_c - коефіцієнт зчеплення при буксуванні, $\mu_c = 0,3 \dots 0,7$;

λ - ваговий коефіцієнт, $\lambda = 0,85$;

G_T - експлуатаційна вага трактора, $G_T = 41000$ Н.

З огляду на наведений вище вираз, стає очевидним, що тягові можливості трактора залежать від співвідношення між його зчіпною масою та коефіцієнтом зчеплення з ґрунтом. Втім, у процесі роботи з начіпними або причіпними сільськогосподарськими знаряддями через особливості конструкції або експлуатаційні умови виникає нерівномірний розподіл навантаження на передню та задню осі трактора. Це, в свою чергу, впливає на реальне тягове зусилля, яке може бути реалізоване без проковзування.

У зв'язку з цим розрахунок максимально можливого (ймовірного) тягового зусилля трактора слід здійснювати за наступним рівнянням:

Ймовірне тягове зусилля трактора слід визначати з виразу:

$$P_k = m_a \cdot g \cdot \lambda \cdot \mu_c - k_m + R_a \cdot \frac{h}{l}, \quad (2.14)$$

де h - висота прикладання тягового опору, $h = 0,6$ м;

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

l - повздовжня база трактора, $l = 2,730$ м.

По лінійній залежності визначається залежність між номінальним тяговим опором і повздовжньою базою трактора згідно [24-26]:

$$l = A_0 + A_1 \cdot P_k, \quad (2.15)$$

де A_0, A_1 - коефіцієнти пропорційності, м, м/кН.

Тягове навантаження трактора:

$$R_a = P_k \cdot \eta_T, \quad (2.16)$$

де η_T - коефіцієнт завантаження, $\eta_T = 0,7$.

Тоді з враховуючи (2.15), (2.16) в формулі (2.14) маємо вираз:

$$P_k = m_a \cdot g \cdot \lambda \cdot \mu_c \cdot \left(1 + \frac{h \cdot \eta_T}{A_0 + A_1 \cdot m_a \cdot g \cdot \lambda \cdot \mu_c} \right). \quad (2.17)$$

На основі виведеного рівняння можна, у припустимих межах, здійснити оцінку тягових властивостей трактора за умови сталого та рівномірного функціонування. Це дозволяє враховувати як масу агрегату, так і його експлуатаційні параметри. Таким чином, залежно від зчпної ваги трактора та значення коефіцієнта зчеплення з ґрунтом, можна прогнозувати здатність машини реалізовувати необхідне тягове зусилля в конкретних умовах роботи.

$$R_a = 5,506 \cdot 0,7 = 3,9 \text{ кН}$$

$$P_k = 1,222 \cdot 9,8 \cdot 0,85 \cdot 0,5 \cdot \left(1 + \frac{0,6 \cdot 0,7}{1 + 0,9 \cdot 1,222 \cdot 9,8 \cdot 0,85 \cdot 0,5} \right) = 5,506 \text{ кН}$$

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

3. Наукова частина

Актуальність теми. В Україні, забезпечення сталого вирощування просапних культур має вирішальне значення для гарантування продовольчої стабільності та зміцнення аграрного сектору країни. Такі культури, як цукрові буряки, соя, ріцин, сояшник тощо, займають вагоме місце в структурі посівів та становлять основу експортного потенціалу сільськогосподарської продукції. Завдяки високій рентабельності та стабільному попиту як на вітчизняному, так і на зовнішньому ринках, їх вирощування активно розвивається. Окрім того, просапні культури є невід'ємним елементом сівозміни, оскільки сприяють підтриманню ґрунтової родючості і поліпшенню його агрофізичних характеристик. Одним із визначальних чинників, що впливає на продуктивність таких культур, є якість посіву, яка тісно пов'язана з технічними особливостями сошника. У зв'язку з цим модернізація конструкцій сошників виступає ключовим напрямом підвищення результативності вирощування просапних культур.

Мета і задачі дослідження. Метою досліджень є підвищення ефективності роботи насінневого сошника просапної сівалки шляхом вдосконалення і обґрунтування його загортальних елементів, а також їх конструктивно-технологічних параметрів.

Для досягнення мети поставлено наступні **задачі**:

провести аналіз конструкцій сошників які мають загортальні елементи, з'ясувати недоліки та обґрунтувати напрями їх усунення;

дослідити процес роботи загортальних елементів сошника просапної сівалки, обґрунтувати їх конструктивні елементи та визначити їх вплив на технологічний процес загортання насіння;

визначити техніко-економічну ефективність нового робочого органу.

Об'єкт дослідження: технологічний процес роботи насінневого сошника просапної сівалки та його загортаючих елементів.

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Предмет дослідження: конструктивно-технологічні параметри загортаючих елементів насінневого сошника просапної сівалки та технологічні властивості ґрунту, які впливають на їх роботу.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

визначено закономірності впливу робочих поверхонь загортаючих елементів сошника просапної сівалки на процес загортання насіння, а також обґрунтовані оптимальні значення цих параметрів;

досліджено зміну фізичних властивостей ґрунту під час загортання насіння та встановлено, як конструктивні особливості загортальних елементів сошника впливають на якість виконання технологічного процесу;

аналітичним шляхом визначено раціональні параметри робочих поверхонь загортаючих елементів сошника, які сприяють покращенню якості загортання насіння в борозні та підвищенню ефективності функціонування сошника в цілому.

3.1 Аналіз існуючих конструкцій загортальних елементів сошників

Аналізуючи ефективність роботи сошників можна виявити критичний вплив конструкції задньої частини щік на якість загортання насіння та, відповідно, на польову схожість. Як свідчать дослідження та випробування [12,13,20], більшість сучасних конструкцій (як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва) не забезпечують належного укриття насіння вологим ґрунтом нижнього горизонту. Причина цього - неврахування реальних змін фізико-механічних властивостей ґрунту, зумовлених втратою вологи до моменту посіву.

Вертикальні або похилі щоки сошника не утримують сипучі частки верхнього шару, які одразу осипаються в борозну, покриваючи насіння сухим ґрунтом. Це призводить до сповільнення проростання, нерівномірних сходів і втрати врожайності.

Основні напрямки розвитку конструкцій насінневих сошників з метою покращення загортання насіння: зміна конструкції щік сошника; введення

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

додаткових елементів в задній частині сошника; використання активних або пасивних елементів, які перед загортанням переміщують вологий ґрунт на насіння.

На сьогоднішній день вже існують приклади використання пасивних елементів для укриття насіння в борозні. Так, Пронько Л.Ю. [27] пропонує для зрушення нижніх зволжених шарів ґрунту на насіння використовувати спеціальні відвали які розміщені в задній частині щік сошника (рис. 3.1).

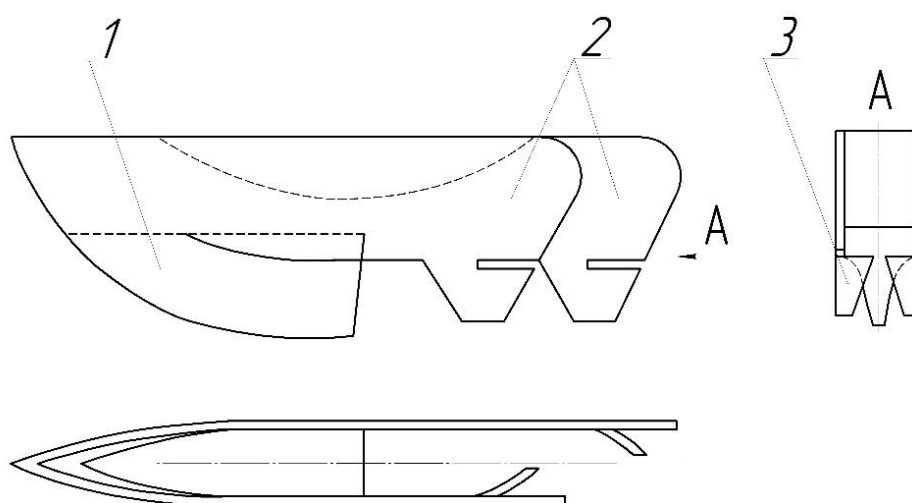


Рис. 3.1 Сошник з гвинтовими відвальниками:

1 – наральник; 2 – щоки; 3 – відвальники

Вони виготовлені сегментними і вигнуті за гвинтовою лінією у внутрішній міжщіковий простір та розташовані зі зміщенням відносно один одного, мають загострення з внутрішнього боку під кутом 15° до зовнішньої поверхні та знаходяться трохи вище насінневого ложа. Під час роботи ці відвали підрізають і зсувають вологі ґрунтові шари, засипаючи ними насіння. Однак ця конструкція має суттєві недоліки: її ефективність знижується при швидкостях посіву понад 1,5 м/с або при вологості ґрунту вище 20%. У таких умовах відвали щік обліплюються ґрунтом, а міжщіковий простір забивається, що призводить до порушення технологічного процесу.

