

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри механіки

професор, д.т.н. /В. М. БУЛГАКОВ/
вчене звання і ступінь підпис
3 червня 2025р.
число місяць рік

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ БАКАЛАВРА

на тему: «УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ПОСІВНОЇ СЕКЦІЇ
ПНЕВМАТИЧНОЇ СІВАЛКИ ДЛЯ ТОВ АПК «МАГНАТ»
ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ»

Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування

Гарант освітньої програми: д.т.н., професор /В. М. Булгаков /
науковий ступінь та вчене звання підпис

Керівник дипломного проекту бакалавра: к.пед.н., доцент /М. М. Бондар/
науковий ступінь та вчене звання підпис

Виконав: _____ /Р. В. Шевлюга /
підпис

Київ – 2025

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Завідувач кафедри механіки

професор, д.т.н. /В. М. БУЛГАКОВ/
вчене звання і ступінь підпис
19 грудня 2024
число місяць рік

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломного проекту бакалавра студенту

Шевлюги Романа Вячеславовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування

Тема дипломного проекту бакалавра: «Удосконалення конструкції посівної секції пневматичної сівалки для ТОВ АПК «Магнат» Чернігівської області»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «16» грудня 2024 року № 2265 «С»

Термін подання завершеного проекту на кафедру: 2025 05 26
рік місяць число

Вихідні дані до дипломного проекту бакалавра: характеристика природно-виробничих умов ТОВ АПК «Магнат» Чернігівської області; агротехнічні та техніко-експлуатаційні вимоги до процесу сівби насіння культурних рослин пневматичною зерною сівалкою точного висіву; аналіз ефективності роботи пневматичних сівалок точного висіву; конструктивно-технологічні параметри елементів системи подачі насіння пневматичної зернової сівалки точного висіву у відповідності із технологічними вимогами.

Перелік питань, які потрібно розробити: виконати пошук раціональної конструктивно-технологічної схеми удосконаленої висівної секції пневматичної сівалки; виконати розрахунок продуктивності удосконаленої пневматичної зернової сівалки; виконати конструктивну розробку удосконалення; визначити економічну ефективність запропонованих рішень; розробити заходи з охорони праці.

Перелік графічних документів: Підготувати презентацію (від 10 до 20 слайдів) як додаток до доповіді

Дата видачі завдання “ 20 ” грудня 2024 р.

Керівник дипломного проекту бакалавра _____ Бондар М. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Шевлюга Р. В.
(підпис) (прізвище та ініціали студента)

ЗМІСТ

	стор.
РЕФЕРАТ.....	5
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1	
СТАН ПИТАННЯ.....	9
1.1. Загальні відомості про господарство характеристика виробничої діяльності ТОВ АПК «Магнат»	9
1.2. Стримуючі проблеми ТОВ АПК «Магнат» у впровадженні ефективних технологій рослинництва та шляхи їх подолання ...	11
1.3. Аналіз конструкцій сівалок точного висіву	12
1.4. Аналіз конструкцій системи висіву пневматичних зернових сівалок точного висіву	20
1.5. Огляд досліджень пневматичних систем зернових сівалок точного висіву	29
РОЗДІЛ 2	
РОЗРОБКА УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПОСІВНОЇ СЕКЦІЇ ПНЕВМАТИЧНОЇ СІВАЛКИ.....	34
2.1. Пневматична зернова сівалка точного висіву John Deere 1890 для нульової технології	34
2.2. Обґрунтування удосконалення конструкції посівної секції пневматичної сівалки	37
2.3. Обґрунтування експлуатаційних параметрів заспокоювача насіння з еластичних матеріалів	47
2.4. Розрахунок на міцність удосконалених деталей	51

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп	Дат.	ЗМІСТ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив	Шевлюга Р. В.			23.05.25		У	3	2
Керівник	Бондар М. М.			23.05.25				
Перевіри								
Н. контр.	Пилипенко А. П.							
Консульт.								
						НУБіП України ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ ГМАШ-2101 англ. (МОБ)		

2.5. Спосіб виготовлення зразків заспокоювача насіння за технологією 3D друку.....	57
---	----

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ	61
---------------------	----

3.1. Загальні відомості щодо дотримання вимог безпеки праці у виробничій діяльності ТОВ АПК «Магнат».....	61
--	----

3.2. Дотримання вимог безпеки праці під час проведення посівної компанії в умовах ТОВ АПК «Магнат».....	63
--	----

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗРОБКИ.....	66
---------------------------------------	----

ВИСНОВКИ	71
----------------	----

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	72
---------------------------------	----

ДОДАТКИ	76
---------------	----

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		4

РЕФЕРАТ

У дипломному проекті бакалавра, з метою підвищення ефективності процесу сівби в умовах господарства ТОВ АПК «Магнат» Чернігівської області, здійснено удосконалення конструкцій елементів системи подачі насіння пневматичної зернової сівалки точного висіву.

Узагальнено природно-виробничі умови застосування технологій ресурсозберігаючого землеробства та можливості наявного парку сільськогосподарської техніки господарства ТОВ АПК «Магнат» Чернігівської області. Визначено вплив сівби на ефективність технології No-till, проведений аналіз конструкцій зернових сівалок точного висіву, технології No-till, виконано огляд досліджень пневматичних систем зернових сівалок точного висіву. Здійснено удосконалення існуючих конструкцій елементів посівної секції пневматичної сівалки John Deere 90 Series. Виконані розрахунки міцність удосконалених деталей та запропоновано технологію виготовлення заспокоювача насіння секції пневматичної сівалки John Deere 90 Series. Розроблені заходи з охорони праці. Здійснено обґрунтування економічної ефективності пропонованих конструктивних рішень. Сформульовані висновки дипломного проекту бакалавра.

Ключові слова: Чернігівська область, ТОВ АПК «Магнат», ґрунт, посів, властивості, удосконалення, сівалка, висівний апарат, сошник, заспокоювач, сповільнювач, висівний башмак, точність висіву, норма висіву, урожайність, якість, ефективність.

Дипломний проект бакалавра включає в себе пояснювальну записку, що складається із основної частини — вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків та графічної частини з кресленнями основних розробок. Пояснювальна записка містить 76 аркушів друкованого тексту. Графічна частина представлена на листах формату А1. Презентація доповіді 20 слайдів.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи	Дат.				
Розробив	Шевлюга Р. В.				РЕФЕРАТ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник	Бондар М. М.					У	5	1
Перевіри						НУБіП України ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ ГМАШ-2101 англ. (МОБ)		
Н. контр.	Пилипенко А. П.							
Консульт.								

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- ТОВ – товариство з обмеженою відповідальністю;
 АПК – агропромислова компанія;
 НМ – насіннєвий матеріал;
 ПМ – посівні машини;
 ПС – посівна секція;
 ВА – висівний апарат;
 ВБ – висівний башмак;
 ЗН – заспокоювач насіння;
 ПК – посівний комплекс;
 ЕМ – еластичний матеріал.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи	Дат.	ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив	Шевлюга Р. В.					У	6	1
Керівник	Бондар М. М.					НУБіП України ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ ГМАШ-2101 англ. (МОБ)		
Перевіри								
Н. контр.	Пилипенко А. П.							
Консулт.								

ВСТУП

Актуальність теми. Сільське господарство України є стратегічно важливою галуззю економіки, що забезпечує продовольчу безпеку нашої держави. Розвиток сільського господарства, зокрема рослинництва, постійно потребує нових техніко-технологічних рішень, спрямованих на підвищення якості та ресурсоощадливості технологічних процесів. Одним із вирішальних чинників підвищення ефективності агровиробництва є впровадження сучасних технологій та обладнання, що забезпечують точність і якість виконання агротехнічних операцій.

В зв'язку з чим в останні роки широкого використання в Україні та світі набувають такі технології вирощування сільськогосподарських культур як mini-till, strip-till та no-till. Крім зменшення витрат ресурсів, через скорочення кількості операцій, ці технології також сприяють збереженості ґрунтів, зменшенню їх ерозії та втраті родючості. У цьому контексті сівалки точного висіву відіграють надзвичайно важливу роль, оскільки від їхньої роботи залежить рівномірність розподілу насіння, ефективність використання посівного матеріалу, а також потенційна врожайність культур. Однією з основних проблем сучасних пневматичних посівних машин є висока нерівномірність розподілу насіння між сошниками, що знижує точність висіву та призводить до нераціонального використання насіння, втрат врожайності та підвищення засміченості полів. Такі елементи, як сповільнювач насіння, башмак та заспокоювач, відіграють ключову роль у точному закладанні насіння в борозну, що особливо актуально для технології no-till через високу кількість пожнивних залишків на поверхні ґрунту. Тому вдосконалення елементів пневматичної системи сівалок точного висіву та обґрунтування їх параметрів є актуальним та має велике значення для аграрного сектору.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат.				
Розробив	Шевлюга Р. В.				ВСТУП	Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник	Бондар М. М.					у	7	3
Перевіри						НУБІП України ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ ГМАШ-2101 англ. (МОБ)		
Н. контр.	Пилипенко А. П.							
Консульт.								

Мета дипломного проекту бакалавра. Зважаючи на зазначене, метою дипломного проекту бакалавра є підвищення ефективності процесу сівби насіння культурних рослин в умовах господарства ТОВ АПК «Магнат» Чернігівської області шляхом удосконалення конструкцій елементів системи подачі насіння пневматичної зернової сівалки точного висіву.

Для досягнення поставленої мети виділені **завдання дипломного проекту бакалавра:**

узагальнити природно-виробничі умови застосування технологій ресурсозберігаючого землеробства та можливості наявного парку сільськогосподарської техніки господарства ТОВ АПК «Магнат» Чернігівської області;

визначити вплив сівби на ефективність технології No-till, провести аналіз конструкцій зернових сівалок точного висіву, технології No-till, здійснити огляд досліджень пневматичних систем зернових сівалок точного висіву;

здійснити удосконалення існуючих конструкцій елементів посівної секції пневматичної сівалки John Deere 90 Series;

здійснити розрахунки міцність удосконалених деталей та запропонувати технологію виготовлення заспокоювача насіння секції пневматичної сівалки John Deere 90 Series;

розробити заходи з охорони праці;

обґрунтувати економічну ефективність пропонованих конструктивних рішень;

сформулювати висновки дипломного проекту бакалавра.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ

1.1. Загальні відомості про господарство характеристика виробничої діяльності ТОВ АПК «Магнат»

Товариство з обмеженою відповідальністю (ТОВ) агропромислова компанія (АПК) «Магнат» було організоване в 2006 році на базі КСП «Талалаївське», що розташоване на південь від м. Ніжина Чернігівської області (рис.1.1).

Юридична адреса ТОВ АПК «Магнат»: 16651, Україна, Ніжинський р-н, Чернігівська обл., село Талалаївка, вулиця Прилуцька, будинок, 125.

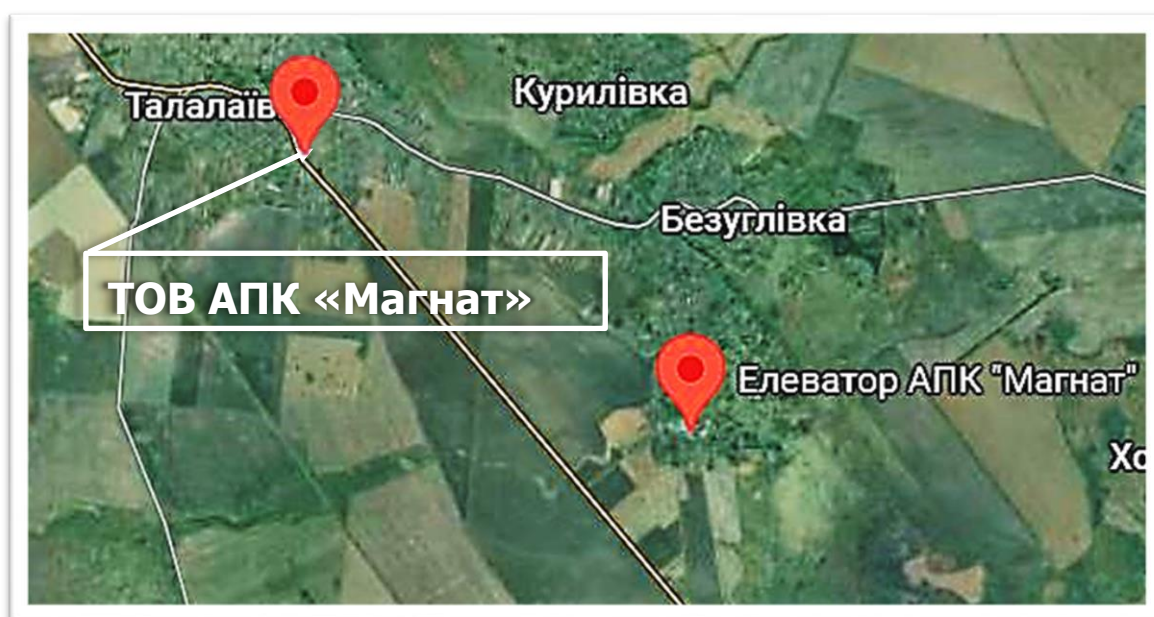


Рис. 1.1. Схема територіального розташування ТОВ АПК «Магнат».

Віддаленість господарства від міста Чернігова – 95 км., а від найближчої залізничної станції Ніжин – 7 км.

Товариство з обмеженою відповідальністю агропромислова компанія «МАГНАТ» є юридичною особою, має самостійний баланс, розрахунковий та інші рахунки в установах банків, печатку зі своїм найменуванням, штамп, бланки,

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат.				
Розробив	Шевлюга Р. В.				РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник	Бондар М. М.					у	9	27
Перевіри						НУБІП України ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ		
Н. контр.	Пилипенко А. П.					ГМАШ-2101 англ. (МОБ)		
Консульт.								

а також інші реквізити. Для здійснення окремих видів діяльності ТОВ АПК «Магнат» отримує у встановленому чинним законодавством України порядку спеціальні дозволи (ліцензії, сертифікати).

В господарстві розміщено більшість необхідних виробничих приміщень. ТОВ АПК «Магнат» має у своєму розпорядженні сучасний машинно-тракторний парк та базу для ремонту і зберігання техніки. Складний ремонт виконується у виробничих майстернях господарства або на ремонтних підприємствах офіційних дилерів.

Господарство займається вирощуванням зернових культур (крім рису), бобових культур і насіння олійних культур.

Інші види діяльності — вирощування інших однорічних і дворічних культур, розведення великої рогатої худоби молочних порід, розведення коней та інших тварин родини конячих, розведення овець і кіз, змішане сільське господарство, допоміжна діяльність у рослинництві, лісопильне та стругальне виробництво, оптова торгівля зерном, необробленим тютюном, насінням і кормами для тварин, вантажний автомобільний транспорт, діяльність інших засобів тимчасового розміщування, надання в оренду й експлуатацію власного чи орендованого нерухомого майна, діяльність у сфері інжинірингу, геології та геодезії, надання послуг технічного консультування в цих сферах, технічне обслуговування та ремонт автотранспортних засобів, оптова торгівля деталями та приладдям для автотранспортних засобів, роздрібна торгівля деталями та приладдям для автотранспортних засобів, складське господарство, виробництво електроенергії, передача електроенергії, розподілення електроенергії, торгівля електроенергією, діяльність посередників у торгівлі машинами, промисловим устаткуванням, суднами та літаками, діяльність посередників, що спеціалізуються в торгівлі іншими товарами, діяльність посередників у торгівлі товарами широкого асортименту.

Кліматичні умови Ніжинського району, в якому знаходиться господарство, відповідають помірному клімату, сприятливі. За рік в середньому випадає 552 мм опадів, у тому числі за вегетаційний період 338 мм. Клімат помірно –

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

континентальний з середньою кількістю опадів. На території господарства найбільш поширені звичайні чорноземи. Рельєф — рівнинний. Загальна площа с/г угідь 10 000 га, з них 167 га займають пасовища. Рельєф території землекористування ТОВ АПК «Магнат» в основному рівнинний та сприятливий для вирощування сільськогосподарських культур. Ґрунтові води залягають на різній глибині в залежності від рельєфу. У складі ґрунтів основну частку займають чорноземи глибокі (понад 70%) і чорноземи лугові (близько 15%), меншу площу займають чорноземи опідзолені, темно-сірі суглинки та дерново-опідзолені ґрунти. Гумусовий горизонт у них становить від 16 до 22 см.

Основну часту сільськогосподарських угідь займає рілля (98,4%), що свідчить про високу розораність земель і високий рівень інтенсивності їх використання. Водночас це вимагає від менеджменту ТОВ АПК «Магнат» вжиття відповідних заходів, що запобігають розвитку водної і вітрової ерозії.

1.2. Стримуючі проблеми ТОВ АПК «Магнат» у впровадженні ефективних технологій рослинництва та шляхи їх подолання

Однією з головних цілей менеджменту ТОВ АПК «Магнат» є підвищення показників виробництва продукції рослинництва до найвищого світового рівня. З цією метою у господарстві відбувається закупівля високоякісного насіння сільськогосподарських культур, покращується обробіток ґрунту за допомогою нової техніки. Останніми роками, в агропромисловій компанії «Магнат» активно впроваджується технологія вирощування сільськогосподарських культур no-till. Крім зменшення витрат ресурсів, через скорочення кількості операцій, ця технологія також сприяє збереженості ґрунтів, зменшенню їх ерозії та втраті родючості.

Проте, якщо технологія no-till — найбільше відповідає вимогам ресурсо- та природозбереження, то дуже важливою технологічною операцією, що й по великому рахунку забезпечує цю технологію є сівба. При цьому, в зазначених технологічних процесах, сівалки працюють у більш складних умовах, в порівнянні з іншими ресурсоощадними технологіями, через повну відсутність обробітку

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

грунту. Це обумовлює підвищення вимог до таких сівалок, особливо тих, які стосуються точності висіву, адже вона напряду закладає якість майбутнього врожаю. Саме підвищенню якісних показників сівби зернових культур при технології no-till у господарстві приділяють особливу увагу.

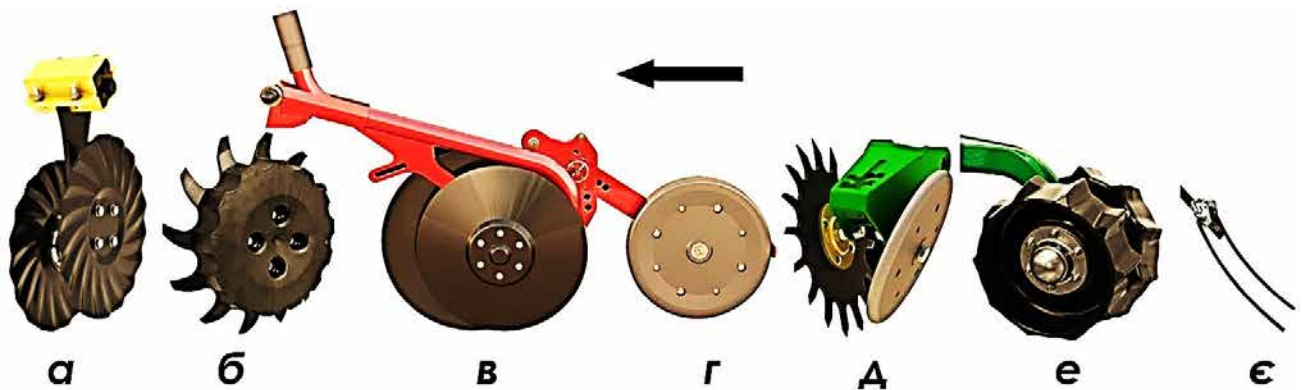
Основною проблемою сучасних, високопродуктивних, широкозахватних посівних машин з пневматичною системою висіву є недостатня рівномірність розподілу насіння по окремим висівним секціям. Провідні світові виробники, для вирішення зазначеної проблеми, скеровують свої зусилля на розроблення нових конструкцій подільників, удосконалення насіннепроводів та ін. Проте, досягнути високої точності вкладання насіння, кожною висівною секцією для пневматичних сівалок, залишається проблемною. Відтак, темою дипломного проекту бакалавра обрано удосконалення конструкції елементів посівної секції пневматичної сівалки для ТОВ АПК «Магнат» Ніжинського району, Чернігівської області. У зв'язку з чим, проаналізуємо особливості конструкцій сучасних сівалок точного висіву, що застосовують у технологічних процесах нульового обробітку ґрунту.

1.3. Аналіз конструкцій сівалок точного висіву

Посівні машини можна розглядати як сукупність компонентів, кожен з яких використовується для виконання певної функції. У випадку технології No-till, коли є високий рівень рослинних залишків і непідготовлений ґрунт, можуть знадобитися пристрої для розрізання або обробки ґрунту та залишків (пристрої для підготовки рядків) на додаток до пристрою для нарізання борозни. Подібним чином, ущільнення або вирівнювання насінневого ложа після висіву і закриття борозни може вимагати використання пристрою, що не прив'язаний до рядка (тобто пристрої для обробки всієї ширини, такі як борони або катки), на додаток до рядкового ущільнюючого пристрою (наприклад, котків). Ґрунтообробні компоненти іноді виконують кілька функцій, наприклад, одинарний дисковий сошник, що використовується для нарізання борозни, також може виконувати функцію розрізання рослинних залишків і ґрунту.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

Відносне положення ґрунтообробних компонентів щодо напрямку руху сівалки приведено на рис. 1.2 [62–64, 134].



а – розрізання ґрунту та залишків; **б** – підготовка рядків; **в** – нарізання борозни;
г – вдавлювання насіння в дно борозни; **д** – загортання борозни;
е – прикочування (формування насінневого ложа); **є** – вирівнювання

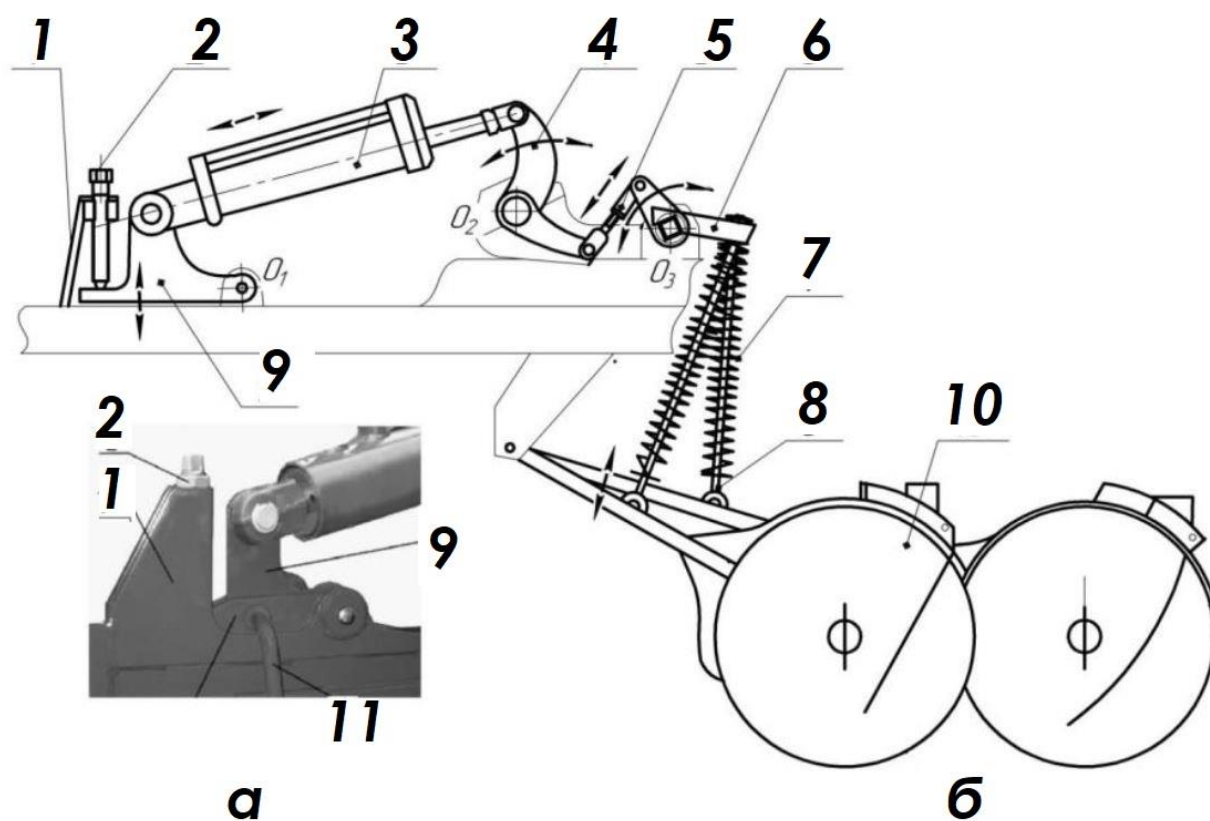
Рис. 1.2. Відносне положення компонентів ґрунтообробної системи сівалки.

Система регулювання глибини висіву забезпечує відповідність агротехнічним вимогам саме за цим показником. Оскільки глибина борозни вимірюється відносно поверхні насінневого ложа, до системи регулювання глибини висіву можна сформулювати наступні технологічні вимоги: нарізати борозну на необхідну глибину; підтримувати рівномірність глибини вздовж усієї довжини борозни; на багаторядних машинах підтримувати однакову глибину для всіх сошників по ширині машини. Існує велика кількість механізмів контролю глибини висіву, більшість з яких можна загалом розділити на системи «регулювання на рівні секції рами» та системи «регулювання на рівні окремого рядка».

До першого типу можна віднести універсальні зернові сівалки, наприклад, ASTRA-6 (рис. 1.3), ASTRA 3.6 STANDART, СЗД-У 25V, СЗД-360 [67, 68] які мають групове регулювання глибини висіву. Звичайно, за традиційної технології ґрунту, такий спосіб регулювання забезпечує встановлену глибину висіву, так як профіль рельєфу поля достатньо вирівняний [69, 70]. За технології No-till профіль рельєфу поля нерівномірний, особливо, якщо попередником були просапні культури, зокрема через наявність колій від попередніх операцій. В цьому випадку

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

дотримання відповідної глибини висіву можна забезпечити лише використанням індивідуального регулювання глибини висіву для кожного сошника.



а – гвинт регулювання глибини висіву; **б** – схема системи регулювання глибини висіву; 1 – кронштейн; 2 – гвинт; 3 – гідроциліндр підймання; 4 і 9 – важелі кріплення гідроциліндру; 5 – гвинтова передача; 6 – важелі підняття/опускання сошників; 7 – пружина; 8 – натискна штанга; 10 – сошник; 11 – фіксатор

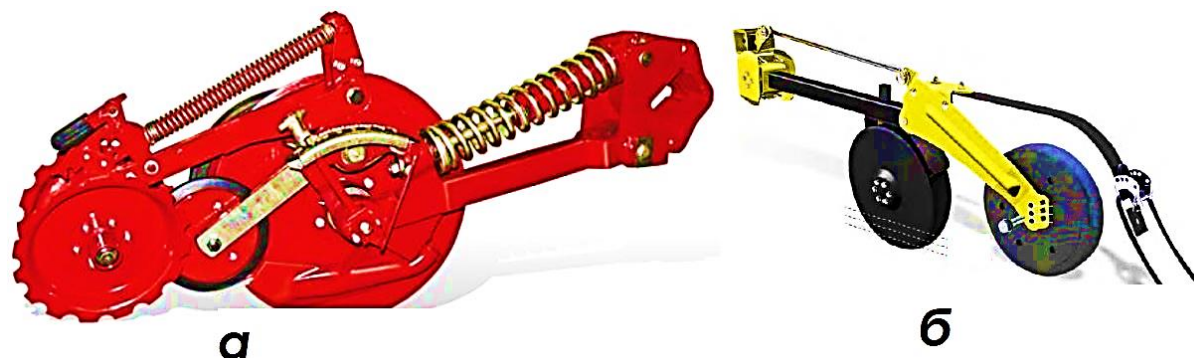
Рис. 1.3. Система регулювання глибини висіву сівалки ASTRA-6.

Як правило, у випадку індивідуального регулювання глибини висіву, ґрунтообробні елементи (нарізання борозни, вдавлювання насіння в дно борозни, загортання борозни) компонується в окрему висівну секцію, яка кріпиться до рами сівалки паралелограмною підвіскою (рис. 1.4). Системи дозування насіння відбирають насіння з насінневого бункера та передають його в систему подачі, що транспортує насіння для розміщення в насіннєве ложе.

Основні функціональні вимоги до систем дозування насіння полягають у тому, щоб [49, 73]: відбирати насіння з попередньо визначеною

						01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
							14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.			

нормою/продуктивністю (наприклад, кг/га або насіння/метр довжини рядка); забезпечувати необхідну точність (розташування насіння) для виконання вимог схеми посадки (наприклад, звичайний посів, точний висів тощо); мінімізувати пошкодження насіння під час процесу дозування.



а – висівна секція сівалки ORION 9,6 (Ельворті, Україна);

б – висівна секція сівалки OMEGA OO_L (BEDNAR FMT, Чехія)

Рис. 1.4. Висівні секції з індивідуальним регулюванням глибини висіву.

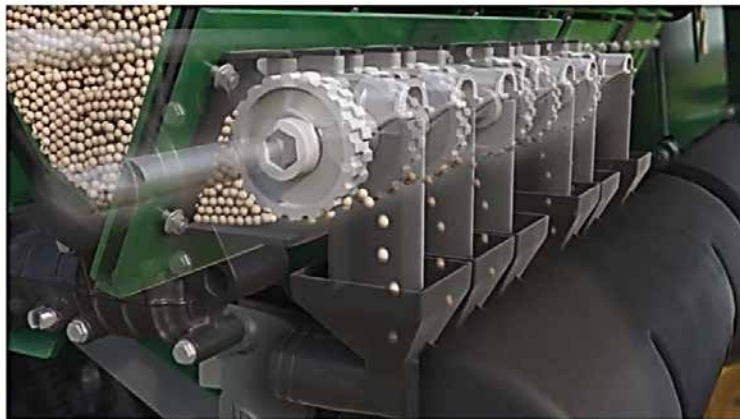
Для виконання своїх функціональних завдань експлуатаційні вимоги для систем дозування насіння включають здатність: дозувати різні типи насіння, які будуть висіватися машиною; дозувати насіння з різною нормою висіву, необхідною для відповідних культур і/або конкретних умов середовища; підтримувати попередньо визначену норму (продуктивність) і точність (відстань між насінням) за різних умов, які можуть виникнути під час посіву; високу надійність у роботі, що є важливим, враховуючи загалом вузькі терміни для проведення посівних робіт.

На сьогодні для дозування насіння у зернових сівалках використовують катушкові висівні апарати, при цьому їх можна розділити на дві основні групи – індивідуальні та централізованого дозування [142] (рис. 1.5). Регулювання норми висіву в сучасних зернових сівалках здійснюють шляхом безступінчастої зміни частоти обертання катушок [74]. Обидва типи використовують у сівалках, які працюють за технології No-till, індивідуальні – у механічних сівалках, централізовані – у пневматичних. Системи подачі насіння включають пристрої, які транспортують насіння від дозатора до пристрою, що вкладає насіння на поверхню ґрунту або в борозну.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		



а



б

- а** – індивідуальний висівний апарат сівалки СЗМ «Велес-Агро»;
б – висівний апарат централізованого дозування сівалки JD N500

Рис. 1.5. Котушкові висівні апарати.

Основні функціональні вимоги до систем подачі насіння [49]: транспортувати насіння від місця виходу з дозатора до пристрою розміщення насіння; підтримувати точність дозування під час транспортування насіння; забезпечувати правильне розміщення насіння на поверхні ґрунту або в борозні, враховуючи як положення насіння в борозні, так і відстань між насінням.

У сівалках де використовуються системи масового дозування, конструкція системи подачі насіння мало впливає на загальний результат, якщо потік насіння через систему не надмірно гальмується, а швидкість виходу насіння достатньо низька, щоб насіння вкладалося на дно борозни, а не поруч або на стінки борозни через відскік чи інші зсуви насіння при контакті з ґрунтом.

У точних сівалках конструкція системи подачі насіння має важливе значення, оскільки функціонально необхідно перенести точність дозування насіння (тобто рівномірність у часовому інтервалі між окремими насінинами) на точність розміщення (тобто рівномірність відстані між насінням уздовж борозни або рядка). Більшість систем подачі насіння можна умовно класифікувати на такі типи:

1. Гравітаційне падіння — насіння падає під дією сили тяжіння без додаткової механічної допомоги. Ця система є простою та часто використовується в менш складних сівалках;

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

2. Пневматична — насіння транспортується потоком повітря. Такі системи використовуються в точних сівалках, оскільки дозволяють забезпечити високу точність подачі насіння та рівномірність його розміщення в борозні.

Саме за системою подачі насіння зернові сівалки поділяють на механічні та пневматичні. Основними механічними сівалками (рис. 1.6), які застосовуються в Україні за технології No-till, є причіпні сівалки серії Alfa (Alfa-4, Alfa-6) АТ «Ельворті» (Україна), а також причіпні та навісні сівалки іноземних виробників, таких як Amazone (Німеччина), Kuhn (Німеччина), John Deere та Great Plains (США). Ці сівалки в основному використовуються в складі агрегатів для обробки ґрунту та сівби. Хоча механічні сівалки мають просту конструкцію та надійно працюють, вони мають суттєві недоліки. Головними з них є обмежена ширина захвату та висока матеріалоемність.