Шабранський В.А. [28] запропонував удосконалений спосіб загортання насіння ґрунтом. За його дослідженнями, ґрунт, підготовлений до сівби цукрових буряків, характеризується високою сипкістю, що сприяє

самостійному осипанню стінок борозни після проходження сошника. У момент руху агрегату за сошником утворюється відкрита частина борозни, що має форму клину. Автор науково обґрунтував параметри як самого технологічного процесу, так і робочого органу, який дозволяє узгодити момент укладання насіння на дно борозни з моментом змикання стінок борозни, що обсипаються. З метою реалізації запропонованої технології загортання насіння у ґрунт, була сконструйована спеціальна модель сошника (рис. 3.2), що має регульований елемент - відвальник. Його положення можна змінювати залежно від режиму роботи, тим самим забезпечуючи дотримання необхідного співвідношення параметрів утворення насінневого ложа, місця розміщення насіння і положення загортаючого елемента.

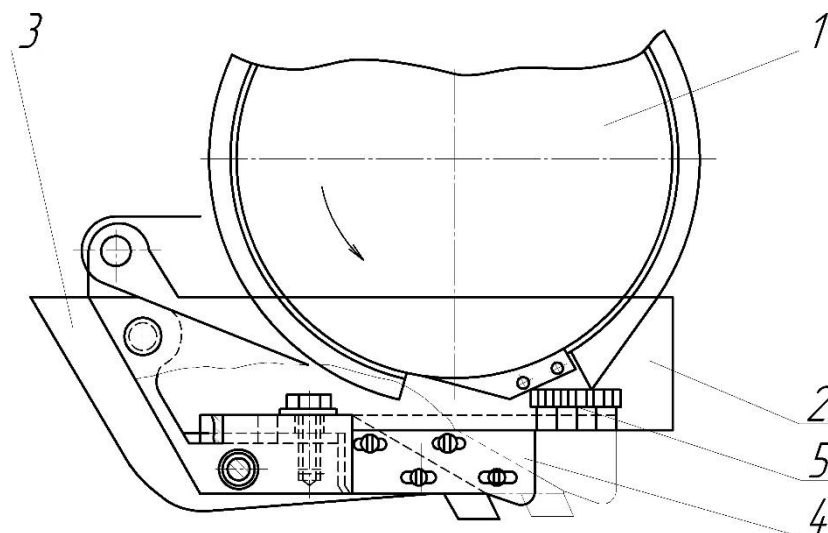


Рис. 3.2 Сошник з регульованим загортачем:

1 – висівний апарат; 2 – щоки; 3 – наральник сошника; 4 – загортаючий елемент; 5 – механізм регулювання положення відвальника

Згідно з міркуваннями автора, впровадження такої конструкції сошника дозволить досягти підвищення точності розміщення насіння в 1,3-2,0 рази порівняно зі стандартними зразками. Проте, незважаючи на переваги, така система має і низку суттєвих недоліків. Одним з головних є неможливість точно визначити оптимальну робочу швидкість сівалки, оскільки вона суттєво залежить від багатьох зовнішніх факторів - типу ґрунту, рельєфу місцевості, конкретного положення агрегату на полі (наприклад, чи перебуває він на

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

початку чи вже посередині поля) тощо. Через це налаштування рухомого ложеутворювача на необхідне значення є вкрай складним, а іноді є практично нездійсненним. Крім того, осипання ґрунту може призвести до погіршення точності заглиблення насіння, що також негативно позначається на якості сівби.

В роботі [29], запропоновано сошник який не лише зміщує вологий ґрунт у борозну, а і одночасно забезпечує його подрібнення. Досягнення цього стало можливим завдяки застосуванню у нижній частині щік спеціальних криволінійних відвальників. У запропонованій конструкції відвальники винесені за межі міжщогокового простору і виконані у формі, що утворюється при огортанні поверхні прямого кругового конуса. При цьому кут розхилу конічної поверхні вибрано меншим за кут тертя ґрунту по сталі, що забезпечує плавне проникнення відвальників у ґрунтовий масив і сприяє сходженню рослинних решток із їх поверхні. На рис. 3.3, представлено три основні проєкції модернізованої конструкції сошника.

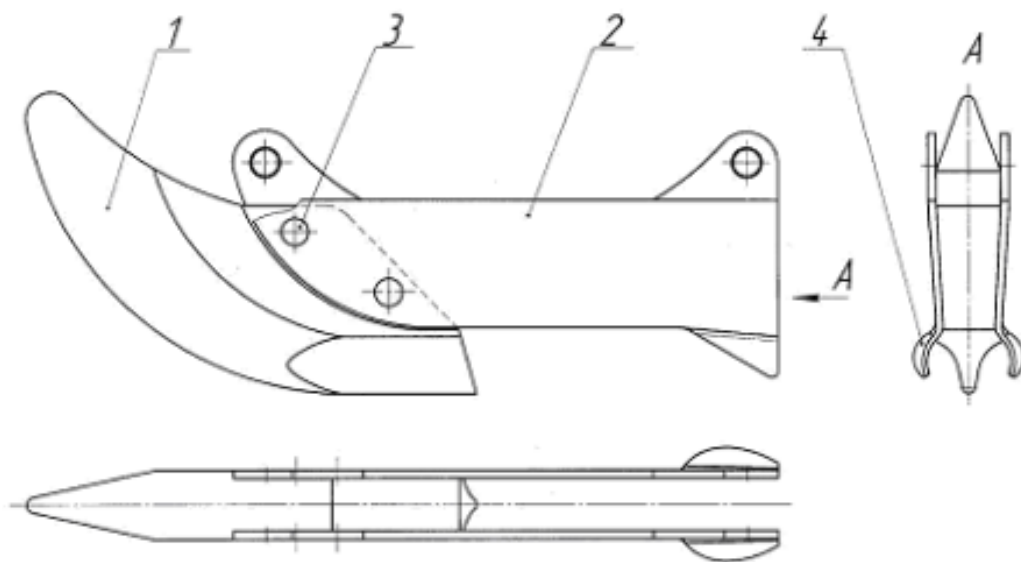


Рис. 3.3 Сошник із конічними відвальниками:

1 - наральника, 2 - щоки, 3 - заклепки, 4 - відвальники

Принцип дії сошника полягає в тому, що наральник 1 прорізає борозну, після чого щоки 2 утримують її відкритою до моменту висіву насіння. Встановлені в нижній частині щік криволінійні відвальники 4 зрушують

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

вологий ґрунт з нижніх горизонтів у борозну, водночас сприяючи його подрібненню. При цьому, завдяки формі відвальників, рослинні залишки не затримуються на поверхні, а легко сходять із неї.

Робота цього сошника забезпечує високу ефективність завдяки таким технічним особливостям: сухий верхній шар ґрунту потрапляє у борозну вже після того, як її дно вкрито подрібненим вологим ґрунтом із нижніх горизонтів, насіння вкладається рівномірно по всій довжині рядка і одразу ж фіксується в місці падіння завдяки накриттю вологим шаром, переміщеним відвальниками з нижньої частини борозни.

Але є основний недолік такої конструкції – розхилені зовні борозни відвальники руйнують її стінки, а при підвищеній вологості ґрунт може налипати на їх поверхню і забивати порожнини відвальників, що може призвести до забивання міжщікового простору і порушенню процесу посіву і загортання насіння.

Авторами в [30], було запропоновано сошник, який реалізує роздільне загортання насіння у два послідовні етапи: спочатку насіння накривається вологим ґрунтом із нижніх горизонтів, а вже потім - сухішим ґрунтом із верхніх шарів. Таке конструктивне рішення дозволяє підвищити якість посіву. Досягнення цього ефекту стало можливим завдяки використанню в нижній частині щік сошника спеціальних клиноподібних зрушувачів з криволінійною формою, які нахилені донизу і забезпечують накриття насіння вологим ґрунтом. У свою чергу, верхня задня частина щік має радіальну форму, що дозволяє направляти сухі верхні шари ґрунту до осі борозни.

На рис. 3.4 представлено три проекції удосконаленого варіанту сошника. Принцип функціонування полягає в наступному: наральник 1 формує борозну, після чого встановлені в нижній частині щік 2 клиноподібні зрушувачі 3 переміщують і ущільнюють вологий ґрунт із нижнього горизонту, покриваючи ним насіння. Потім сухі шари ґрунту, що переміщуються по радіальній ділянці 4 задньої частини щік, спрямовуються до середини борозни, закриваючи її зверху.