Потенціал модернізації традиційних механічних сівалок, у яких ширина бункера для насіння дорівнює робочій ширині захвату, а також присутній індивідуальний висівний пристрій на кожен сошник, є досить обмеженим і фактично вичерпаним. Широкозахватні агрегати, створені на базі механічних сівалок, окрім вже згаданої високої матеріалоемності, страждають від значних додаткових витрат часу, пов'язаних з технічним обслуговуванням, переміщеннями та заправкою бункера насінням, а також мають низьку робочу швидкість (7...10 км/год). Слід зазначити, що частка моделей сівалок з механічною системою висіву зменшується зі збільшенням їх ширини захвату. При ширині захвату до 3 м ці моделі складають 75 % усіх вироблених, тоді як при ширині захвату 3...4 м їх частка зменшується до 50 %. Виробники механічних сівалок удосконалюють конструкцію бункера з метою збільшення його обсягу, додаючи додаткові елементи, що, в свою чергу, ще більше підвищує матеріалоемність сівалки. Беручи до уваги недоліки посівних машин з механічними висівними системами, доцільним є обмежити їхню робочу ширину певними рамками (максимум 5,4 м). Для створення широкозахватних посівних машин, здатних працювати на підвищених швидкостях, пропонується розробити принципово нову конструктивну схему.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		



а



б



в



г



д



е

а – Alfa-6 (Ельворті); **б** – JD 1590 (John Deere); **в** – SDM (Kuhn);
г – PREMIA (Kuhn); **д** – Cataya (Amazone); **е** – BD7410 (Great Plains)

Рис. 1.6. Механічні зернові сівалки технології No-till.

Аналізуючи виробничий досвід провідних сільськогосподарських підприємств, можна зробити висновок, що одним із перспективних напрямків у розвитку посівних машин є розробка широкозахватних високопродуктивних сівалок і посівних комплексів із пневматичною системою висіву [75–78]. Поява в 60-х роках ХХ століття посівних машин із пневматичними системами висіву пов'язана з розробками шведської компанії Arvika Thermenius (сівалка ЕВ із шириною захвату 2,52 м) та німецької компанії Н. Weiste and Co (сівалка

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		18

Accord із шириною захвату до 6 м). Пізніше розробкою і виробництвом машин цього типу почали займатися компанії США (John Deere, Great Plains) та Європи (Kverneland, Gaspardo, Amazone, Kuhn, RabeWerk, Horsch, Kockerling, Lemken, Unia, Roge), які представлені на рис. 1.7.



а



б



в



г



д



е

а – ORION 9.6 (Ельворті); **б** – N500 (John Deere); **в** – AUROCK 6000 R (Kuhn);
г – Boss (Agrisem); **д** – Primera DMC (Amazone); **е** – НТА-3510 (Great Plains)

Рис. 1.7. Пневматичні зернові сівалки технології No-till.

Використання посівних машин з висівними системами пневматичного типу обумовлено такими перевагами (у порівнянні з аналогічними машинами з механічними системами висіву): продуктивність на 15–20 % вища, навіть при однаковій ширині захвату; можливість конструктивно створювати широкозахватні (від 6 м) високопродуктивні посівні машини та комплекси; не потрібно проводити

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		19

додаткові операції для переведення машини з транспортного положення в робоче і назад; можливість використання бункера великого об'єму для посівного матеріалу, що зменшує кількість заправок під час роботи; низька питома матеріаломісткість.

Разом з перевагами, сівалки з пневматичною системою висіву мають такі недоліки: необхідність створення і підтримки повітряного потоку з постійними параметрами, індивідуально налаштованими для певних груп культур; – ретельна підготовка посівного матеріалу для уникнення сторонніх предметів, що можуть призвести до забивання пневмотранспортних трубопроводів. Основним недоліком посівних машин з пневматичною системою висіву є висока нерівномірність розподілу посівного матеріалу по сошникам. У деяких випадках нерівномірність може досягати 15,5 % і більше при агротехнічно допустимих 5 % для зернових і 6 % для зернобобових культур, що призводить до нераціонального використання посівного матеріалу, зниження врожайності та зростання засміченості полів. Це зменшує ефективність використання пневматичних сівалок. Тому удосконалення систем висіву пневматичних сівалок є актуальним завданням у сфері механізації посіву.

1.4. Аналіз конструкцій системи висіву пневматичних зернових сівалок точного висіву

Пневматичні системи подачі насіння зазвичай використовуються на багаторядних сівалках, оснащених одним центрально розташованим бункером для насіння. Насіння дозується в трубу, що подає, далі його транспортує повітряний потік до окремих сошників, рівномірно розміщених по всій ширині машини. Пневматичні системи подачі насіння можна розділити на два загальні типи: системи, призначені тільки для «подачі» насіння; системи, призначені для «подачі та розподілу» насіння.

У системах «тільки подача» насіння дозується безпосередньо в трубу, яка доставляє його до борозни за допомогою повітряного потоку в трубі. Система дозування насіння з барабанним типом подає насіння в окремі труби, що транспортують насіння до відповідного сошника. Кожен дозатор, розташований

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

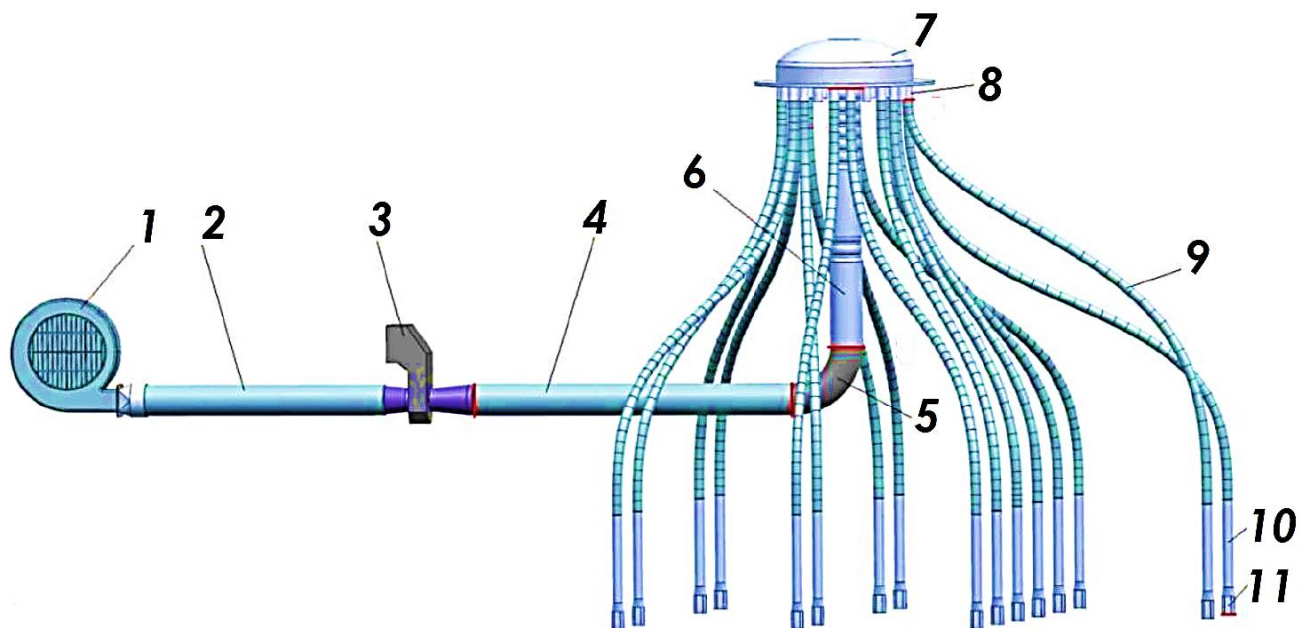
під загальним центрально розташованим бункером для насіння, подає насіння в трубу, яка пневматично транспортує його до сошника. У цьому випадку вентилятор має чотиристоронній колектор, який подає повітря в чотири окремі труби. Кожен дозатор насіння призначений для кожної труби, і кожна труба безпосередньо доставляє насіння до сошника.

Пневматичні системи подачі та розподілу насіння складають основу пневматичних сівалок, які можуть бути як окремими машинами, так і додатковим обладнанням для ґрунтообробної техніки, такої як чизелі, культиватори та скарифікатори. Конструкція таких систем може значно відрізнятися, але суть полягає в тому, що насіння для всіх або кількох сошників дозується в одну трубу, де його пневматично транспортують до розподільчої головки. Розподільча головка рівномірно розподіляє потік повітря (а отже й насіння) між кількома виходами, які розташовані симетрично навколо головки. Кожен вихід доставляє насіння безпосередньо до сошника або до вторинної розподільчої головки, де процес повторюється.

Впровадження сівалок з централізованим дозуванням почалося завдяки норвезькому агроному В. Стокланду, який розробив відцентровий висіваючий апарат, що пізніше був використаний компанією «Глобус Машиненфабрик» на сівалці Stokland. Проте через значні конструктивні та технологічні недоліки його ідея не отримала широкого застосування. Подальший розвиток пневматична висівна система централізованого дозування отримала в Німеччині у 80-х роках ХХ століття на сівалках Accord, коли вперше почалося масове виробництво сівалок з пневмомеханічним висівним апаратом. Одноступеневе розподілення насіння було реалізоване також на сівалках і посівних агрегатах таких фірм, як Kverneland, Gaspardo, Amazone, Kuhn, Rabe. Перевага цієї системи полягає в її універсальності, оскільки вона дозволяє висівати насіння з різними фізико-механічними властивостями. Використання комбінованої катушки дозволяє висівати як великі насінини зернових, середні насінини бобових, так і дрібні насінини трав і проміжних культур. Основними елементами системи висіву з пневматичним

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

транспортуванням посівного матеріалу в сошники є бункер, дозатор, пристрій для введення посівного матеріалу в повітряний потік (живильник), вентилятор, пневмопровід, розподільний пристрій і насіннепровід (рис. 1.8).



- 1 – вентилятор; 2 – повітропровід; 3 – ежектор для подачі посівного матеріалу;
 4 – горизонтальний трубопровід; 5 – шарнірне коліно;
 6 – вертикальний трубопровід; 7 – розподільник; 8 – розподільна труба;
 9 – насіннева трубка; 10 – сошник; 11 – сопло сошника

Рис. 1.8. – Пневматична система сівалки з пневматичним висівом [100].

Схема, приведена на рис. 1.9 ілюструє технологічний процес роботи пневматичної сівалки.



Рис. 1.9. Схема технологічного процесу сівалки з пневматичною системою висіву.

Якщо розглянути приведені на рис. 1.8 та 1.9 схеми з точки зору рівномірності подачі насіння, то можна виділити складові, які на неї впливають найбільше. Це транспортування – пневмонасіннепровід; розподіл – розподільник; подача до сошників – насіннепровід до сошників; вкладання в борозну – сошник (башмак). Розглянемо ці складові детальніше. Рівномірний розподіл насіння в більшості машин залежить від однакової кількості повітря, що проходить через кожен сегмент системи після кожного наступного поділу. Найважливіше, що слід враховувати, це те, що повітря і насіння будуть рухатися шляхом найменшого опору [79, 80].

Якщо розглянути приведені на рис. 1.8 та 1.9 схеми з точки зору рівномірності подачі насіння, то можна виділити складові, які на неї впливають найбільше. Це транспортування → пневмонасіннепровід; розподіл → розподільник; подача до сошників → насіннепровід до сошників; вкладання в борозну → сошник (башмак). Розглянемо ці складові детальніше. Рівномірний розподіл насіння в більшості машин залежить від однакової кількості повітря, що проходить через кожен сегмент системи після кожного наступного поділу. Найважливіше, що слід враховувати, це те, що повітря і насіння будуть рухатися шляхом найменшого опору [79, 80].

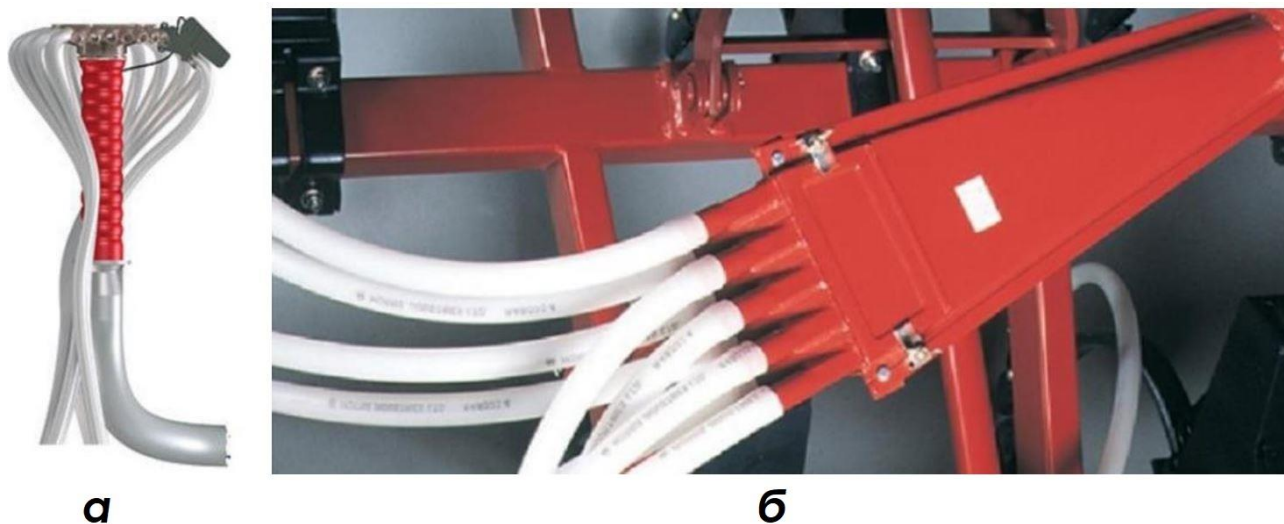
Якщо один із вихідних насіннепроводів буде значно коротшим за інший, то через коротший насіннепровід буде проходити більше повітря та насіння, оскільки в ньому менший опір. Якщо обидва вихідні насіннепроводи мають однакову довжину, але один йде прямо, а інший має кілька вигинів і змін напрямку, то через прямий насіннепровід пройде більше повітря і насіння, оскільки в ньому менший опір. Якщо обидва насіннепроводи мають однакову довжину, але один лежить горизонтально, а інший направлений вертикально вгору, це створить більший опір потоку повітря та насіння [81, 82].

Розподільчі пристрої пневматичних зернових сівалок мають значний вплив на якість розподілу насіння між насінневими лініями. Конструкція розподільчих систем визначає поперечну та поздовжню рівномірність висіву, а також ступінь

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

травмування насіння. Виробники посівної техніки спрямовані на покращення рівномірності розподілу насіння через насінневі лінії.

На основі аналізу літературних джерел [83–86] встановлено, що існує два основні типи розподільчих пристроїв пневматичних зернових сівалок: вертикальні (рис. 1.10, а) та горизонтальні (рис. 1.10, б).



а – вертикальний; **б** – горизонтальний.

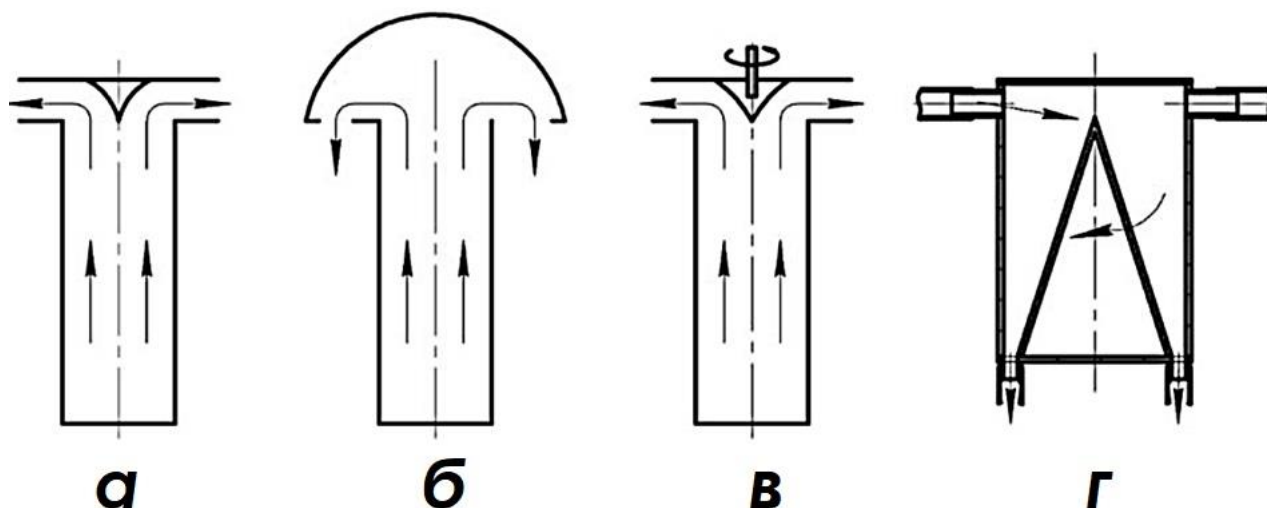
Рис. 1.10 – Типи розподільчих пристроїв [88].