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

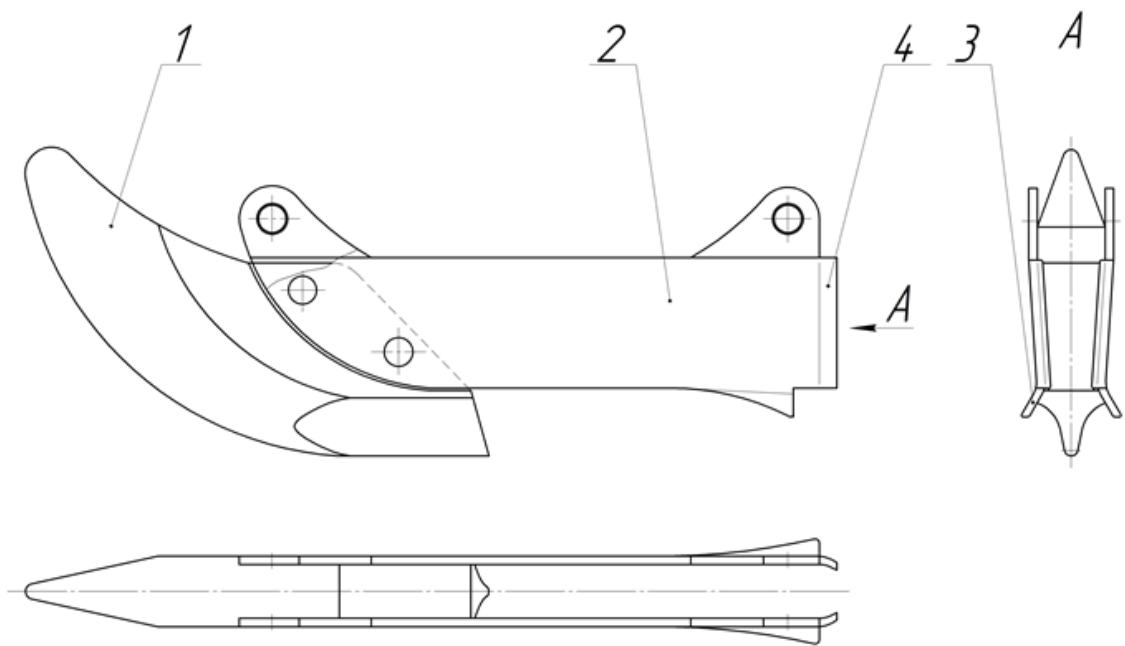


Рис. 3.4 Сошник із комбінованими загортальними елементами:

1 – наральник; 2 – щоки; 3 - нижні зрушувачі; 4 – верхні зрушувачі

Результативність роботи конструкції зумовлюється низкою переваг: сухий ґрунт з поверхні потрапляє у борозну тільки після того, як насіння вже вкрито вологим ґрунтом, що запобігає його пересиханню, насіння рівномірно розподіляється вздовж усього рядка, фіксуючись в точці падіння завдяки накриттю вологим шаром, переміщенням нижніми криволінійними зрушувачами.

Сошник запропонований в [31], має в нижній частині простору між щоками встановлений спеціальний пластинчастий зрушувач. Цей елемент не лише переміщує вологий ґрунт у борозну з одночасним його кришенням, але і забезпечує вирівнювання шару над насінням. Для досягнення такого ефекту зрушувач має форму трикутника, а його робоча поверхня загострена під кутом, який є меншим за кут тертя ґрунту об сталь. Така конфігурація також полегшує сходження рослинних решток із його поверхні. На рис. 3.5 представлено три проєкції конструкції удосконаленого сошника.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

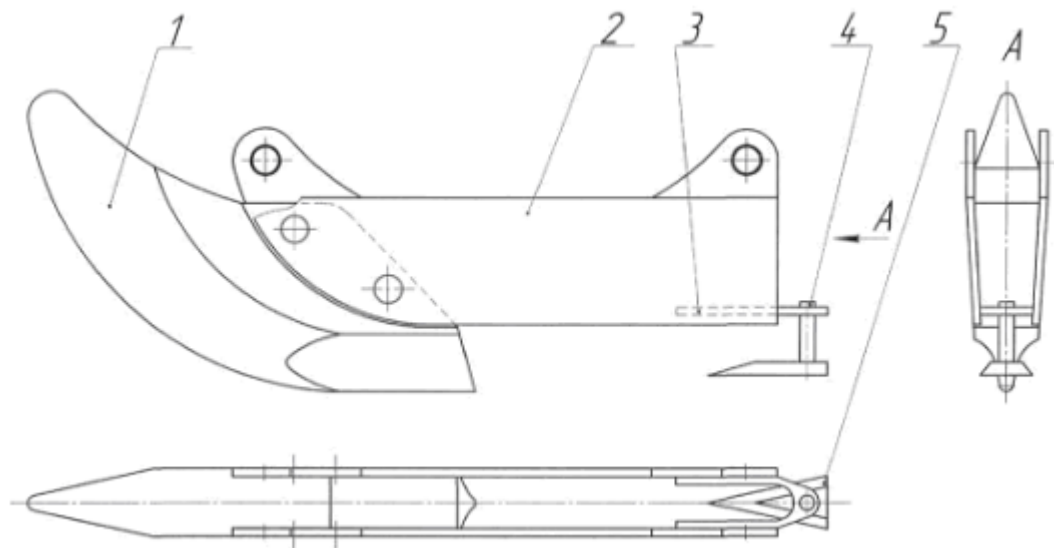


Рис. 3.5 Сошник із пластинчастим зрушувачем:

1 – наральник; 2 – щоки; 3 – кронштейн; 4 – стояк; 5 пластинчастий зрушувач

Під час роботи сошник функціонує наступним чином: наральник 1 прорізає борозну, щоки 2 утримують її відкритою до моменту висіву насіння. Розташований між нижніми краями щік зрушувач 5, який закріплений за допомогою стояка 4, зміщує вологий ґрунт із бокових стінок у борозну, рівномірно розподіляючи його над насінням. Його трикутна форма з гострим кутом сприяє плавному сходженню рослинних решток і запобігає їх накопиченню.

Результативність роботи даної конструкції зумовлена такими чинниками: верхній сухий шар ґрунту надходить до борозни лише після того, як насіння вже накрите вологим ґрунтом із нижнього горизонту; розміщення насіння по довжині рядка відбувається рівномірно, при цьому вологий ґрунт, який зміщується зрушувачем, фіксує його на дні борозни; у вологих або при засміченні форма зрушувача сприяє його самоочищенню, забезпечуючи стабільну і якісну роботу сошника. Але є і недолік такої конструкції – зрушувач розміщений горизонтально і при потраплянні на перешкоди може змінити свої положення що буде погіршувати процес його роботи.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Конструкція сошника [32], оснащена комбінованим зрушувачем, встановленим у нижній частині між щоками. Цей елемент виконує дві функції: переміщує вологий ґрунт у борозну, забезпечуючи його подрібнення, та одночасно ущільнює шар, що вкриває висіане насіння. Зрушувач має дворівневу конструкцію: верхній ярус утворений парою пластин, розміщених під кутом у вертикальній і повздовжній площинах, із загостренням під кутом, меншим від кута тертя ґрунту по металу, що сприяє самоочищенню поверхні від рослинних залишків. Другий ярус представлений горизонтальною пластиною, розташованою між елементами верхнього рівня. На рис. 3.6 показано три проекції вдосконаленої моделі сошника.