Вертикальна розподільча система складається з пневматичної труби, що обертається під прямим кутом, та головки, яка являє собою тіло обертання з радіальними вихідними трубками і відбивною поверхнею всередині. Вертикальні дозатори насіння зазвичай відрізняються за формою відбивної поверхні подаючої колони. Існують конструкції вертикальних дозаторів, у яких зерново-повітряна суміш рухається вгору по падаючій колоні, а також такі, де вона рухається вниз. Різні схеми розподільників насіння показані на рис. 1.10. Вертикальні розподільчі пристрої є простими та надійними, проте вони характеризуються високим енергоспоживанням, яке пов'язане з необхідністю підняття зерново-повітряної суміші на висоту відбивної поверхні [87, 88].

Конструкції дозаторів насіння з фіксованими відбивними поверхнями (рис. 1.11, а, б) широко використовуються завдяки їх простоті та надійності. Форма відбивної поверхні може бути різною: плоскою, пірамідальною, сферичною, конічною тощо. Використання дозаторів цього типу дозволяє досягти

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

рівномірності розподілу насіння між насінневими лініями, за умови використання турбулізаторів, на рівні 90%.



а, б – з нерухомими відбивними поверхнями;

в – з обертовою відбивною поверхнею; **г** – відцентрового типу

Рис. 1.11. Схема вертикальних розподільників насіння [88].

Активні системи розподілу (рис. 1.11, в) мають обертову або віброуючу відбивну поверхню з лопатями та направляючими в конструкції, вони можуть бути реактивними або приводними. Розподільчі пристрої цього типу складні за конструкцією та технологічним налаштуванням, їх надійність нижча, вони незначно покращують рівномірність розподілу насіння в зоні живлення.

Важливий вплив на рівномірність розподілу насіння має також рівномірність розподілу в поперечному перерізі подаючої пневмотруби. Для симетричного подавання зерново-повітряної суміші використовуються різні турбулізатори та направляючі насіння.

Горизонтальні розподільники агрегату складаються з горизонтальної пневмотруби, з'єднаної з розширювальною камерою, в якій розташовані випускні труби. Горизонтальні розподільники насіння забезпечують належну рівномірність розподілу насіння між насінневими лініями, мають низьке енергоспоживання, але неефективно працюють на схилах та не здатні обслуговувати велику кількість сошників. Незважаючи на описані переваги, горизонтальні системи розподілу не отримали широкого застосування на пневматичних зернових сівалках.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

Використання сумісного внесення добрив разом із насінням потребує вищої швидкості потоку повітря у насіннепроводі для доставки обох продуктів до сошників, особливо для широкозахватних сівалок і вищих швидкостей сівби. Однак із підвищенням швидкості потоку повітря зростає ризик того, що насіння (добрива) будуть видуватись із борозни. Щоб уникнути засмічення насіннепроводів, також збільшують швидкість потоку повітря, що призводить до зростання випадків викиду насіння із посівного ложа. Останнім часом в пневматичних сівалках почали застосовувати сповільнювачі насіння (seed brake), які забезпечують зниження швидкості насіння перед подачею в борозну.

Відома висівна секція сівалки [89], яка містить раму із хомутом, однодисковий сошник, підшипниковий вузол, прикочувальне колесо, загортаюче колесо, висівний башмак із каналом для насіння, насіннєву трубку, насіннепровод, заспокоювач насіння. Недоліком такої висівної секції є висока швидкість повітряного потоку у насіннєвому каналі висівного башмака. Через це підвищується ризик того, що насіння буде травмуватися при ударі і може вилетіти з борозенки, тим самим не потрапити у посівне ложе.

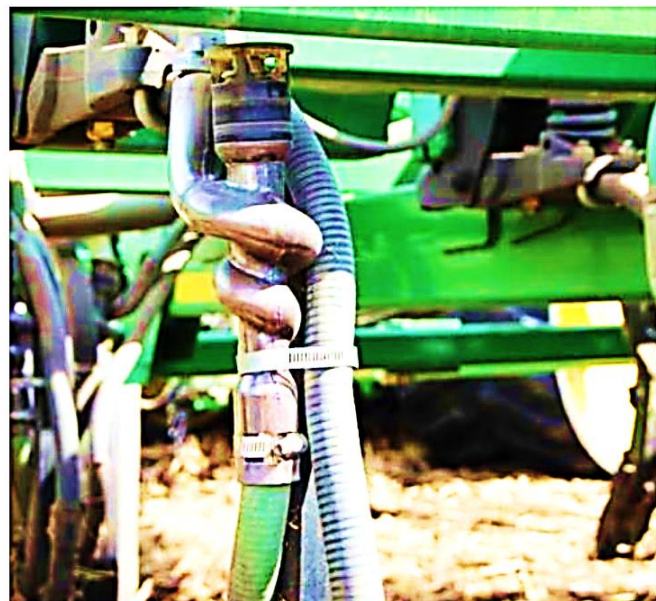
Наприклад, фірма Needham Ag Technologies (США) пропонує сповільнювач насіння, який представляє собою перфоровану ємність з відводами для підключення насіннепроводу (рис. 1.12, а) [90]. Зігнута форма сповільнювача насіння зумовлена ергономічним розташуванням його під елементами рами пневматичної зернової сівалки. Однак дана форма призводить до нерівномірного проходження потоку повітря крізь сповільнювач, виникнення турбулентності, що спричиняє хаотичний рух насіння і, відповідно до цього, зменшення точності висіву. Перфорація в корпусі сповільнювача дозволяє скидати надлишковий тиск, тим самим сповільнюючи насіння перед подачею до сошника. Недолік такої конструкції – відсутність регулювання ступеня скидання тиску в насіннепроводі залежно від виду насіння, норми висіву тощо. Ще одне рішення пропонує фірма RED E, LLC (США) (рис. 1.12, б) [91]. Це рішення побудовано на принципі дії циклона і являє собою закручену спіраль з верхнім відводом повітря. Даний

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

сповільнювач також нерегульований, крім того, при високих швидкостях потоку повітря та сівбі дрібнонасінних культур, можливе видування насіння разом з надлишками повітря.



а



б

а – Needham Ag Technologies; **б** – RED E, LLC.

Рис. 1.12. Сповільнювач насіння.

При сівбі пневматичними сівалками виникають труднощі «утримання» насіння в посівній борозні, особливо при їх використанні в технології No-till, при сівбі в ґрунт з великою кількістю поживних залишків. Ця проблема стає ще більш актуальною під час роботи на високих швидкостях та з малою глибиною загортання насіння. З висівного каналу сошника насіння вилітає у борозну з високою швидкістю, обумовленою повітряним потоком, яким воно транспортується. Залежно від напрямку вильоту насіння можливі два варіанти: насінина відбивається від стінок борозни і вилітає за її межі, або одразу спрямовується поза межі борозни. Для контролю потрапляння насіння від системи дозування в борозну поруч із лезом сошника використовують насіннепровід або «башмак» (seed boot). Часто до його задньої частини підвішується гнучкий подовжувач – заспокоювач насіння (seed bounce flap) (рис. 1.13), щоб зменшити виліт насіння з борозни [92, 93]. Окремо треба виділити точний рядковий спосіб так як він найкраще забезпечує становлення паростків при рівних умовах для глибини сівби та організації

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		27

насінневого ложа. Саме такий спосіб висіву забезпечують сучасні зернові сівалки точного висіву, які використовують в технології No-till.



Рис. 1.13. Заспокоювач насіння [90, 132].

Проблема ускладнюється тим, що насіннепровід і внутрішній канал башмака виготовлені під кутом назад, щоб створити заднє «виштовхування» насіння на дні насіннепроводу. Це робиться для мінімізації відскоку насіння, викликаного різницею між швидкістю руху сівалки і нерухомим ґрунтом. Однак такий сильний нахил назад посилює проблему, викликаючи відскік насіння, його видування повітряним потоком або викидання насіння із борозни обертанням леза сошника.

Додатковою вимогою, яку можна поставити до заспокоювача є його надійність та довговічність. Існуючі заспокоювачі виготовляють з полімерних матеріалів, при цьому вони працюють в умовах жорстких механічних навантажень та піддаються підсиленій дії абразивного тертя. Вихід з ладу заспокоювача під час сівби призводить до погіршення її якості та додаткових витрат часу на заміну.

Таким чином, на точність висіву, а саме на відстань між окремими насінинами, впливає конфігурація насіннепроводу та розподільника потоку насіння. Сповільнювач насіння (seed brake), башмак (seed boot) та заспокоювач (seed bounce flap) крім вказаного показника точності висіву в більшій мірі забезпечують вкладання насіння в борозну. В зв'язку з цим, проведемо огляд досліджень пневмосистеми зернової сівалки точного висіву та її елементів.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

1.5. Огляд досліджень пневматичних систем зернових сівалок точного висіву

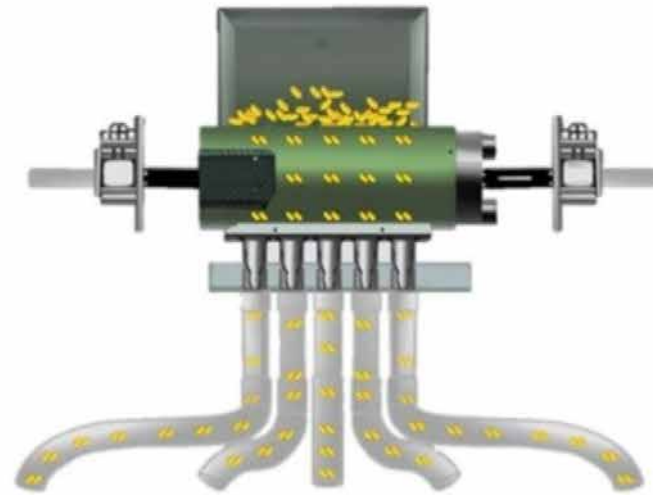
На сьогоднішній день однією з найгостріших проблем сучасних пневматичних сівалок є низька точність поперечного розподілу (поперечна нерівномірність висіву) [94]. Точність розподілу насіння між рядами зазвичай оцінюють за коефіцієнтом варіації (ISO-7256/2). Відповідно до агротехнічних вимог, коефіцієнт варіації розподілу насіння має бути нижче 8 % для зернових культур і нижче 12 % для добрив [95]. Яцкул А. [96] зазначив, посилаючись на дослідження Маккея [97], що через фундаментальну неможливість досягти на той час показників рівномірності розподілу насіння, наближених до нормативних вимог (оскільки вони базувалися на показниках механічних сівалок), самі вимоги було змінено. У оновлених технічних вимогах вибіркоче значення коефіцієнта варіації було збільшено до 15 % [96, 98].

Незважаючи на те, що пневматичний висів використовується вже більше 50 років, було реалізовано невелику кількість технічних рішень для збільшення рівномірності розподілу насіння. Існує два основні типи розподільників – горизонтальні та вертикальні [99, 100].

Найбільшою перевагою горизонтальних розподільників є відносно низьке енергоспоживання при створенні більшого обсягу повітряного потоку. Втрати енергії в цьому випадку складаються з лінійних втрат тиску та втрат через поздовжнє розширення розподільника. Відсутність вигинів у насінневих трубах полегшує їх встановлення та зменшує їхню довжину, що позитивно впливає на енергоефективність. Основна проблема полягає в розподілі насіння в розподільнику вздовж насінневих труб через вплив сили тяжіння [101].

Вертикальні розподільники застосовуються частіше. Ряд дослідників вивчають вертикальні розподільники, розташовані безпосередньо над ежектором подачі насіння [102, 103]. Однак такі конструкції зменшують корисний об'єм бункерів, робочу ширину агрегату та знижують термін служби насінневих труб.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		



1 2 3 4

Tube C Tube B Tube A

Рис. 1.15. Експериментальна та віртуальна модель розподільника [110].

Відомі результати взаємодії повітряного потоку із зернами різної щільності при різній турбулентності потоку (рис. 1.16) [112].

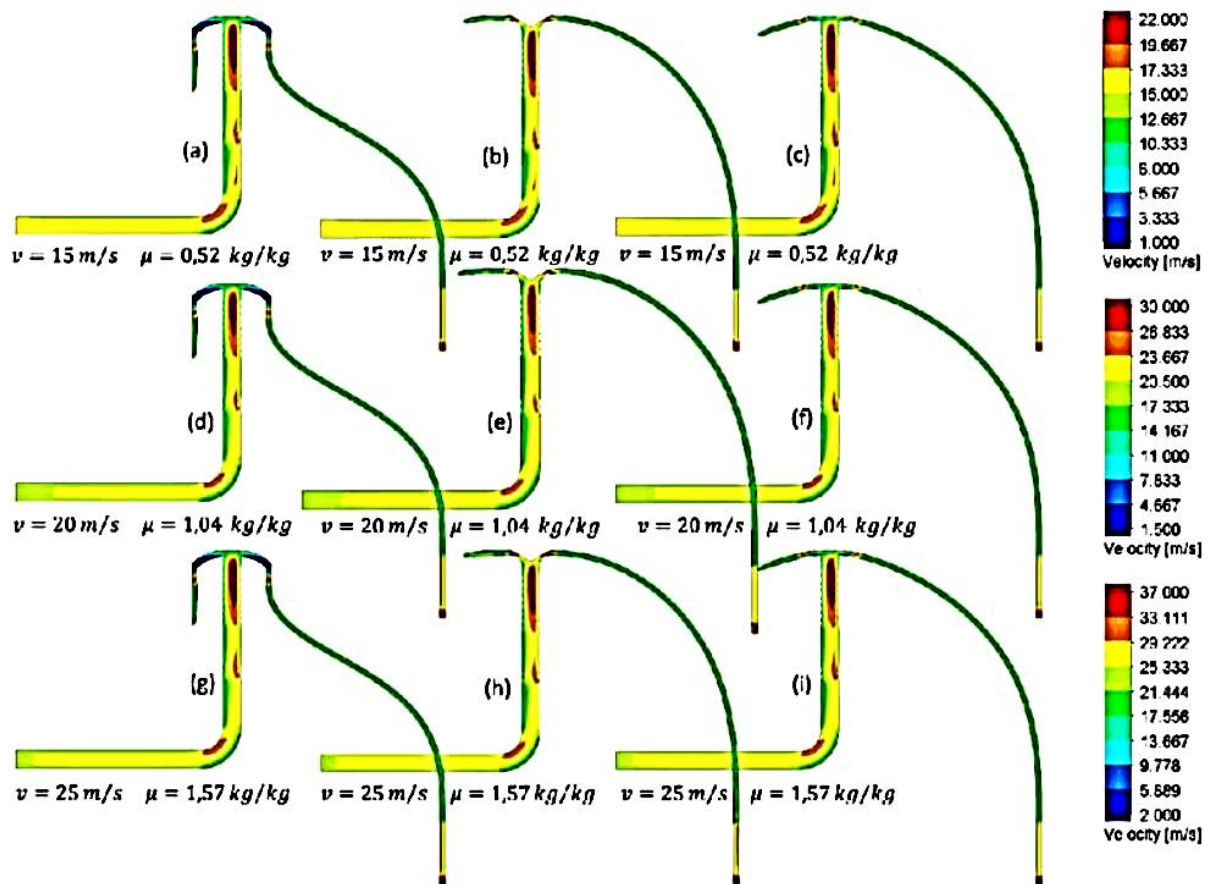
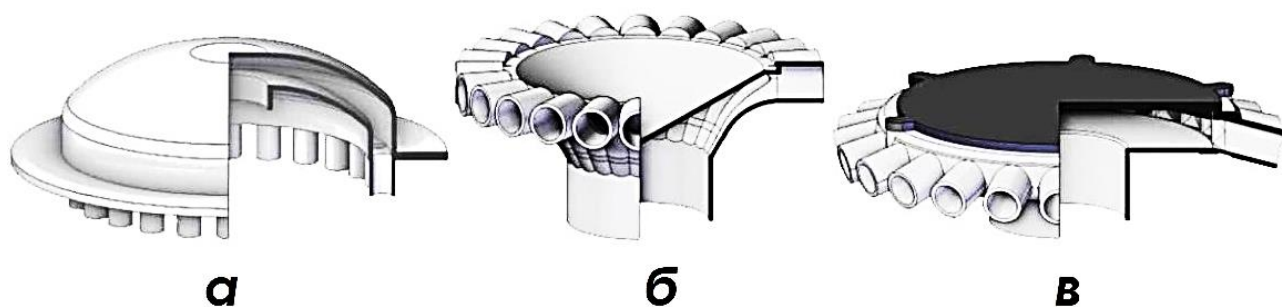


Рис. 1.16. Результати чисельного моделювання швидкості аеропродуктового потоку сівалки залежно від витрати на вході в горизонтальний трубопровід v (м/с) та концентрації висівного матеріалу μ [112].