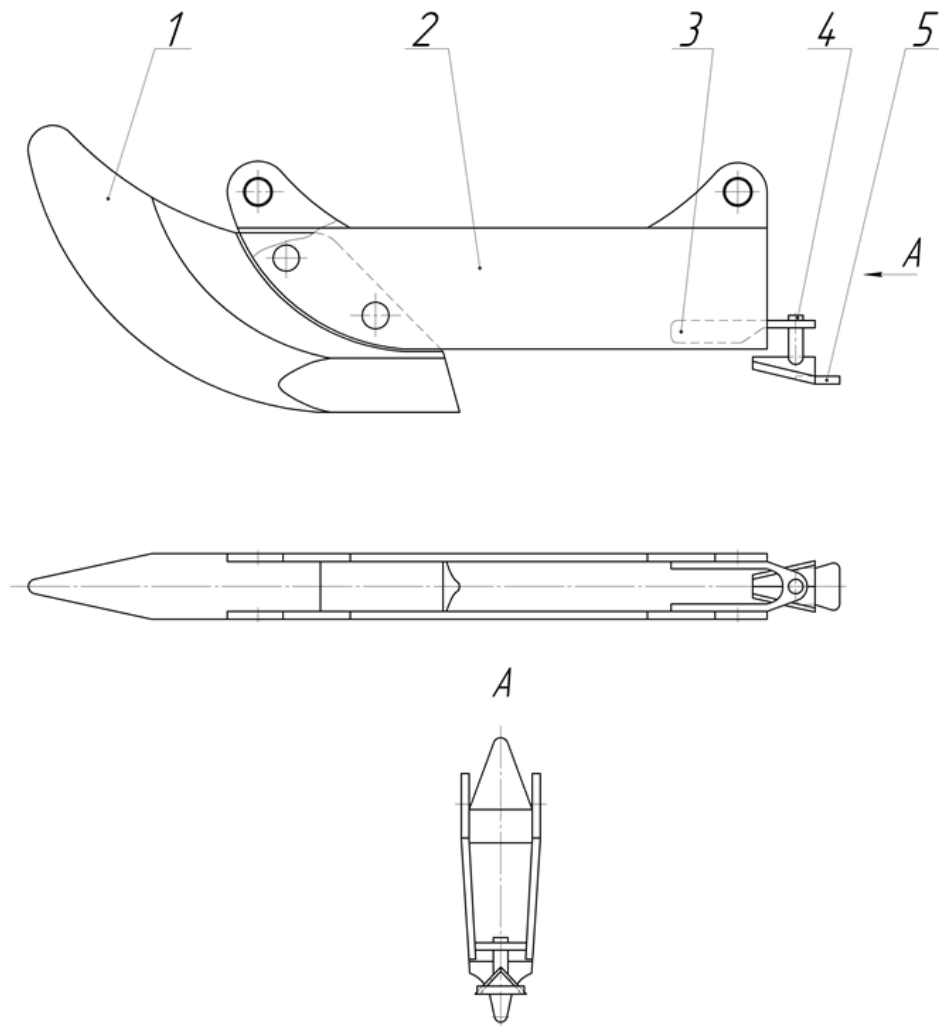


Рис. 3.6 Сошник із комбінованим щрушувачем:

1 – наральник; 2 – щоки; 3 – кронштейн; 4 – стійка; 5 - зрушувач

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

У процесі роботи сошник функціонує наступним чином: наральник 1 прорізає борозну, щоки 2 зберігають її відкритою до моменту висіву насіння. Комбінований зрушувач 5, встановлений у нижній частині щік і закріплений на стійці 4, своїм верхнім рівнем зсуває вологі ґрунтові шари з боків борозни. Пластина нижнього рівня вирівнює ці шари над насінням і одночасно їх ущільнює, що сприяє стабільному розташуванню насіння на однаковій глибині. Завдяки специфіці своєї будови, комбінований зрушувач забезпечує вільне зняття рослинних решток із поверхні.

Функціонування конструкції обумовлюється такими особливостями: до борозни потрапляє сухий верхній шар лише після того, як насіння вже вкрито знизу вологим ґрунтом; насіння рівномірно розподіляється по всій довжині рядка та фіксується на дні борозни вологими ґрунтовими масами, які переміщуються верхнім ярусом зрушувача; горизонтальна пластина другого рівня додатково ущільнює та вирівнює ці шари. Але головним недоліком такої конструкції є не врахування у конструкції зрушувача впливу шарів ґрунту і величини міжщікового простору і на підвищених швидкостях руху можливе його забивання.

Таким чином, провівши огляд сошників які мають додаткові елементи для загортання насіння в борозні було з'ясовано, що на сьогоднішній день ні науковцями, ні промисловістю не запропонований сошник із загортальними елементами який би в повній мірі міг забезпечити вимоги агротехніки до посіву просапних культур.

3.2 Обґрунтування модернізованої конструкції загортальних елементів сошника просапної сівалки

З метою усунення недоліків і покращання роботи загортальних елементів сошника просапної сівалки нами була розроблена удосконалена його конструкція (рис. 3.7).

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

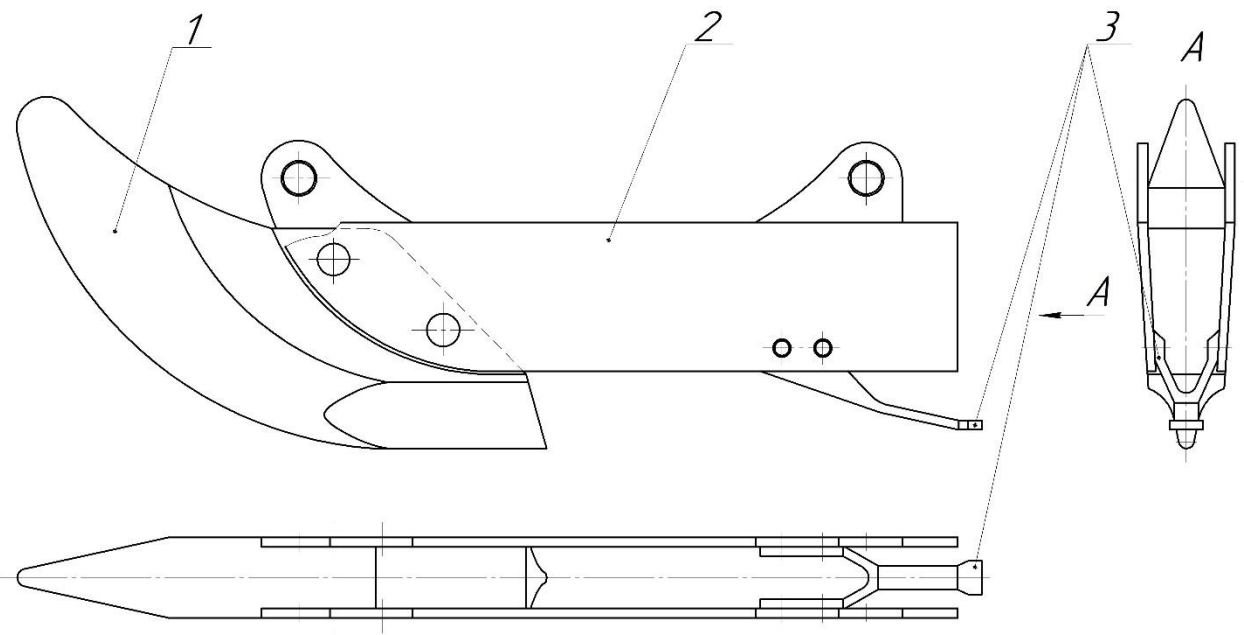


Рис. 3.7 Модернізований сошник сівалки Vesta 12:

1 – наральник; 2 – щоки; 3 - зрушувач

Поставлена задача вирішується тим, що сошник, має комбінований зрушувач і складається із двох робочих частин верхня частина призначена для укладання і вирівнювання насіння в борозні, а в вертикальній площині вона має клинову поверхню яка відповідає профілю борозни і направляє насіння до її центру, нижня частина розміщена горизонтально і трохи більша ширини насінневого ложа та призначена для ущільнення насіння в борозні і зрушення на нього вологих шарів ґрунту нижнього горизонту, причому клинова частина загортаючого елемента відповідає довжині щік сошника, а ущільнююча п'ята знаходиться після їх закінчення, що дає можливість поділяти процеси зрушення нижніх і верхніх шарів ґрунту усуваючи забивання міжщікового простору сошника.

На рис. 3.7 показано три проекції удосконаленого сошника із комбінованим загортальним елементом. Запропонована конструкція складається із наральника 1, щік 2, загортаючого елемента 3.

Запропонований сошник в процесі виконання посіву працює так: під час руху наральник 1 готує на глибині посіву насінневе ложе, а щоки 2 утримують ґрунт з обох боків борозни поки насіння не потрапить в неї. Після потрапляння

						МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			39

насіння в борозну клинова частина загортаючого елемента 3 повторюючи профіль борозни розміщує і втискує насіння в її дно. Розміщена горизонтально ущільнююча п'ята загортаючого елемента 3 зрушує незначну частину вологого шару із стінок борозни на насіння і ущільнює його, створюючи умови для швидкого проростання насіння. В той же час за щоками сошника сходять ґрунт під кутом природного укосу і закриває борозну шарами верхніх горизонтів формуючи над насінням пухкий шар ґрунту для вільного виходу паростків на денну поверхню.

Ефективність роботи сошника полягає в тому, що:

1. За рахунок конструкції загортаючого елемента сошника насіння не тільки розміщується рівномірно як по довжині так і по глибині рядка, а і укривається нижніми вологими шарами ґрунту.

2. За рахунок комбінованій конструкції загортаючого елемента сошника і його розміщенню по відношенню до щік сошника відбувається пошарове загортання насіння і утворення сприятливих умов для його росту.