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк. 31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

Результати чисельного моделювання в роботах [84, 113–116] стали основою для визначення функціональних залежностей взаємозв'язку між швидкістю аеропродуктового потоку та концентрацією висівного матеріалу в продуктопотоці за показниками його руху. У числовому моделюванні передбачалося, що швидкість потоку на поперечному перерізі початкової ділянки моделювання є постійною та дорівнює заданому значенню.

Тобто розглядався випадок ідеальної подачі аеропродуктового потоку через його рівномірність на зазначеному поперечному перерізі. Під час створення числових моделей використовувалися конструкції розподільників (рис. 1.17) з увігнутою поверхнею ковпака [114], плоским ковпаком [84] та ковпаком з направляючим конусом [113].



а – з увігнутою поверхнею ковпака розподільника [114];

б – ковпак з направляючим конусом [113]; **в** – плоский ковпак [84]

Рис. 1.17. Досліджувані розподільники пневматичної системи сівалки.

Щоб можна було порівняти конструктивні параметри різних розподільників, модель розподільника для 24 вихідних труб була модернізована, а структура масштабована для відповідності діаметру вхідного вертикального трубопроводу діаметром 104 мм. Швидкість аеропродуктового потоку під час моделювання змінювалася в інтервалі $v = 15 \dots 25$ м/с, концентрація висівного матеріалу в повітряному потоці знаходилася в межах $\mu = 0,54 \dots 1,57$.

У роботі [117] моделювання методом обчислювальної гідродинаміки (CFD) насіння сої представлені як сферичні, тверді та рівномірні за розміром частинки (рис. 1.18). CFD-моделювання суміші повітря і насіння виконувалось за допомогою програмного забезпечення ANSYS Fluent, а траєкторії частинок обчислювались з

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

використанням підходу Лагранжа. Використовується, також, метод двостороннього зв'язку, названий дискретною фазовою моделлю (DPM).

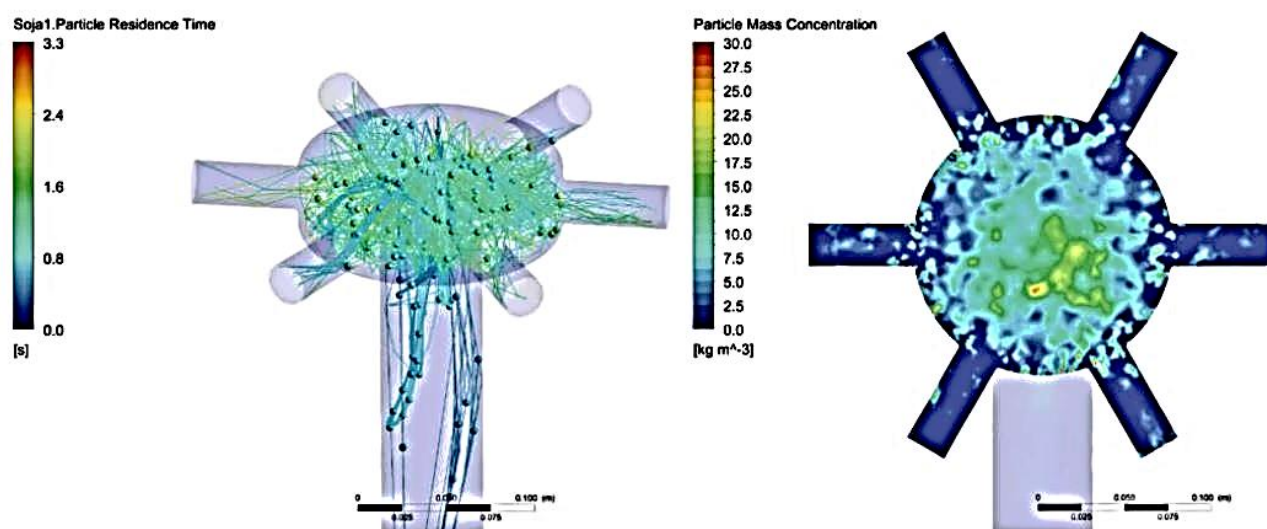


Рис. 1.18. Результати чисельного моделювання руху насіння сої у розподільнику [117].

Таким чином, можна стверджувати, що моделювання методом обчислювальної гідродинаміки (CFD) та чисельне моделювання показали, що такі параметри, як швидкість потоку повітря і насіння, концентрація висівного матеріалу та конструктивні особливості розподільників значно впливають на рівномірність висіву. Отримані результати чисельного моделювання, як у експериментальних, так і в контрольованих умовах, продемонстрували високу збіжність з лабораторними даними, що підтверджує ефективність використання CFD для оцінки характеристик пневматичних сівалок.

Що стосується таких складових пневмосистеми сівалки, як сповільнювач насіння (seed brake), башмак (seed boot) та заспокоювач (seed bounce flap), то в доступних джерелах інформація про дослідження саме цієї частини пневмосистеми сівалки відсутня. Тому обґрунтування параметрів вказаних елементів пневматичної системи зернової сівалки є актуальним питанням.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		33

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПОСІВНОЇ СЕКЦІЇ ПНЕВМАТИЧНОЇ СІВАЛКИ

2.1. Пневматична зернова сівалка точного висіву John Deere 1890 для нульової технології

Однодискова пневматична зернова сівалка точного висіву John Deere 1890 — ефективне знаряддя для роботи за технологією обробки ґрунту no-till. На даній моделі сівалки встановлені високоякісні сошники John Deere серії 90, які призначені для роботи з необробленим ґрунтом (рис 2.1).



Рис. 2.1. Пневматична зернова сівалка точного висіву John Deere 1890.

Сівалка John Deere 1890 поставляється в 5 конфігураціях – з шириною захвату від 9,1 м до 18,3 м. Незважаючи на те, що модель 1890 призначена для роботи в полях з великою кількістю поживних залишків, це не єдина її перевага.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат.				
Розробив	Шевлюга Р. В.				РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПОСІВНОЇ СЕКЦІЇ ПНЕВМАТИЧНОЇ СІВАЛКИ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник	Бондар М. М.					У	34	27
Перевіри						НУБіП України ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ		
Н. контр.	Пилипенко А. П.					ГМАШ-2101 англ. (МОБ)		
Консульт.								

Вертикальний хід сошників становить 5 см, що дозволяє їм копіювати рельєф поля без додаткового притискного зусилля. У поєднанні з ексклюзивною гідравлічною системою активного заглиблення сошників Ви зможете отримати точний контроль глибини і можливість працювати в будь-яких умовах.

Сошник серії 90 ефективно працює при будь-якій технології — від традиційної до нульової. Він використовується на пневматичній сівалці John Deere 1890 для нульового обробітку ґрунту, на пневматичній сівалки 1895 з роздільним внесенням добрив і на механічній сівалці 1590. Дискові ножі діаметром 46 см, встановлені під кутом в 7°, дозволяють з легкістю працювати в полях з великою кількістю поживних залишків. Притискне зусилля до 181 кг забезпечує рівномірне заглиблення на твердих ґрунтах (додатковий притиск можна забезпечити за допомогою баласту трактора, для установки яких сівалки вже оснащені кронштейнами).

Постійний контроль глибини підтримується копіюючими колесами різної модифікації. Налаштування глибини може регулюватися в тринадцяти положеннях з кроком 6,4 мм, в межах від 6,4 мм до 8,9 см. Важіль для регулювання глибини забезпечує оптимальний контроль заглиблення сошників в ґрунт (рис. 2.2.).



Рис. 2.2. Механізм контролю глибини висівної секції пневматичної сівалки.

Колесо для накочування сошника шириною 19 мм з гумовою шиною йде по борозні і фіксує насіння, як тільки воно виходить з насіннепровіда. Крім того, воно забезпечує хороший контакт зерна з ґрунтом в насінневому ложі. Притискне

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		35

зусилля можна налаштувати від 2,5 до 20,5 кг відповідно типу ґрунту. Лите зашпаровуюче колесо діаметром 305 мм розташоване під кутом і не піде за прикочуючим колесом, закриваючи борозну і покриваючи зерно ґрунтом. Правильне налаштування притискного зусилля вкрай важливе за прямого посіву безпосередньо в необроблений ґрунт. Тиск для повного закриття борозни може бути налаштований від 12 до 19,5 кг (рис. 2.3.).



Рис. 2.3. Висівна секція пневматичної сівалки.

Цілісні висівні башмаки виготовлені з чавуну для більшої надійності. Нейлоновий насіннєвий відбивач направляє насіння на дно борозни, забезпечуючи їх контакт з ґрунтом (рис. 2.4.).



Рис. 2.4. Висівний башмак з нейлоновим насіннєвим відбивачем.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		36

На моделі 1890 опції пропонується висіваючий башмак з хромистого сплаву, який має термін служби, збільшений в три рази. Надзвичайно важливим є розташування висівних башмаків. На сошниках 90 серії висіваючі башмаки розташовані по центру диска, насіння поміщаються на дно борозни, щоб забезпечувалася найкраща схожість.

Переваги даної конструкції посівної секції пневматичної сівалки полягають в тому, що забезпечується краще заглиблення і контроль глибини. Збільшений просвіт між лезом, сім'япроводом і кронштейном гарантує вільне проходження пожнивних залишків.

2.2. Обґрунтування удосконалення конструкції посівної секції пневматичної сівалки

Якщо оцінювати різні технології ґрунтозахисного та ресурсозберігаючого землеробства (Conservation Agriculture), то саме No-till завдає найменших пошкоджень ґрунту, а, отже, є найбільш перспективною з цієї точки зору. Крім того, за цією технологією різко зменшується машино-тракторний парк, необхідний для вирощування та збирання сільськогосподарських культур. При цьому ключове місце в технології вирощування сільськогосподарських культур займає сімба, тому особливої уваги потребують саме посівні машини та комплекси. При будь якій технології вирощування сільськогосподарських культур сімба є визначальним фактором, який впливає на продуктивність рослин. При цьому найбільш використовувані способи сіви (точний рядковий, гніздовий, квадратно-гніздовий, рядково-лунковий) є різновидами рядкового. Окремо треба виділити точний рядковий спосіб так як він найкраще забезпечує становлення паростків при рівних умовах для глибини сіви та організації насінневого ложа. Саме такий спосіб висіву забезпечують сучасні зернові сівалки точного висіву, які використовують в технології No-till.

Основним недоліком посівних машин з пневматичною системою висіву є висока нерівномірність розподілу посівного матеріалу по сошникам. У деяких випадках нерівномірність може досягати 15,5 % і більше при агротехнічно

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

допустимих 5 % для зернових і 6 % для зернобобових культур, що призводить до нераціонального використання посівного матеріалу, зниження врожайності та зростання засміченості полів. Це зменшує ефективність використання пневматичних сівалок. Тому удосконалення систем висіву пневматичних сівалок є актуальним завданням у сфері механізації посіву.

Огляд та аналіз інформаційних джерел свідчить те, що на точність висіву, а саме на відстань між окремими насінинами впливає конфігурація елементів пневмосистеми сівалки, а саме насіннепроводу та розподільника потоку насіння. Сповільнювач насіння (seed brake), башмак (seed boot) та заспокоювач (seed bounce flap) крім вказаного показника точності висіву в більшій мірі забезпечують вкладання насіння в борозну. В зв'язку з цим, проведено огляд досліджень пневмосистеми зернової сівалки точного висіву та її елементів.

Огляд конструкцій пневматичних систем зернових сівалок точного висіву показав, що найбільшій увазі приділено розподільникам насіння. Тому, підвищення ефективності процесу сівби насіння культурних рослин шляхом удосконалення конструкцій елементів системи подачі насіння пневматичної зернової сівалки точного висіву із обґрунтованими конструктивно-технологічними параметрами, що забезпечують точний висів, та конструкційними матеріалами, які обумовлюють підвищений ресурс їх експлуатації є актуальною науково-практичною задачею та свідчить про необхідність удосконалення конструкції посівної секції пневматичної сівалки.

Удосконалена висівна секція пневматичної зернової сівалки (рис. 2.5 а.) складається з рами 1, що з'єднана з рамою сівалки (на рис. 2.5 не показано) за допомогою хомута 2. Однодисковий сошник 3 встановлено на рамі 1 з можливістю обертання, яку забезпечує підшипниковий вузол 4. Прикочувальне колесо 5 встановлено за однодисковим сошником 3 із можливістю обертання на рамі 1. За прикочувальним колесом 5 встановлено загортаюче колесо 6, яке закріплено на рамі 1 з можливістю обертання. На рамі 1 закріплено висівний башмак 7, який одним боком щільно прилягає до однодискового сошника 3.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

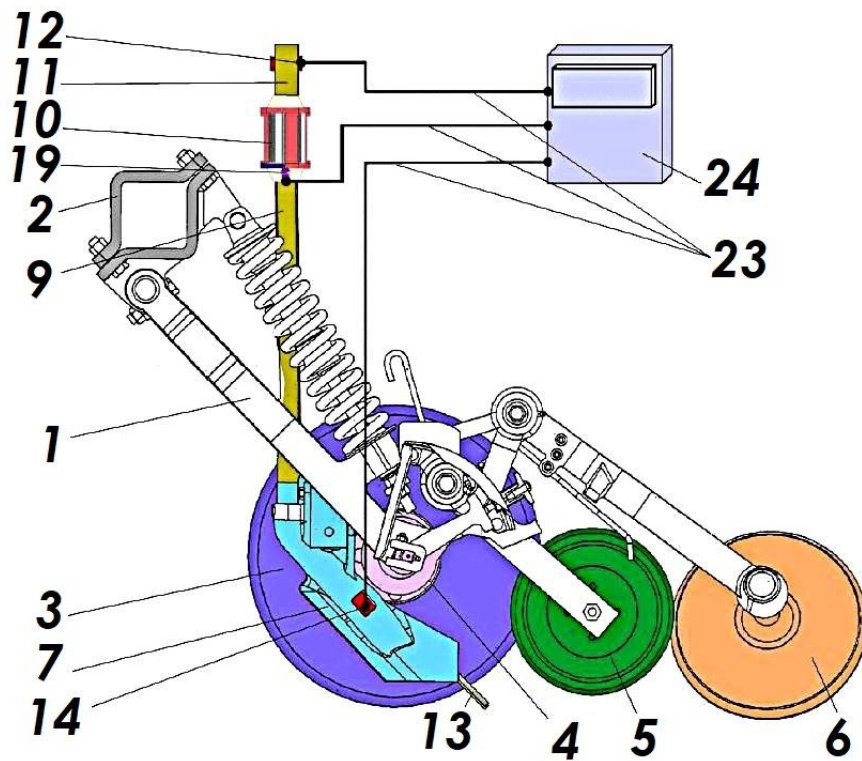


Рис. 2.5 а. Схема удосконалення висівної секції пневматичної зернової сівалки.

Через всю довжину висівного башмака 7 виконано канал для насіння 8 (рис. 2.5, б).

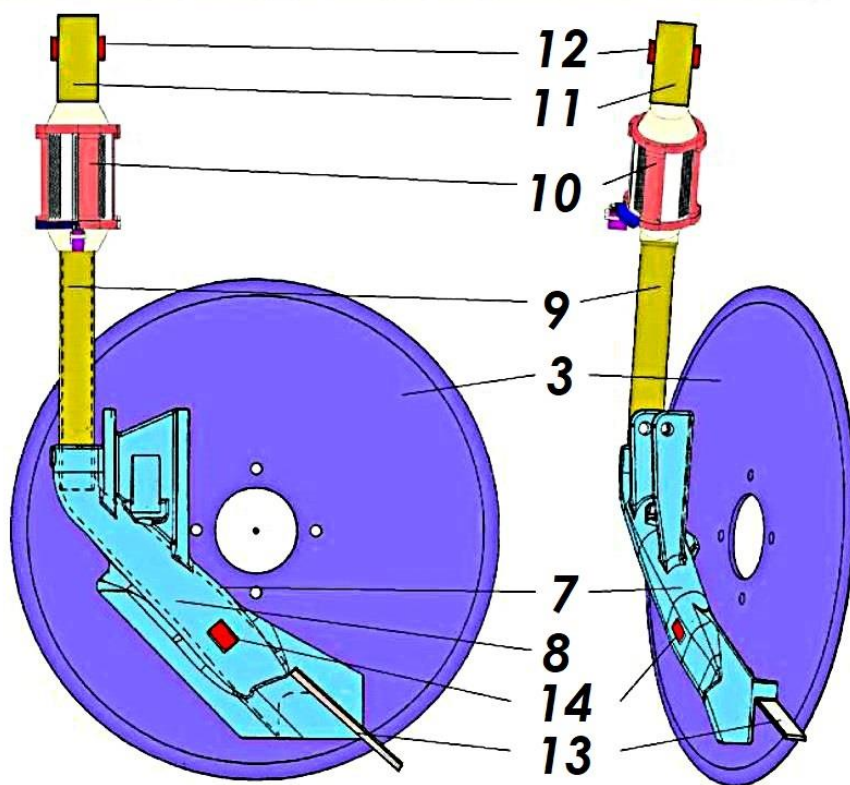


Рис. 2.5 б. Схема удосконалення висівної секції пневматичної зернової сівалки.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		39

До верхньої частини каналу для насіння 8 висівного башмака 7 приєднано насіннєву трубку 9. До верхньої частини насіннєвої трубки 9 приєднано сповільнювач насіння 10, до верхньої частини якого приєднано насіннепровід 11 з верхнім датчиком висіву 12. На виході з каналу для насіння 8 висівного башмака 7 встановлено заспокоювач насіння 13. В середній частині каналу для насіння 8 висівного башмака 7 встановлено нижній датчик висіву 14. Сповільнювач насіння 10 (рис. 2.5, в) складається з перфорованого циліндра 15 із отворами 16, до якого зверху і знизу жорстко закріплені верхній розтруб 17 і нижній розтруб 18.

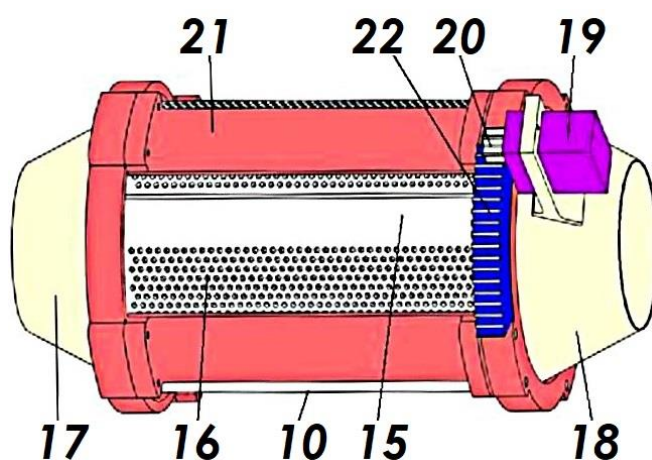


Рис. 2.5 в. Схема удосконалення висівної секції пневматичної зернової сівалки.

На нижньому розтрубі 18 жорстко зафіксовано сервопривід 19. На валу сервопривода 19 встановлено зубчасте колесо 20. На перфорованому циліндрі 15 встановлено циліндричну шторку 21 з можливістю обертання навколо власної осі. На циліндричній шторці 21 жорстко закріплено зубчастий сектор 22. Зубчастий сектор 22 і зубчасте колесо 20 сервопривода 19 утворюють механічну передачу. Сервопривід 19, верхній датчик висіву 12 і нижній датчик висіву 14 за допомогою електричних проводів 23 з'єднані із блоком керування 24.

Висівна секція пневматичної зернової сівалки працює наступним чином. Рама 1 висівної секції пневматичної зернової сівалки закріплюється на рамі сівалки (на рис. 2.5 не показано) з використанням хомута 2. Під час руху сівалки однодисковий сошник 3, обертаючись у підшипниковому вузлі 4 під дією сил

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

тертя, розрізає ґрунт. Висівний башмак 7 відгортає по боках ґрунт, утворюючи борозенку трапецієподібної форми.

Під дією потоку повітря насіння через насіннепровід 11 переміщується до верхнього розтрубу 17 сповільнювача насіння 10. Верхній датчик висіву 12 фіксує час проходження насіння і передає інформацію за допомогою електричних проводів 23 до блока керування 24. В початковий момент в сповільнювачі насіння 10 циліндрична шторка 21 встановлена таким чином, що всі отвори 16 на перфорованому циліндрі 15 є відкритими. Частина повітря виходить крізь отвори 16, зменшуючи швидкість потоку повітря на виході з нижнього розтрубу 18. Швидкість насіння, яке при цьому рухається під дією повітряного потоку зменшується. Сповільнене насіння потрапляє до насінневої трубки 9 і каналу для насіння 8 висівного башмака 7. Нижній датчик висіву 15 фіксує час проходження насіння і передає інформацію за допомогою електричних проводів 23 до блока керування 24.

Далі насіння вилітає з каналу для насіння 8 висівного башмака 7 й потрапляє до утвореної борозенки. У разі вискакування від дна борозни насіння летить у бік заспокоювача насіння 13, який притиснутий прикочувальним колесом 5, відбивається від нього і потрапляє на дно борозенки. Тим самим зменшується ймовірність вильоту насіння за межі борозенки. Далі загортаюче колесо 6 засипає борозенку із насінням ґрунтом.

За отриманими даними часу проходження насіння у верхньому датчику висіву 12 і нижньому датчику висіву 15 блок керування 24 розраховує норму й точність висіву до та після сповільнювача насіння 10. У разі відхилення норми висіву до і після сповільнювача насіння 10 блок керування 24 за допомогою електричних проводів 23 передає сигнал до сервопривода 19, який за рахунок механічної передачі між зубчастим колесом 20 і зубчастим сектором 22 повертає циліндричну шторку 21 поступово закриваючи отвори 16 перфорованого циліндра 15. Це призводить до збільшення швидкості насіння та запобігає його

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

турбулентному і хаотичному руху. При досягненні однакової норми висіву до і після сповільнювача насіння 10 блок керування 24 за допомогою електричних проводів 23 передає сигнал до сервопривода 19, який за рахунок механічної передачі між зубчастим колесом 20 і зубчастим сектором 22 повертає циліндричну шторку 21 поступово відкриваючи отвори 16 перфорованого циліндра 15. Це в свою чергу призводить до зменшення швидкості насіння і запобігає його відскоку від дна борозенки. Використання висівної секції пневматичної зернової сівалки дозволяє оперативно регулювати швидкість руху насіння, що забезпечить зменшення ймовірності його травмування та вильоту з борозенки і, як наслідок, призведе до запобігання зменшення врожаю.

Спираючись на дослідження [131, 143–146], для досягнення поставленої мети було обрано конструкцію та сітку внутрішньої області сповільнювача насіння із зазначенням геометричних розмірів, що наведено на рис. 2.6.

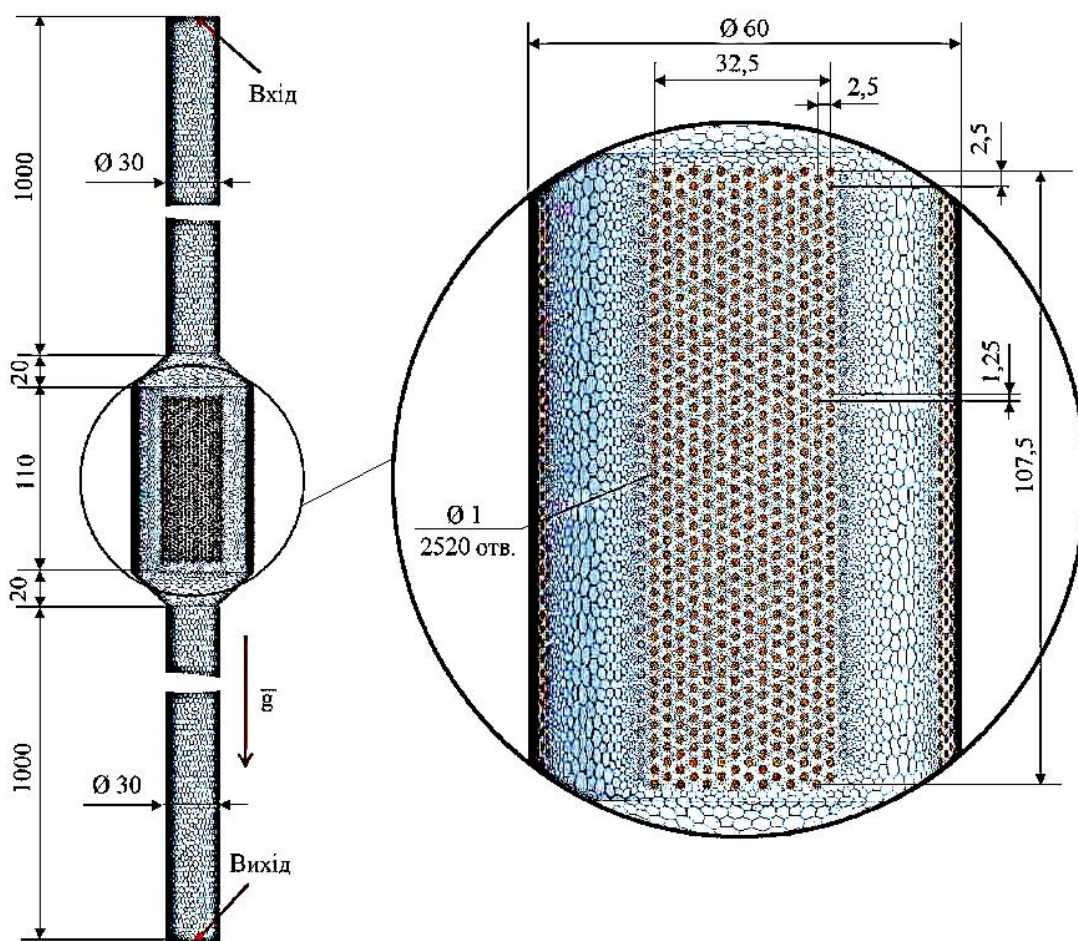


Рис. 2.6. Схема конструкції та сітки внутрішньої області сповільнювача насіння.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

Геометричні розміри сповільнювача насіння визначалися з урахуванням можливостей його розташування на сівалці та у відповідності з конструктивними особливостями пневматичної зернової сівалки John Deere 1890, яка наявна та застосовується в умовах ТОВ АПК «Магнат» Чернігівської області.

2.3. Обґрунтування експлуатаційних параметрів заспокоювача насіння з еластичних матеріалів

Заспокоювач насіння (рис. 2.5) виконує функцію обмежувача руху насіння після його відбиття від дна борозенки. Для обґрунтування форми зазначеного заспокоювача розглянемо кінематику руху насінини після вильоту з висівного башмака. Складемо розрахункову схему (рис. 2.7) і приймемо наступні припущення і спрощення: насінина представляється у вигляді матеріальної точки; розглядається плоска задача; опір повітря на насінину не діє; в результаті відскоку насіння від поверхні, її швидкість зменшується на коефіцієнт відновлення [147].

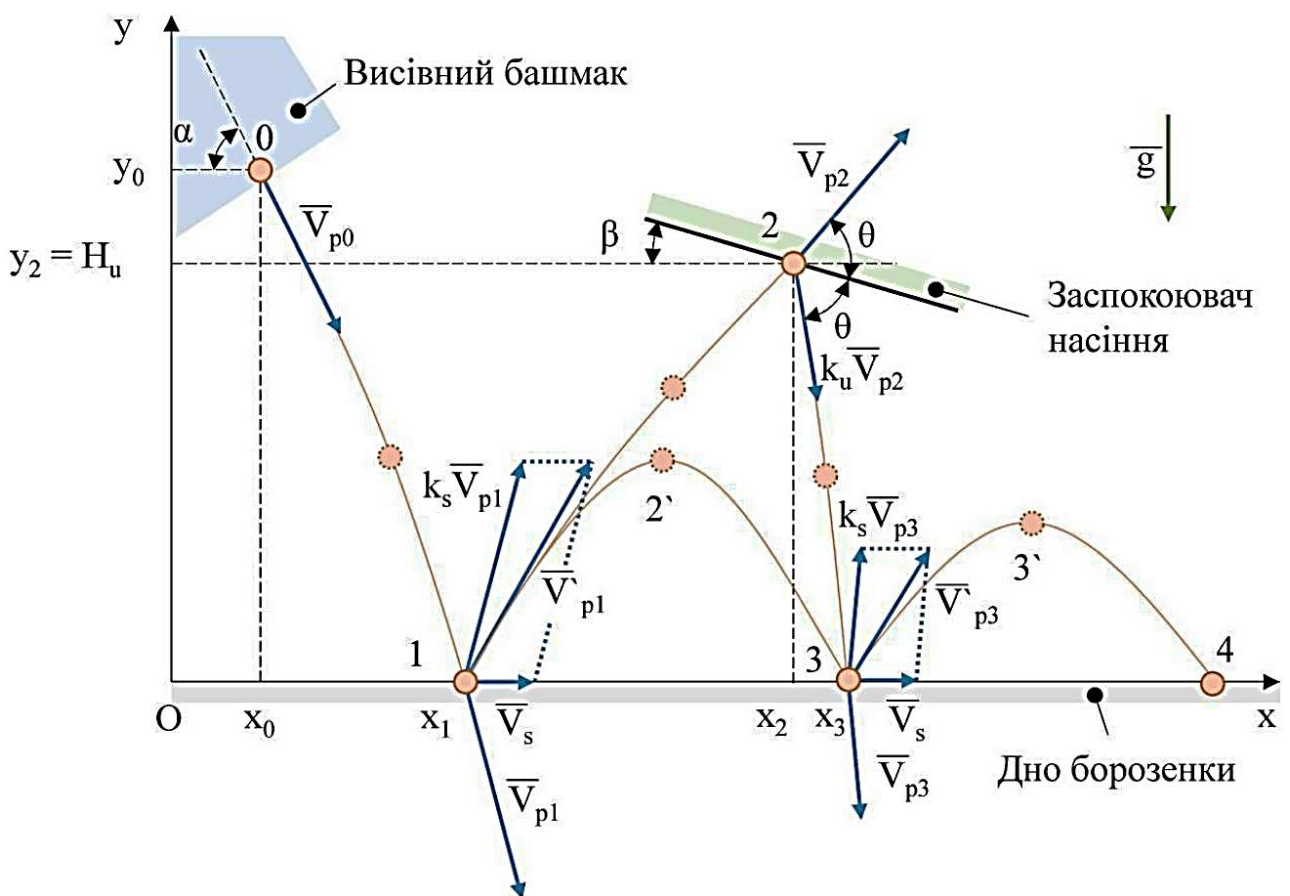


Рис. 2.7. Розрахункова схема руху насіння після вильоту з висівного башмака висівної секції пневматичної зернової сівалки John Deere 90 Series.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк. 43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

Розіб'ємо траєкторію руху насінини на декілька ділянок:

- 0-1 виліт з висівного башмака, характеризується початковою швидкістю руху насінини \overline{V}_{p_0} , кутом вильоту α і координатами початкового розміщення x_0, y_0 ;
- 1-2 відбиття насінини від дна борозенки, характеризується коефіцієнтом відновлення для ґрунту k_s і горизонтальною відносною швидкістю руху поверхні ґрунту \overline{V}_s ;
- 2-3 відбиття насінини від заспокоювача насіння, характеризується коефіцієнтом відновлення для матеріалу заспокоювача k_u , висотою його розміщення H_u і кутом нахилу β ;
- 3-4 повторне відбиття насінини від дна борозенки, характеризується коефіцієнтом відновлення швидкості для ґрунту k_s і горизонтальною відносною швидкістю руху поверхні \overline{V}_s .

Спираючись на загальноприйняті положення кінематики [148, 149] розглянемо кінематичні рівняння руху насінини для кожної зазначеної вище ділянки. Для ділянки 0-1:

$$\begin{cases} x_1(t_{01}) = x_0 + V_{p_0} \cos \alpha t_{01}, \\ y_1(t_{01}) = y_0 + V_{p_0} \sin \alpha t_{01} - \frac{gt_{01}^2}{2}, \\ V_{p_{1x}}(t_{01}) = V_{p_0} \cos \alpha, \\ V_{p_{1y}}(t_{01}) = -V_{p_0} \sin \alpha - gt_{01}. \end{cases} \quad (2.1.)$$

- де x_1, y_1 – поточні значення координат насіння на ділянці 0-1, м;
 x_0, y_0 – початкові значення координат насіння на ділянці 0-1, м;
 V_{p_0} – початкова швидкість вильоту насінини на ділянці 0-1, м/с;
 α – початковий кут вильоту насінини на ділянці 0-1, м/с;
 t_{01} – поточний час на ділянці 0-1, с;
 $V_{p_{1x}}, V_{p_{1y}}$ – поточні значення проєкцій швидкостей руху насіння на ділянці 0-1, м;
 g – прискорення вільного падіння, м/с².