3.1 Аналіз процесу роботи загортального елемента сошника

Згідно розробленої конструкції загортального елемента сошника просапної сівалки він представляє собою клинову і плоску частину у вигляді п'яти які одночасно і вирівнюють, і загортають насіння в борозні. Дослідимо процес роботи удосконаленого сошника просапної сівалки. Під час посіву насіння яке відокремлюючись від комірки висівного апарату знаходячись в польоті і пролітаючи під дією сили інерції та сили тяжіння в горизонтальній площині на величину шляху l (рис. 3.8). При потраплянні на стінку борозни насіння під дією частини кінетичної енергії і пружності переміщується на відстань l_1 і лежить в борозні [12,25,26], на насіння яке знаходиться в борозні діє клинова частина загортаючого елемента яка вирівнює його в борозні на відстані l_2 , після чого п'ята яка розміщена в горизонтальній площині руйнує стінки борозни і притискує ним насіння вирівнюючи його по глибині

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

загортання l_3 забезпечуючи їх щільний контакт.

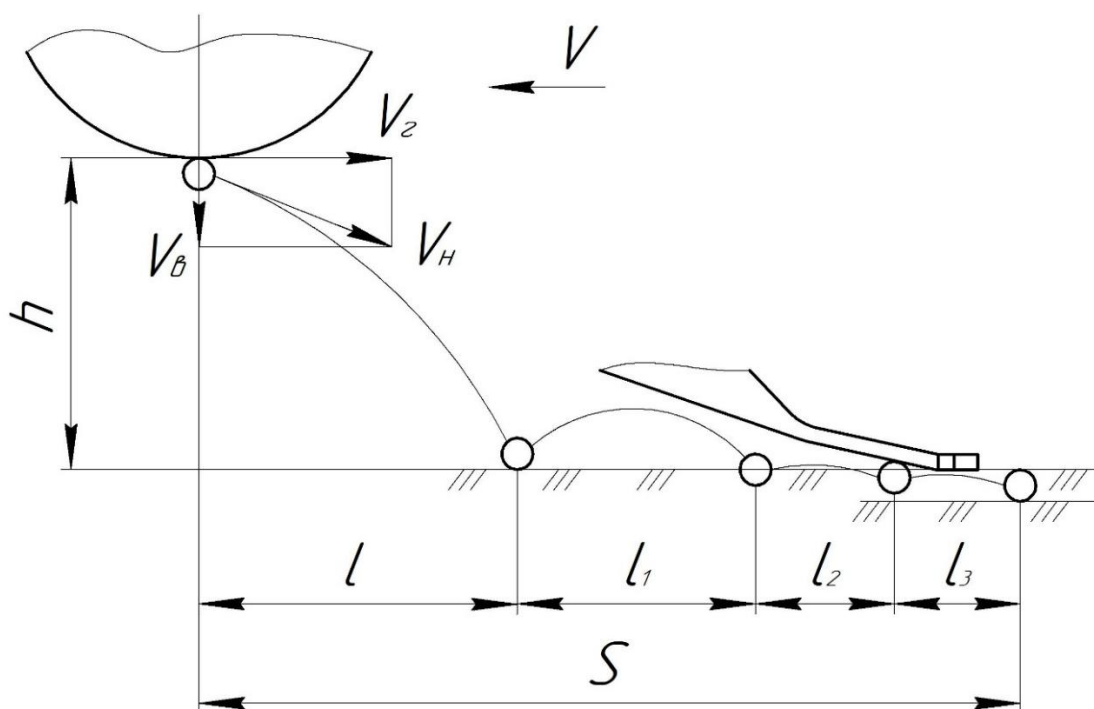


Рис. 3.8 Схема роботи загортального елемента сошника

Оскільки щок сошника закінчуються одразу після закінчення клинної частини загортаючого елемента то як тільки сама п'ята виконає загортання насіння на нього зверху буде сходити ґрунт який буде знаходитись за обрізом щік сошника який і закриє борозну остаточно.

Загальне відхилення від точки скиду насіння із висівного апарата до його повного загортання буде складати:

$$S = l + l_1 + l_2 + l_3, \quad (3.1)$$

де l - відстань від точки скиду до зустрічі насіння з ґрунтом;

l_1 - відстань переміщення насіння в борозні при зустрічі з її стінкою;

l_2 - відстань на яку переміщується насіння в борозні від дії клинної частини загортаючого елемента сошника;

l_3 - відстань після проходу п'яти загортального елемента.

Знайдемо величини які входять в рівняння (3.1) аналітично:

$$l = V \cdot t_n; \quad (3.2)$$

$$t_n = \frac{l}{V_g}; \quad (3.3)$$

$$V_g = \sqrt{2g \cdot h}, \quad (3.4)$$

де V - швидкість руху сівалки;

t_n - час руху насінини;

V_g - вертикальна швидкість падіння насінини;

h - висота падіння;

g - прискорення вільного падіння.

$$l = V \cdot \frac{a}{\sqrt{2g \cdot h}}. \quad (3.5)$$

Знайдемо відстань переміщення насіння в борозні при зустрічі з її стінкою:

$$l_1 = V_n \cdot k \cdot t_n; \quad (3.6)$$

$$V_n = \sqrt{V^2 + 2gh}; \quad (3.7)$$

$$t_n = \frac{l - 0,5d}{V} \cdot \sqrt{V^2 + 2gh}, \quad (3.8)$$

де V_n - швидкість удару насіння об стінку борозни;

k - коефіцієнт відновлення при ударі об поверхню ґрунту;

t_n - час відскоку і перекочування;

d - діаметр насінини.

Для знаходження відстані на яку переміщується насіння в борозні від дії клинової частини загортача сошника складемо розрахункову схему (рис. 3.9).

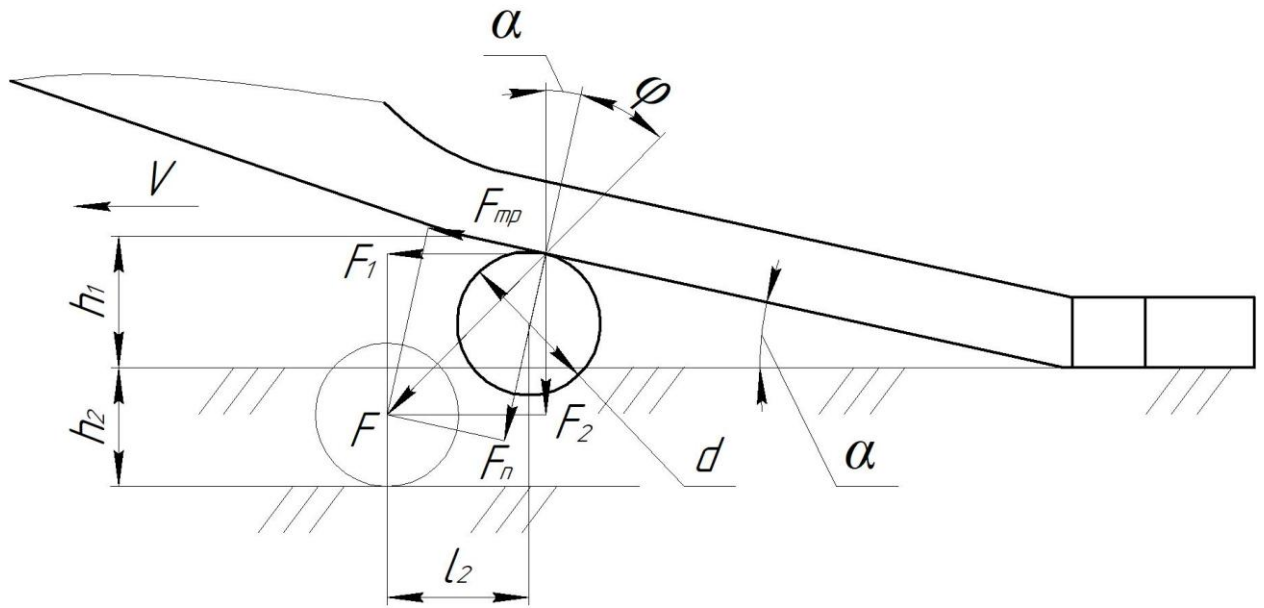


Рис. 3.9 Схема дії клинової частини загортального елемента сошника на насінину

На рис. 3.2 показано:

F - сила з якою загортач діє на насінину;

φ - кут тертя насінини по металевій поверхні;

h_1 - висота клинової частини загортача;

h_2 - висота втискування насінини в дно борозни;

α - кут атаки клинової частини загортача.

Відстань на яку переміщується насіння в борозні від дії клинової частини загортального елемента сошника буде дорівнювати:

$$l_2 = ((h_1 + h_2) - d) \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi). \quad (3.9)$$

П'ята загортача ущільнює ґрунт в зоні розміщення насіння покращуючи його контакт. Переміщення насіння під дією п'яти можливе лише в тому випадку коли сила тертя насіння об поверхню загортача більше чим сила тертя насіння об ґрунт.