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

В точці 2 відбувається відбиття насіння від дна борозенки і зміна швидкості з урахуванням відносної швидкості переміщення поверхні й коефіцієнта відновлення:

$$\begin{cases} V'_{p1x}(t_1) = k_s V_{p1x}(t_1) + V_s, \\ V'_{p1y}(t_1) = -k_s V_{p1x}(t_1), \end{cases} \quad (2.2.)$$

де V'_{p1x}, V'_{p1y} – значення проєкцій швидкостей руху насіння в точці 1 після відбиття, м/с;

V_{p1x}, V_{p1y} – значення проєкцій швидкостей руху насіння в точці 1 до відбиття, м/с;

t_1 – момент знаходження насіння в точці 1, с;

V_s – горизонтальна відносна швидкість руху поверхні, м/с;

k_s – коефіцієнт відновлення швидкості насіння при ударі об поверхню ґрунту.

Момент знаходження насіння в точці 1 можна визначити з умови:

$$y_1(t_1) = 0, \quad t_1 > 0.$$

$$t_1 = \frac{-V_{p0} + \sqrt{(V_{p0} \sin \alpha)^2 + 2gy_0}}{g}. \quad (2.3.)$$

Для ділянки 1-2:

$$\begin{cases} x_1(t_{01}) = x_0 + V_{p0} \cos \alpha t_{01}, \\ y_1(t_{01}) = y_0 + V_{p0} \sin \alpha t_{01} - \frac{gt_{01}^2}{2}, \\ V_{p1x}(t_{01}) = V_{p0} \cos \alpha, \\ V_{p1y}(t_{01}) = -V_{p0} \sin \alpha - gt_{01}. \end{cases} \quad (2.4.)$$

де x_2, y_2 – поточні значення координат насіння на ділянці 1-2, м;

t_{12} – поточний час на ділянці 1-2, с;

V_{p2x}, V_{p2y} – поточні значення проєкцій швидкостей руху насіння на ділянці 1-2, м.

Якщо швидкість руху насіння достатньо висока, то в точці 2 відбувається відбиття насіння від поверхні заспокоювача та зміна швидкості з урахуванням коефіцієнта відновлення. Вирішуючи геометричну задачу з рис. 2.7 маємо:

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

$$\begin{cases} V'_{p2x}(t_2) = k_u \sqrt{V_{p2x}^2(t_2) + V_{p2y}^2(t_2)} \cos \left(2\beta + \arccos \frac{V_{p2x}(t_2)}{\sqrt{V_{p2x}^2(t_2) + V_{p2y}^2(t_2)}} \right) \\ V'_{p2y}(t_2) = -k_u \sqrt{V_{p2x}^2(t_2) + V_{p2y}^2(t_2)} \sin \left(2\beta + \arccos \frac{V_{p2x}(t_2)}{\sqrt{V_{p2x}^2(t_2) + V_{p2y}^2(t_2)}} \right) \end{cases} \quad (2.5.)$$

де V'_{p2x}, V'_{p2y} – значення проєкцій швидкостей руху насіння

в точці 2 після відбиття, м/с;

V_{p2x}, V_{p2y} – значення проєкцій швидкостей руху насіння

в точці 2 до відбиття, м/с;

t_2 – момент знаходження насіння в точці 2, с;

k_u – коефіцієнт відновлення швидкості насіння

при ударі об поверхню заспокоювача.

Момент знаходження насіння в точці 2 можна визначити з умови $y_2(t_2) = H_u$,

$t_2 > 0$:

$$t_2 = \frac{v'_{p1y} + \sqrt{(v'_{p1y})^2 + 2g(y_0(t_1) - H_u)}}{g}. \quad (2.6.)$$

Для ділянки 2-3:

$$\begin{cases} x_3(t_{23}) = x_2(t_2) + V'_{p2x} t_{23}, \\ y_3(t_{23}) = y_2(t_2) + V'_{p2y} t_{23} - \frac{gt_{23}^2}{2}, \\ V_{p3x}(t_{23}) = V'_{p2x}, \\ V_{p3y}(t_{23}) = V'_{p2y} - gt_{23}. \end{cases} \quad (2.7.)$$

де x_3, y_3 – поточні значення координат насіння на ділянці 2-3, м;

t_{23} – поточний час на ділянці 2-3, с;

V_{p3x}, V_{p3y} – поточні значення проєкцій швидкостей руху насіння

на ділянці 2-3, м.

В точці 3 відбувається відбиття насіння від дна борозенки і зміна швидкості з урахуванням відносної швидкості переміщення поверхні і коефіцієнта відновлення:

						Арк.
					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

$$\begin{cases} V'_{p3x}(t_3) = k_s V_{p3x}(t_3) + V_s, \\ V'_{p3y}(t_3) = -k_s V_{p3y}(t_3), \end{cases} \quad (2.8.)$$

де V'_{p3x}, V'_{p3y} – значення проєкцій швидкостей руху насіння
в точці 3 після відбиття, м/с;

V_{p3x}, V_{p3y} – значення проєкцій швидкостей руху насіння
в точці 3 до відбиття, м/с;

t_3 – момент знаходження насіння в точці 3, с.

Момент знаходження насіння в точці 3 можна визначити з умови $y_3(t_3) = 0$,
 $t_3 > 0$:

$$t_3 = \frac{v'_{p2y} + \sqrt{(v'_{p2y})^2 + 2gy_2(t_2)}}{g}. \quad (2.9.)$$

Якщо швидкість руху насіння достатньо низька, то вона не досягає
заспокоювача, а летить по параболічній траєкторії до дна борозенки в точку 3. Тоді
момент знаходження насіння в точці 3 можна визначити з умови $y_2(t_3) = 0$, $t_3 > 0$:

$$t_3 = \frac{v'_{p1y} + \sqrt{(v'_{p1y})^2 + 2gy_1}}{g}. \quad (2.10.)$$

Для ділянки 3-4:

$$\begin{cases} x_4(t_{34}) = x_3(t_3) + V'_{p32x}t_{34}, \\ y_4(t_{34}) = y_3(t_3) + V'_{p32y}t_{34} - \frac{gt_{34}^2}{2}, \\ V_{p4x}(t_{34}) = V'_{p32x}, \\ V_{p4y}(t_{34}) = V'_{p32y} - gt_{34}. \end{cases} \quad (2.11.)$$

де x_4, y_4 – поточні значення координат насіння на ділянці 3-4, м;

t_{34} – поточний час на ділянці 3-4, с;

V_{p4x}, V_{p4y} – поточні значення проєкцій швидкостей
руху насіння на ділянці 3-4, м.

Насіння летить по параболічній траєкторії до дна борозенки в точку 4. Тоді
момент знаходження насіння в точці 4 можна визначити з умови $y_4(t_4) = 0$, $t_4 > 0$:

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

$$t_4 = \frac{v'_{p3y} + \sqrt{(v'_{p3y})^2 + 2gy_3(t_3)}}{g}. \quad (2.12.)$$

Сумісне рішення рівнянь (2.1.) - (2.12.) дає змогу отримати траєкторії руху насінини від висівного башмака до дна борозенки (рис. 2.8.).

Для цього були прийняті наступні параметри: $g = 9,81 \frac{m}{c^2}$; $k_s = 0,3$; $k_u = 0,6$; $x_0 = 0 \dots 0,02$ м; $y_0 = 0,15 \dots 0,17$ м; $V_s = 1 \frac{m}{c}$.

Інші параметри варіювалися в зазначених межах: $V_{p_0} = 4 \dots 20 \frac{m}{c}$; $\alpha = 5 \dots 60^\circ$; $H_u = 0,02 \dots 0,20$ м, $\beta = 0 \dots 18^\circ$.

Аналіз рис. 2.8 показує, що при певних значеннях змінних параметрів, параболічна траєкторія 3-4 (рис. 2.7.) має вершину нижче, ніж висота розміщення заспокоювача H_u . Ці значення параметрів і є раціональними, так як забезпечується умова не вильоту насіння з дна борозенки, тобто:

$$y_3 < H_u. \quad (2.13.)$$

Ще однією умовою, яку можна досягти — є забезпечення точності висіву за умови якщо: різниця відстані між точками 1-4 і добутком швидкості переміщення сівалки на час, за який насіння потрапляє з точки 1 до точки 4, повинна бути найменшою. Тобто

$$\Delta X = X_4(t_4) - X_1(t_1) - V_s(t_1 + t_1 + t_1 + t_1) \rightarrow \min. \quad (2.14.)$$

Аналізуючи рис. 2.8 бачимо, що із збільшенням кута нахилу β і висоти розміщення H_u заспокоювача збільшується висота параболічної траєкторії насіння після відскоку від дна борозенки y_3 та відстань ΔX , що призводить до зниження точності висіву і підвищує ймовірність вильоту насіння за межі висівного ложе. Подібна ситуація спостерігається також для початкової швидкості руху насінин V_{p_0} і кута їх вильоту з висівного башмака α .

Виконуючи умови (2.13) і (2.14), для отриманих залежностей рисунок 2.8 маємо наступні раціональні параметри за умови високих швидкостей (потрапляння насіння до заспокоювача): кути нахилу $\alpha = 47^\circ$; $\beta = 0^\circ$, висота розміщення заспокоювача повинна бути не вище $H_u < 0,134$ м.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

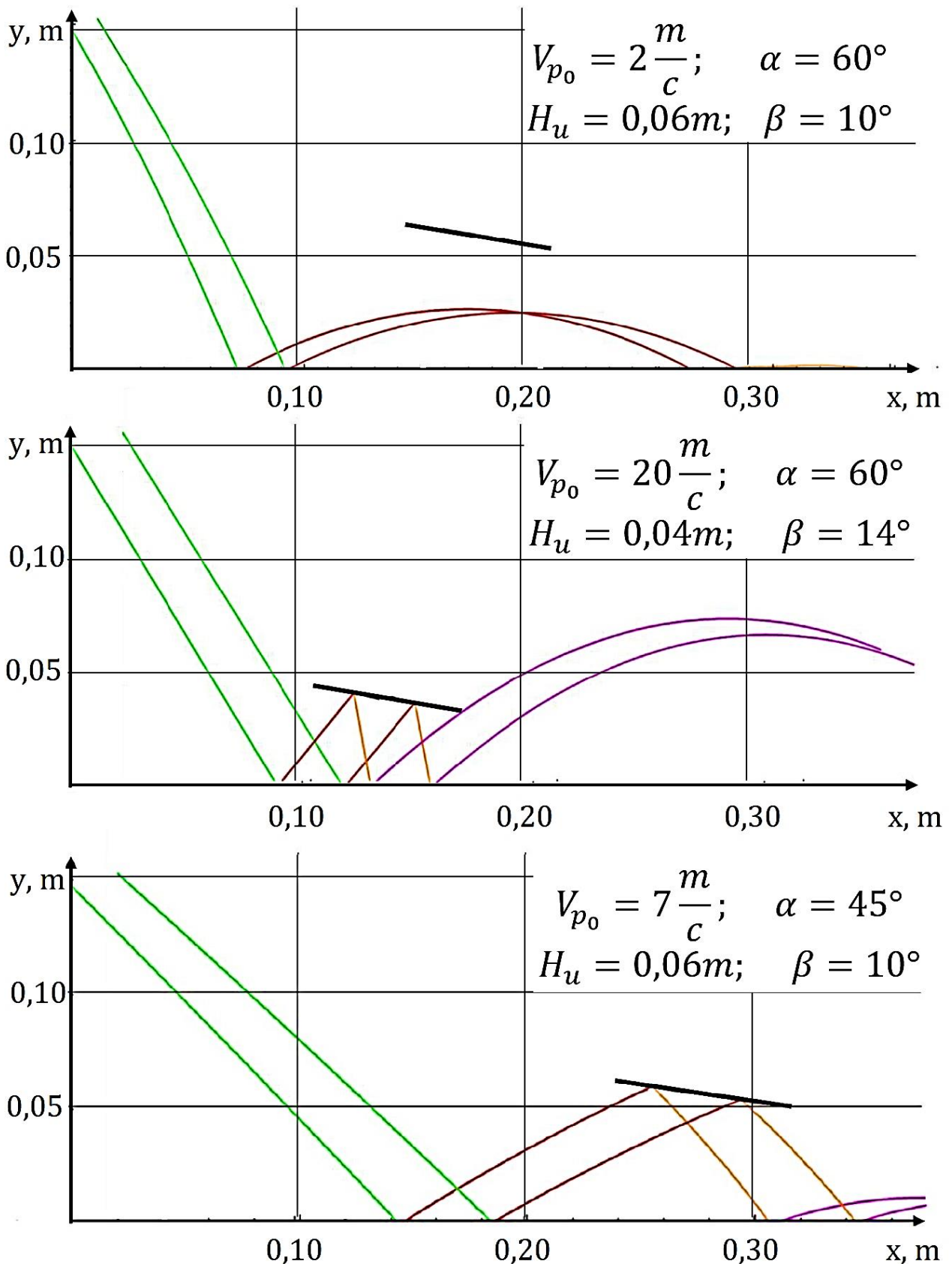


Рис. 2.8. Результати розрахунку траєкторії польоту насіння після вильоту з висівного башмака висівної секції пневматичної зернової сівалки John Deere 90 Series.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк. 49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

Виконуючи умови (2.13) і (2.14), для отриманих залежностей рис. 2.8 маємо наступні раціональні параметри за умови високих швидкостей (потрапляння насіння до заспокоювача): кути нахилу $\alpha = 47^\circ$; $\beta = 0^\circ$, висота розміщення заспокоювача повинна бути не вище $H_u < 0,134$ м. Так як заспокоювач насіння кріпиться до висівного башмака, то початковий кут його нахилу має складати $\alpha = 47^\circ$, а кінцевий $\beta = 0^\circ$. Враховуючи рисунок 2.8 — приймаємо довжину заспокоювача – 150 мм.

Поперечний профіль заспокоювача повинен забезпечувати відбиття насінин, які потрапили на нього при невеликому відхиленні їх траєкторії ($\pm 0,01$ м). Цього можна досягти використовуючи в якості форми профіля заспокоювача параболу із фокусом $p_f = 0,134$ м:

$$y = -\frac{z^2}{4p_f} \quad (2.14.)$$

де z – поперечна координата, м.

Враховуючи вище зазначені розрахунки, форму робочої поверхні заспокоювача можна представити у тривимірному вигляді, як показано на рис. 2.9.

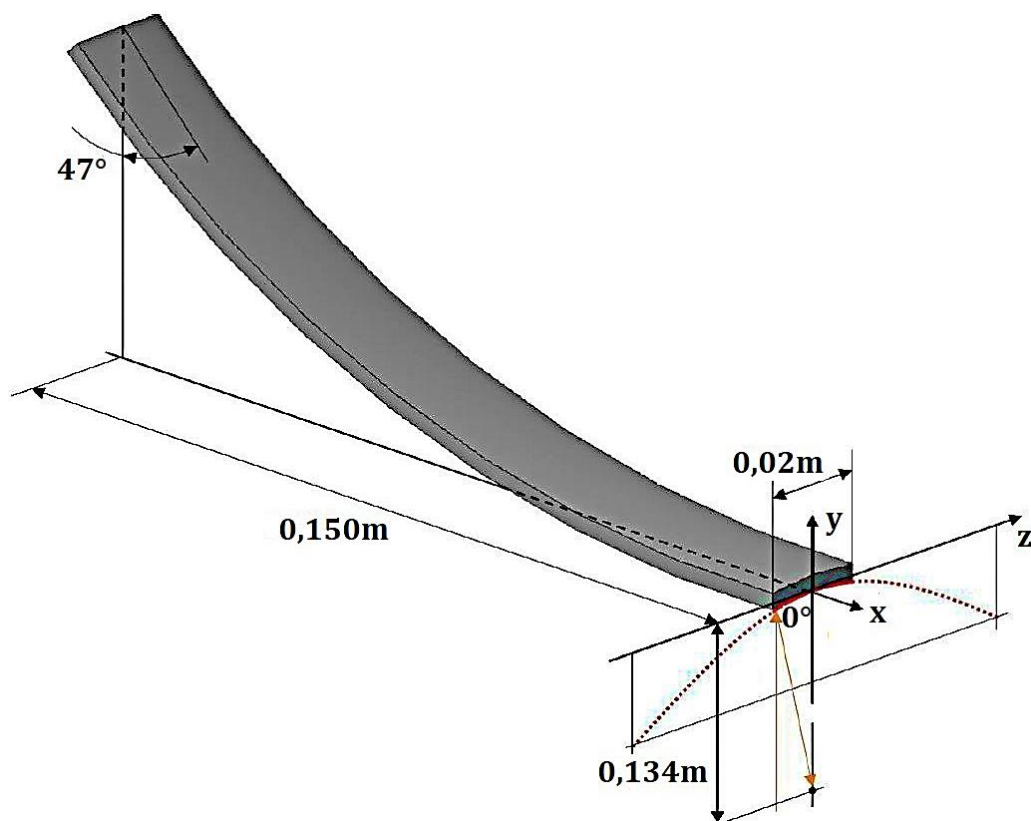


Рис. 2.9. Розрахована тривимірна модель робочої поверхні заспокоювача насіння.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		50

На рисунку 2.9 жовтими стрілками виділено рух насінин та їх відбиття від параболічної поверхні. У відповідності до геометричних властивостей параболи насінина має змінити свою траєкторію руху й поцілити у визначений фокус. Тобто потрапити по середині днища борозенки.