Відстань після проходження п'яти загортального елемента:

$$l_3 = \frac{(\varphi_1 - \varphi) \cdot (d - h_2) \cdot a}{d}, \quad (3.10)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

де φ_1 - коефіцієнт тертя насіння об ґрунт;

a - довжина п'яти.

Якщо $h_2 = d$ то $l_3 = 0$.

Виконавши підстановку залежностей (3.5), (3.6), (3.9) і (3.10) в рівняння (3.1) отримаємо відстань переміщення насіння від точки відриву з комірки висівного апарату до його втискування в дно борозни і загортання:

$$S = V \cdot \frac{a}{\sqrt{2g \cdot h}} + V_n \cdot k \cdot t_n + ((h_1 + h_2) - d) \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \frac{(\varphi_1 - \varphi) \cdot (d - h_2) \cdot a}{d} \quad (3.11)$$

Отримана залежність показує зв'язок основних конструктивних параметрів загортального елемента сошника, технологічних властивостей ґрунту і швидкості руху сівалки.

Визначимо силу опору ґрунту втискуванню в нього насінини:

$$R = q \cdot S_n \cdot h_2 \cdot (1 + \varphi_1) = q \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h_2 \cdot (1 + \varphi_1), \quad (3.12)$$

де q - коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту;

S_n - площа перерізу насінини.

3.2 Аналіз процесу загортання борозни після закінчення щік сошника

У процесі роботи сошника посівної секції сівалки ключовим параметром, що впливає на якість загортання насіння, є момент початку зміщення ґрунту щоками сошника. В нашому випадку щоки сошника закінчуються на рівні п'яти загортаючого елемента і ґрунт який буде сходять за ними буде накривати вже загорнуте і розміщене в борозні насіння. Тоді момент зрушення щоками ґрунту буде співпадати з моментом його загортання п'ятою. Спираючись на рекомендації, наведені у джерелах [12,13,25,26], даний процес можна описати за допомогою параметричних рівнянь, що

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

характеризують траєкторію руху насіння і дозволяють встановити місце розміщення п'яти загортального елемента:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = 0, \quad \frac{d^2y}{dt^2} = -g.$$

Після інтегрування два рази, отримаємо:

$$x = V_n t \cos \delta, \quad (3.14)$$

$$y = V_n t \sin \delta + \frac{gt^2}{2}, \quad (3.15)$$

де V_n – швидкість руху насіння після відокремлення від висівного диску;
 δ – кут викиду насіння із комірки висівного диску.

Встановлено [25,26], що проектна початкова швидкість V_n польоту насіння з великою точністю можна прийняти рівній коловій швидкості висівного диска:

$$V_n = V_n i, \quad (3.16)$$

де V_n – поступальна швидкість сівалки;

i – передаточне відношення.

Підставивши значення часу t із залежності (3.14) у вираз (3.15) і із врахуванням формули (3.16), отримаємо залежність для визначення місця розміщення п'яти загортального елемента і початку зрушення ґрунту після щік сошника:

$$L = \frac{V_n^2 i^2 \sin 2\delta}{2g} \left[\sqrt{1 + \frac{2gh}{V_n^2 i^2 \sin^2 \delta}} - 1 \right], \quad (3.17)$$

де h – висота викиду насіння.

Дослідження отриманої залежності свідчить, що зі збільшенням поступальної швидкості руху сівалки зростає і відстань від місця викиду насіння до моменту його контакту з дном борозни. Наприклад, при швидкості $V_n = 3$ км/год зміщення ґрунту має відбутися на відстані 15 мм, тоді як при

$V_n = 12$ км/год ця відстань зростає до 35 мм від проекції точки відриву насіння на горизонтальній площині до місця її контакту з дном борозни. Виходячи з цього, розміщення елементів, що зрушують шари ґрунту, має бути не менш ніж 50 мм, що дозволить насінню одразу вкриватися ґрунтом у момент його контакту з борозною, запобігаючи його неконтрольованому переміщенню. В нашому випадку розміщенням насіння і його загортанням займається загортальний елемент сошника тоді як шоки виконують функцію допоміжного загортання борозни. Для всебічного аналізу процесів, що відбуваються під час функціонування сошника, необхідно дослідити механізм природного осипання ґрунту після його проходу. Важливо врахувати вплив технологічних параметрів посіву, а також конструктивних характеристик бокових стінок сошника на рівномірність укладання насіння.

У процесі руху сошника його бічні стінки підтримують пухкий ґрунт, запобігаючи передчасному осипанню. Однак після проходу сошника ґрунт осипається, вкриваючи висіяне насіння. Характер цього осипання, а також його взаємодія з дном борозни, суттєво впливають на роботу інших робочих органів. Оскільки процес осипання безпосередньо визначається параметрами роботи сошника, він є ключовою ланкою між функціонуванням сошника і його загортальних елементів.

Теоретичний аналіз осипання ґрунту базується на припущенні, що в ньому бере участь певний об'єм пухкої маси, яка поводить себе як сипуче середовище та чинить активний тиск [25,26]. У процесі осипання борозна поступово закривається на певну глибину h_3 , що менша за глибину роботи сошника h_4 (рис. 3.10).

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

У відповідності із законами руху сипкого середовища, в напрямку ходу сошника ґрунт осипається на відстань

$$l_4 = h_3 \operatorname{ctg} \varphi' . \quad (3.20)$$

Рівняння (3.18) і (3.20) показують, що ступінь загортання насіння при природному осипанні ґрунту після щік сошника залежить від глибини їх руху, ширини наральника і стану ґрунту.

Для забезпечення якісного посіву необхідно, щоб процес укладання насіння розпочинався саме на межі осипання ґрунту - у зоні, де рух його часток майже припиняється (рис. 3.11). Оскільки в цій точці насіння вже буде загорнуте загортальним елементом, то достатньо щоб ґрунт який зсунеться за щоками одразу закривав борозну. Таким чином, саме межа осипання визначає оптимальну точку розміщення п'яти загортального елемента, а ґрунт який буде потрапляти на дно борозни буде формувати умови для стрімкого проростання.

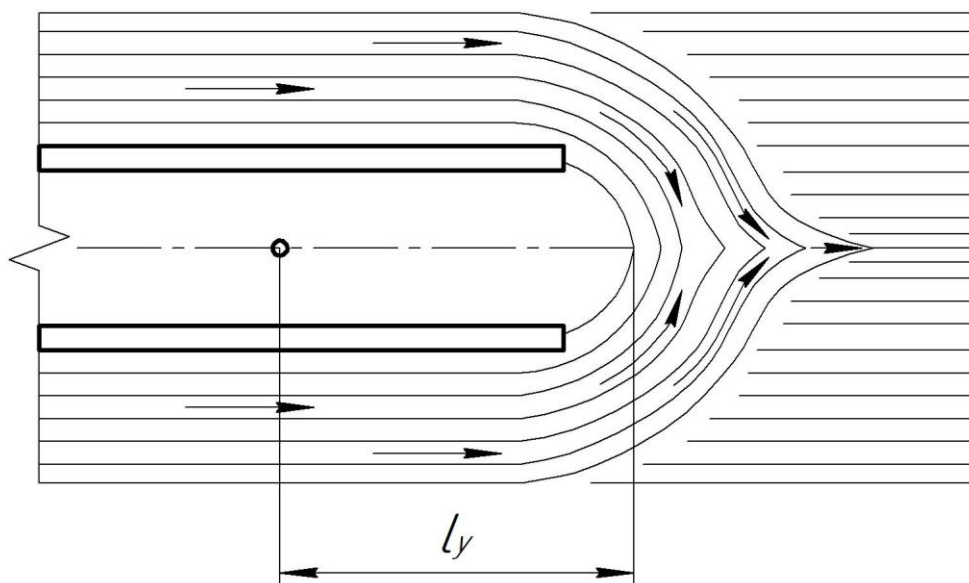


Рис. 3.11 Схема руху шарів ґрунту в горизонтальній площині

Диференціальним рівнянням можна виразити рух об'єму ґрунту, що приймає участь в осипанні, з врахуванням дії сил ваги і тертя [13,33-35]:

$$m \frac{d^2 S_{\kappa}}{dt^2} = mg \sin \delta' - \operatorname{tg} \varphi' mg \cos \delta' , \quad (3.21)$$

де m – маса ґрунту, що осипається за одиницю часу;

S_k – шлях ковзання ґрунту.

Інтегруючи двічі рівняння (3.21) при початкових умовах:

$$V_n = 0; \quad S_k = 0; \quad t = 0.$$

При шляху ковзання $\frac{1}{2}h_3$ одержимо:

$$t = \sqrt{\frac{h_3 \cos \varphi'}{g \sin(\delta' - \varphi')}}. \quad (3.22)$$

Отже, у встановлених умовах посіву час осипання та стабілізації ґрунту можна вважати незмінним. Однак швидкість руху сошника є змінною величиною, що впливає на межі, форму та характер осипання ґрунту.

При поступовому зменшенні швидкості посіву до нуля відстань між краєм сошника і точкою загортання насіння можна прийняти рівною:

$$l_5 = l_1 + l_2 + l_3,$$

$$l_y = l_1 + l_2 + l_3 = h_3 \operatorname{ctg} \varphi'.$$

Якщо швидкість руху сошника відмінна від нуля, а пройдений ним шлях за час осипання ґрунту є меншим за величину l_5 , тобто:

$$l_5 - Vt > 0,$$

то межа осипання ґрунту знаходитиметься всередині міжщікового простору сошника. У випадку, коли ця різниця має від'ємне значення, межа осипання виходитиме за межі сошника. Таким чином, у загальному випадку відстань між краєм сошника та точкою загортання насіння можна визначити за такою залежністю:

$$l_y = l_5 - Vt. \quad (3.23)$$

Для того щоб точка подачі насіння висівним апаратом збігалася з точкою його висіву, необхідно передбачити можливість горизонтального регулювання положення сошника в межах величини, що дорівнює сумі абсолютних значень розташування точки подачі насіння і безпосередньо визначає довжину бічних стінок сошника. Ця довжина визначається за такою залежністю:

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

$$L' = l_y + \sqrt{H_n(2H_p^{\max} - H_n)}, \quad (3.24)$$

де H_p^{\max} – максимальна відстань падіння насіння;

H_n – висота сошника.

Таким чином теоретично обґрунтовано не тільки технологічний процес роботи удосконаленого сошника просапної сівалки, а і визначено місце встановлення додаткового загортального елемента сошника для покращення технологічного процесу посіву насіння просапних культур.

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

4. Охорона праці

4.1 Вимоги з охорони праці під час виконання посіву просапними сівалками

Загальні вимоги безпеки [36-42]:

до роботи з просапними сівалками допускаються лише працівники, які пройшли медичний огляд, навчання з охорони праці, інструктаж з техніки безпеки та мають відповідне посвідчення на право керування сільськогосподарською технікою;

працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту згідно з чинними нормативами (спецодяг, рукавиці, захисне взуття, окуляри за потреби);

заборонено працювати з несправним обладнанням, а також за умов недостатнього освітлення, поганої видимості, сильного вітру, дощу чи інших несприятливих погодних умов.

Перед початком робіт [36-42]:

необхідно провести ретельний технічний огляд трактора і сівалки, перевірити справність усіх механізмів, з'єднань, гідросистем, освітлювальних приладів і сигнальних систем;

перевірити, щоб усі захисні кожухи, екрани, щитки були встановлені на своїх місцях;

переконатися у відсутності сторонніх осіб, зокрема дітей, у зоні проведення робіт;

заправку паливом, технічне обслуговування та змазування вузлів слід виконувати тільки при зупиненому двигуні.

Під час виконання посіву [36-42]:

забороняється регулювати або очищати робочі органи сівалки під час її руху чи при ввімкненому двигуні трактора;

водій повинен тримати відстань від інших машин не менше 15 м при виконанні одночасної роботи кількома агрегатами;

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

повороти та розвороти слід виконувати плавно, на мінімальній швидкості, з обов'язковим підняттям сівалки.

при виявленні несправностей агрегат негайно зупинити та усунути їх тільки після повного знеструмлення двигуна та фіксації агрегату на стоянці;

заборонено знаходитися в радіусі дії рухомих елементів агрегату під час його роботи.

Після завершення робіт [36-42]:

необхідно очистити сівалку від залишків насіння, ґрунту та рослинних решток, змастити відповідні вузли;

огляд і обслуговування машин проводити лише після зупинки двигуна і повної зупинки рухомих частин;

здійснити безпечне транспортування агрегату на місце стоянки з дотриманням правил дорожнього руху;

Додаткові вимоги [36-42]:

категорично забороняється вживання алкогольних напоїв та виконання робіт у стані сп'яніння;

під час тривалих робіт необхідно дотримуватись режиму праці і відпочинку;

у разі виникнення нещасного випадку слід негайно повідомити керівника робіт і надати першу медичну допомогу потерпілому;

Дотримання цих вимог є обов'язковим і спрямоване на запобігання травмам, збереження життя і здоров'я працівників під час посіву агрегатами із просапними сівалками.

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

5. Економічна частина

5.1 Отримання можливого економічного ефекту від впровадження у виробництво загортаючих елементів сошника просапної сівалки

Для споживача (сільськогосподарського підприємства) [43]:

завдяки ефективному загортанню насіння в зволожені горизонти ґрунту забезпечується більш дружна схожість рослин і рівномірність сходів, що безпосередньо впливає на збільшення валового збору культури;

поліпшене загортання знижує ризик залишення насіння на поверхні або його потрапляння у пересушений шар, що дозволяє раціонально використовувати посівний матеріал та зменшує потребу в пересіві;

рівномірні сходи дають змогу зменшити витрати на механічну та хімічну обробку посівів (менше витрат на гербіциди, регулятори росту тощо);

інтеграція загортальних елементів дає змогу виконувати операцію загортання ефективніше, зменшуючи кількість проходів для післяпосівної техніки та витрат пального.;

забезпечення контакту насіння з вологими шарами ґрунту покращує проростання навіть за несприятливих погодних умов, що зменшує ризики недобору врожаю.

Для виробника (підприємства-виробника техніки) [43]:

впровадження нових конструкцій дозволяє запропонувати споживачу сучасні рішення, що відповідають актуальним викликам в аграрному виробництві;

інноваційна конструкція сошника з додатковими загортальними елементами забезпечує явні переваги, що стимулює попит на техніку та модернізацію вже наявних агрегатів;

унікальне конструктивне рішення може бути запатентоване, що забезпечить ексклюзивність продукції на ринку та дасть змогу заробляти на ліцензуванні;

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

зростання вартості готового виробу при мінімальному подорожчанні виробництва - додаткові елементи можуть виготовлятися з недорогих матеріалів і не потребують значного перепроектування базової конструкції, а додана вартість компенсується завдяки функціональним перевагам;

випуск техніки з підвищеними агротехнічними показниками дозволяє позиціонувати компанію як лідера в галузі точного землеробства та технологічного прогресу;

Таким чином, впровадження загортальних елементів у конструкцію сошника створює подвійний економічний ефект – забезпечуючи підвищення ефективності сівби для аграріїв і водночас відкриваючи нові ринкові можливості для виробників техніки.

					МЗС 00.000 ПЗ	<small>Арк.</small>
<small>Змн.</small>	<small>Арк.</small>	<small>№ докум.</small>	<small>Підпис</small>	<small>Дата</small>		54

Висновки

1. Удосконалення конструкції сошника може значно впливати на підвищення якості загортання насіння просапних культур, що в свою чергу сприяє підвищенню врожайності за рахунок утворення кращих умов для проростання насіння, тому використання додаткових загортальних елементів сошників та розробка технології їх використання є актуальне завдання.

2. Під час аналізу існуючих конструкцій сошників які мають додаткові загортальні елементи було визначено, що перспективним напрямом є їх розміщення в задній частині щік сошника, а їх технологічний процес роботи повинен забезпечувати розділення потрапляючого на насіння вологого і менш вологого шарів ґрунту.

3. В процесі модернізації була запропонована нова конструкція сошника який має комбінований зрушувач і складається із двох робочих частин верхня частина призначена для укладання і вирівнювання насіння в борозні, а в вертикальній площині вона має клинову поверхню яка відповідає профілю борозни і направляє насіння до її центру, нижня частина розміщена горизонтально і трохи більша ширини насінневого ложа та призначена для ущільнення насіння в борозні і зрушення на нього вологих шарів ґрунту нижнього горизонту, причому клинова частина загортаючого елемента відповідає довжині щік сошника, а ущільнююча п'ята знаходиться після їх закінчення, що дає можливість поділяти процеси зрушення нижніх і верхніх шарів ґрунту усуваючи забивання міжщікового простору сошника.

4. На основі математичної моделі розглянуто закономірності впливу конструктивних параметрів загортаючих елементів сошника на характер виконання процесу загортання насіння просапних культур.

5. Запропоновані заходи з охорони праці при роботі на посівних агрегатах для висіву просапних культур.

6. Запропонована конструкція сошника сівалки Vesta 12, дає можливість суттєво покращити процес загортання насіння в борозні та значно покращити умови росту насіння просапних культур.

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Product Catalog. Technology in harmony with the nature. Elvorti - Chervona zirka. Ukraine, 2016. 20p.
https://www.elvorti.com/content/pdf/2016/KATALOG_2016_EN_SITE.pdf
2. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: НВФ «Українські технології», 2006. 730 с.
3. О. Мельник. Насіння від SESVanderHave – запорука Вашого успішного буряківництва. Бібліотека Сесвандерхаве. 2016, 24 с. https://sv-ukraine.com.ua/images/Technology_nasinya.pdf
4. Волоха М.П. Технологічний комплекс машин для виробництва буряків цукрових: ширина міжрядь. Теорія, моделювання, результати випробувань. [Монографія] – Київ: Центр учбової літератури, 2015. – С. 32-57.
<http://er.nau.edu.ua/handle/NAU/17399>
5. Brunotte, J. Architektur moderne Pflanzen / J. Brunotte, K. Sommer, B. Gattermann // AMAZONEN-WERKE H. Dreyer GmbH & Co. KG. Hasbergen, 2005 – 92 s.
http://seyalka.com/catalog/arhitektura_sovremennogo_rastenievodstva.html
6. European Commission, Directorate General IA, Tacis. Sugar beet cultivation: technical conclusions based on experience gained in the Krasnodar region. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities 1995. - 60p.
7. Гончарук Г.С. Якісна сівба цукрових буряків запорука високого врожаю // Цукрові буряки. – 2001. – №2. – С. 8 – 9.
8. Коломієць О.П., Гончарук Г.С., Ломако Т.Н. Передумови якісної сівби // Цукрові буряки. – 1999. – № 2. – С. 17.
9. П'ятківський М.К. Сівбі цукрових буряків високу агротехніку // Цукрові буряки – 2001. – № 2. – С. 7.
10. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології. Львів: НВФ «Українські технології», 2006. 729 с.

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

11. Шустік Л., Степченко С., Нілова Н., Сидоренко С. Порівняльний аналіз прикочувальних котків різних конструкцій виробництва тов «Ропа-Україна» та експертне оцінювання їхньої дії на ґрунт. Сільськогосподарська техніка та обладнання: прогнозування, конструювання, випробування. Вип. 25(39). 2019. – С. 89-95. URL: [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-2-25\(39\)-9](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-2-25(39)-9)

12. Артеменко Д.Ю. Дослідження і розробка удосконаленої конструкції сошника просапної сівалки / Д.Ю. Артеменко, О.С. Магопець, П.М. Соломашенко // 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>

13. Дмитро Артеменко. Дослідження конструкційних параметрів елементів сошника для посіву просапних культур. Науково-технічні дослідження у галузі механічної інженерії та транспорту: колективна монографія / заг. ред. А.А. Кашканова. – Академія технічних наук України. – Івано-Франківськ: Видавець Кушнір Г.М. – 2023. – С. 72-110. https://ukrtsa.org.ua/wp-content/uploads/2023/05/mech_transport.pdf

14. Operating manual. AMAZONE. Precision airplanter. AMAZONENWERKE H. DREYER GmbH & Co. KG. Germany, 2017. 224p. <http://et.amazone.de/files/pdf/mg5226.pdf>

15. MONOSEM. The precision Planter specialist. MECA V4. Ribouleau MONOSEM – FRANCE, 2018. 24p. <https://www.monosem.com/Range/Planter-range/MECA-V4>

16. KUHN. PLANTER 3. Precision seed drills. Kuhn farm machinery (UK), 2015. 24p. <http://www.kuhn.co.uk/uk/range/seeding/pneumatic-precision-seed-drills/planter-3-m-single-bar.html>

17. 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>

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

18. KVERNELAND. Monopill - Mechanische Einzelkornsämaschine. Präzise Vereinzelnung - nicht nur bei Rüben. Kverneland Group Deutschland GmbH, 2017. 16p.

<https://www.kverneland.de/Saetechnik/Einzelkornsämaschinen/Kverneland-Monopill-Monopill-e-drive-II>

19. Загортаючі 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>

20. Артеменко Д.Ю. Підвищення ефективності роботи сошника і прикочуючого котка посівної секції просапної сівалки: дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Артеменко Дмитро Юрійович. – Кіровоград, 2007. – 223 с.

21. Артеменко Д.Ю., Онопа В.А., Скриннік С.С. Обґрунтування конструкції комбінованого прикочуючого котка просапної сівалки. Scientific Journal «ScienceRise» №11 (28) 2016. – С. 25-29.

<http://journals.uran.ua/sciencerrise/article/view/80814>

22. Каленська С.М., Єрмакова Л. М., Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Поліщук М. І. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві: Підручник. Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2015. 448 с.

23. Бойко А.І. Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин / А.І. Бойко, М.О. Свірень, С.І. Шмат, М.М. Ножнов. – К., 2003. – 203 с.

24. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії і розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – С. 141 – 142.

<https://studfiles.net/preview/5063474/page:25/>

25. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 1, частина 2. Машини для сівби та садіння. – Харків: Око, 2002. – 452 с.

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

26. Сисолін П.В. та інш. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування, Кн. 1: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний – К.: Урожай, 2001. – 384 с.

27. А.с. 405487, М. Кл. А 01с 7/20. Полозовидний сошник / Л.Ю. Пронько. – № 1494662/30-15; Заявл. 30.11.70; Опубл., 05.11.73, Бюл. №45. – 2с.

28. А.с. 562236, М. Кл.2 А 01С 7/20. Сошник / В.С. Басін, В.А. Шабранський, В.А. Краєвий та інш. – № 2197153/15; Заявл. 08.12.75; Опубл. 25.06.77, Бюл. №. 23. – 3 с.

29. Патент України № 64485. Артеменко Д.Ю., Магопець О.С., Ауліна Т.М., Сошник. МПК А01С 7/20 (2006.01). № у 201104375/UA; Заявл. 11.04.2011; Опубл. 10.11.2011, Бюл. № 21.
<https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/678401/>

30. Патент України № 76410. Артеменко Д.Ю., Магопець О.С., Ауліна Т.М., Сошник. МПК А01С 7/20 (2006.01). № у 2012 04661/UA; Заявл. 13.04.2012; Опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1.
<https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1190100/>

31. Патент України № 98474. Артеменко Д.Ю., Магопець О.С., Ауліна Т.М., Соколов О.М. Сошник. МПК А01С 7/20 (2006.01). № у 201412849/UA; Заявл. 01.12.2014; Опубл. 27.04.2015, Бюл. № 8.
<https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/629655/>

32. Патент України № 106033. Артеменко Д.Ю., Магопець О.С., Ауліна Т.М., Богачук В.В. Сошник. МПК А01С 7/20 (2006.01). № у 201510774/UA; Заявл. 05.11.2015; Опубл. 11.04.2016, Бюл.№ 7.
<https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/840082/>

33. Синєоков Г.М., Панов І.М. Теорія і розрахунок ґрунтообробних машин. – М.: Машинобудування, 1977. – 330с.

34. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2 вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

35. Бакум М.В. Сільськогосподарські машини / М.В. Бакум, І.С. Бобрусь, А.О. Михайлов та ін. Харківський національний технічний ун-т сільського господарства ім. Петра Василенка. – Х.: ХНТУСГ, 2005. Ч. 3: Посівні машини. – 2005. – 332с.

36. Гандзюк М.П. Основи охорони праці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / М.П. Гандзюк, Є.П. Желібо, М.О. Халімовський. За редакцією М.П. Гандзюка. – К.: Каравела, 2003. – 408с.

37. ДСТУ 7239:2011. Засоби індивідуального захисту.
http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2011/09/dstu_7239_2011.pdf

38. ДСТУ 2867-94. Державний стандарт України. Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження.
https://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY3/dsty_2867-94.pdf

39. СП 4282-87. Санітарні правила по устрою тракторів та сільськогосподарських машин.
https://dnaop.com/html/57502/doc-%D0%A1%D0%9F_4282-87

40. ДСТУ 2189-93. Система стандартів безпеки праці. Машини сільськогосподарські навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки. Київ, 1994. – 25 с.

41. ГОСТ 25942-90. Трактори і сільськогосподарські машини. Пристрої швидковідєднуючі. Вимоги до конструкції.
http://www.leonorm.lviv.ua/p/DG/CND2015_2.HTM

42. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник / В.Ц. Жидецький – Львів: Афіша, 2002.– 320 с.

43. Єрмаков О.Ю. Організація сільськогосподарського виробництва. Навч. метод. посібник– 2 –ге вид., доп. і перер. - К.: НАУ, 2007. – 266 с.

					МЗС 00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