2.5. Розрахунок на міцність удосконалених деталей

Заспокоювач насіння у верхній площині зазнає механічного впливу прикочуючого колеса, а у нижній нерівностей поверхні борозни. При цьому, в зоні контакту заспокоювача з прикочуючим колесом, крім нормальної сили виникає ще й тангенційна, яка обумовлена трикутним перерізом робочої частини колеса та його положенням відносно заспокоювача. Коли колесо тисне на заспокоювач по центру відбувається його згин, коли колесо зсувається від центру заспокоювача, він скручується по повздовжній осі.

Згідно розрахованих конструктивних параметрів заспокоювача (рис. 2.10).

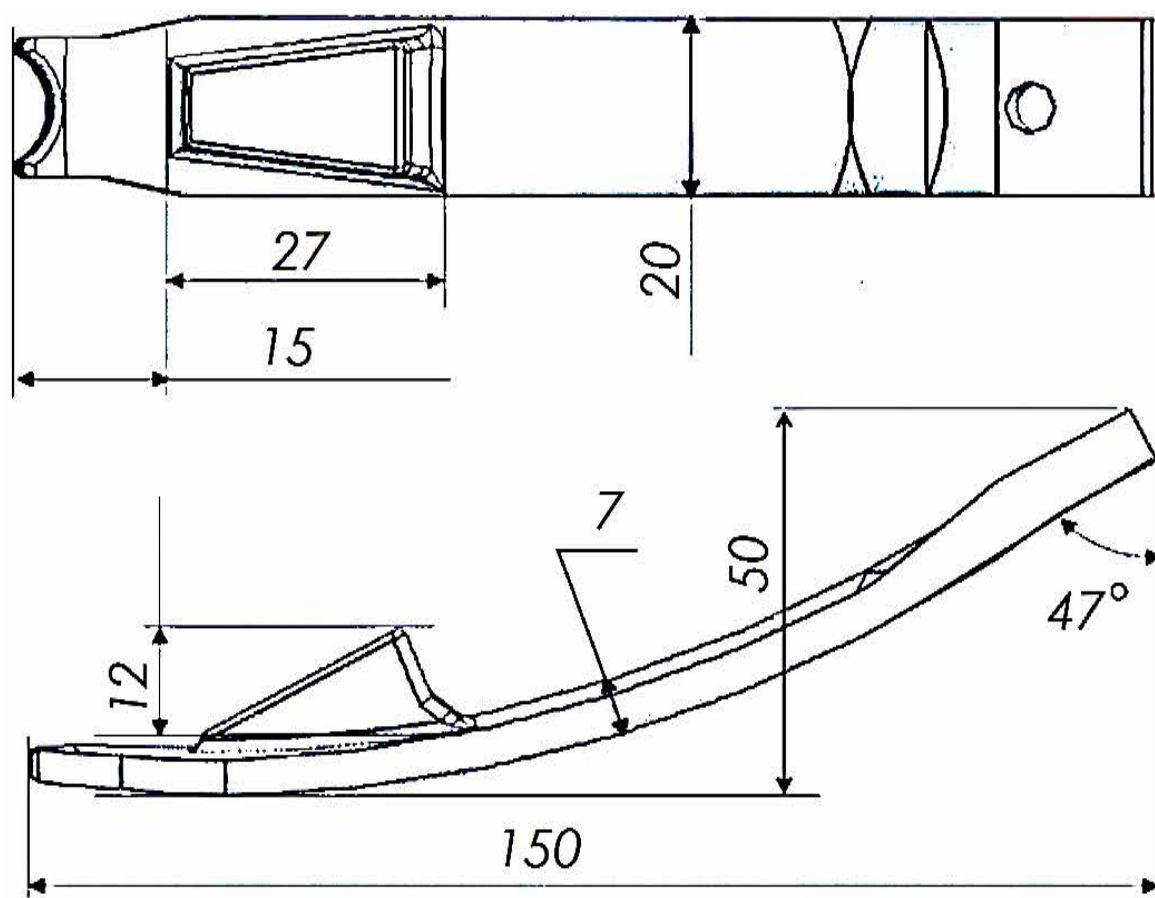


Рис. 2.10. Конструктивні параметри заспокоювача насіння

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		51

Таким чином, крім згину, заспокоювач піддається ще й крученню на кут β_3 , який рівний $\beta_3 = 90 - \frac{\alpha_k}{2}$, де α_k – кут при вершині перерізу робочої частини колеса, град. Для розрахунку приймаємо модель посівної секції $\alpha_k = 40^\circ$. Тому, під час вибору матеріалу заспокоювача насіння, треба враховувати його здатність до опору кручення.

Розрахунок деформації кручення

1) Визначаємо зовнішні крутні моменти за формулою:

$$M = \frac{P \cdot 10^3}{\omega}. \quad (2.15.)$$

2) Методом перерізів визначаємо внутрішні крутні моменти $M_{кр.мах}$.

3) Із умови міцності:

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр.мах}}{W_\rho} \leq [\tau_{кр}], \quad (2.16.)$$

де W_ρ момент опору при крученні,

$[\tau_{кр}]$ допустиме дотичне напруження, МПа = $\left(\frac{Н}{мм^2}\right)$

$M_{кр.мах}$ максимальний внутрішній крутний момент.

Для кола: $W_\rho = \frac{\pi d^3}{16}. \quad (2.10.)$

Підставляємо у формулу умови міцності, отримуємо:

$$\tau_{кр} = \frac{16M_{кр.мах}}{\pi d^3} \leq [\tau_{кр}], \quad (2.17.)$$

4) Умова жорсткості при крученні

$$\varphi_0 = \frac{M_{кр.мах}}{GI_\rho} \leq [\varphi_0], \quad (2.18.)$$

д $G = 8 \cdot 10^4$ МПа є або $8 \cdot 10^{10}$ Па

G коефіцієнт пропорційності, модуль пружності II-роду,

I_ρ полярний момент інерції, для кола $I_\rho = \frac{\pi d^4}{32}$.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк. 52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

$$\frac{M_{кр.мах}}{G \frac{\pi d^4}{32}} \leq [\varphi_0], \quad (2.19.)$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{32 M_{кр.мах}}{G \pi [\varphi_0]}}. \quad (2.20.)$$

В результаті розрахунків деформації кручення заспокоювача насіння отримано значення зусилля 60 Н, це зусилля, що необхідно прикласти для його кручення на кут 70° . Аналізуючи результатами розрахунків на міцність заспокоювача насіння можна стверджувати наступне: для матеріал TPU 40A зусилля кручення становлять 60 Н.

Розрахунок деформації згину

Характер деформації заспокоювача насіння в межах пружних деформацій дозволяє відзначити наступні основні її особливості:

1. Поздовжні прямі на бічній поверхні заспокоювача насіння набувають форми дуг кола.
2. Поперечні прямі залишились прямими, нахилились і прийняли радіальне положення.
3. Поперечні перерізи заспокоювача насіння змінили свої розміри таким чином, що вимірявши поперечну та поздовжню деформації для одного і того ж шару волокон, одержимо наступний результат:

$$\frac{\varepsilon_{\text{попереч}}}{\varepsilon_{\text{повздовж}}} = \mu. \quad (2.21.)$$

4. Кути прямокутних перерізів, позначених на бічній поверхні заспокоювача насіння, залишаються прямими.
5. На увігнутому боці заспокоювача насіння поздовжні «волокна» скоротились, а на опуклій стороні — видовжились.

Визначимо величину абсолютного видовження волокна aa' на відстані z від нейтрального «волокна» 0_10_2 .

$$\begin{aligned} \overline{\Delta aa'} &= \overline{aa'} - \overline{00_1} = (\rho + z)d\varphi - dx = \\ &= (\rho + z)d\varphi - \rho d\varphi \end{aligned} \quad (2.22.)$$

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

Розглянемо рівновагу нескінченного малого елемента довжиною dx , виділивши елементарну площадку ds (рис. 2.11).

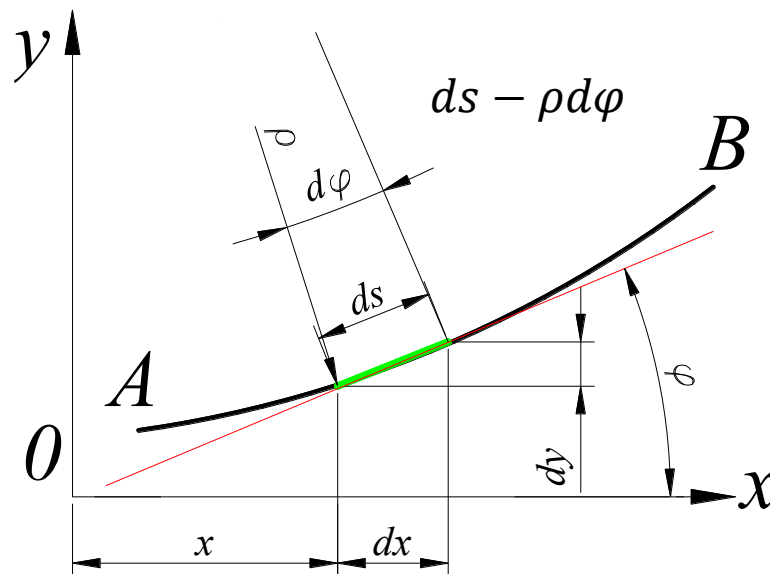


Рис. 2.11. Розрахункова схема заспокоювача насіння

Візьмемо до уваги, що з лівого боку елемента, в його поперечному перерізі виникає згинальний момент M_x , а з правого боку в його поперечному перерізі, діють елементарні сили $dN = \sigma ds$ по кожній елементарній площадці ds .

Розглянемо умови рівноваги елемента заспокоювача насіння довжиною dx :

$$\sum x = 0; \quad dN = \sigma ds = 0; \quad N = \int_S \sigma ds = 0;$$

$$\text{але } \sigma = E \frac{z}{\rho}, \text{ тоді: } \frac{E}{\rho} = \int_S \sigma ds = 0; \quad \frac{E}{\rho} \neq 0. \quad (2.23.)$$

Одержаний інтеграл $\int_S y \cdot z \cdot ds = 0$ є відцентровий момент інерції площі поперечного перерізу заспокоювача насіння відносно осей z і y . Рівність його нулю вказує на те, що осі z і y є головними центральними осями інерції поперечного перерізу.

Побудуємо епюри розподілу нормальних напружень по висоті прямокутного перерізу заспокоювача насіння. Для цього скористаємось залежністю (2.24):

$$\sigma = \frac{M_x \cdot z}{I_y}, \quad (2.24.)$$

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

де z – відстань від нейтральної осі перерізу заспокоювача насіння до точки, в якій визначають напруження; I_y – осьовий момент інерції площі поперечного перерізу відносно осі y ; M_x – згинальний момент в перерізі заспокоювача насіння.

Із формули (2.24) видно, що по мірі віддалення від нейтральної осі перерізу заспокоювача насіння, тобто із збільшенням відстані z , нормальні напруження зростають і найбільші величини набувають в крайніх точках перерізу. За абсолютною величиною вони рівні, але протилежні за знаком (рис. 2.12).

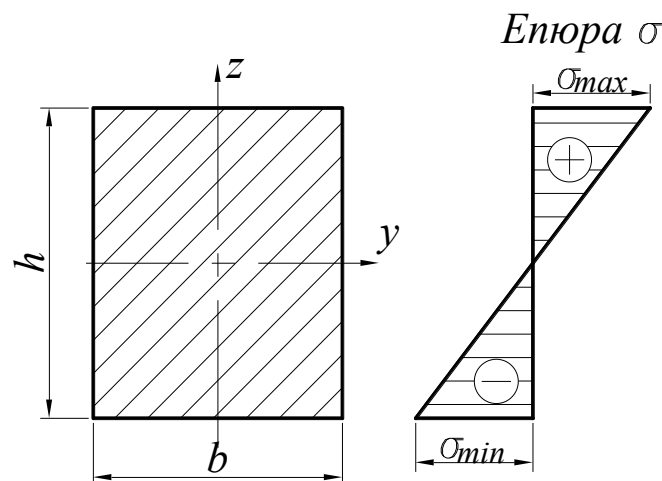


Рис. 2.12. Епюри розподілу нормальних напружень по висоті прямокутного перерізу заспокоювача насіння

Для точок перерізу при $z = z_{max}$:

$$\sigma_{max} = \frac{M_x \cdot z_{max}}{I_y} = \frac{M_x}{\frac{I_y}{z_{max}}}, \quad (2.25.)$$

де $\frac{I_y}{z_{max}} = W_y$ – осьовий момент опору перерізу заспокоювача насіння згину і залежить тільки від його форми і розмірів.

Умова міцності (2.26) заспокоювача насіння у випадку, якщо $W_y = const$ по всій довжині має наступний вигляд:

$$\sigma_{max} = \frac{M_x}{W_y} \leq [\sigma], \quad (2.26.)$$

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		55

де $[\sigma]$ – допустиме нормальне напруження при розтягу для матеріалів з однаковими пружними властивостями при розтягу – стиску. Інакше кажучи, що це є не що інше, як умова міцності для небезпечних точок перерізу при $W_y = const$.

При побудові епюр згинальних моментів завжди визначають положення небезпечного перерізу, в якому згинальний момент досягає максимальної величини. Тоді, в загальному випадку, умова міцності для небезпечних точок небезпечного перерізу заспокоювача насіння набуде вигляду:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_y} \leq [\sigma]. \quad (2.24.)$$

Із отриманої умови міцності можна зробити висновок, що нормальні напруження в поперечних перерізах значно залежать від W_y . Тому, при конструюванні будь-яких згинальних елементів, важливе значення в економічному використанні матеріалу, а також довговічній і надійній роботі конструкції, має питання про раціональну форму поперечного перерізу.

В результаті розрахунків деформації при згині заспокоювача насіння встановлено динаміку зусилля, що необхідно прикласти для згину на величину ± 15 мм. Дані аналітичних розрахунків зусиль наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Мінімальне і максимальне розрахункове значення зусиль
заспокоювачів насіння

Матеріал	TRU-40A
Мінімальне значення сили, Н	$-0,867 \pm 0,015$
Максимальне значення сили, Н	$0,881 \pm 0,015$

За результатами аналітичних розрахунків втомив заспокоювачів використано дані отримані для сил у верхній F_{max}^u та нижній F_{max}^d точках коливання. Використовуючи результати розрахунків, що виконані за допомогою застосування «Excel 2016», отримано значення найбільшої кількості коливань для TRU 40A, що наведені в табл. 2.2.

Найбільша кількість коливань, тис.шт., при яких виконується умова (табл. 2.1)

Матеріал	TRU 40A
Найбільша кількість коливань для F_{max}^d	3638
Найбільша кількість коливань для F_{max}^u	3763
Середнє значення	3701

Аналіз даних [21] показує, що найбільшу кількість коливань витримує заспокоювач виготовлений з TPU 40A — 3701 тис. шт.

Умова міцності витримана.

2.5. Спосіб виготовлення зразків заспокоювача насіння за технологією 3D друку

Технологія 3D друку — це метод виробництва, заснований на передовій технології пошарового створення об'єктів. Це кардинально відрізняється від традиційних виробничих процесів. На відміну від субтрактивних методів (таких як фрезерування), де матеріал видаляється із заготівлі, 3D друк створює об'єкти шляхом додавання матеріалу шар за шаром. Це дозволяє створювати складні геометричні форми, які було б важко або неможливо виготовити традиційними методами.

3D друк пропонує ряд істотних переваг порівняно з традиційними методами виробництва: свобода дизайну — можливість створювати складні геометричні форми без додаткових витрат; швидке прототипування — значне скорочення часу від ідеї до готового прототипу; кастомізація — легкість створення унікальних, персоналізованих виробів; економія матеріалу — мінімальні відходи порівняно з субтрактивними методами; зниження витрат на виробництво — відсутність необхідності в дорогих формах і інструментах. Ці переваги роблять 3D друк привабливим для широкого спектра галузей — від сільгоспмашинобудування до медицини та освіти.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

Відправною точкою для будь-якого процесу 3D друку є цифрові 3D моделі. Вони можуть бути створені за допомогою різних комп'ютерних програм 3D моделювання (рис. 2.13).

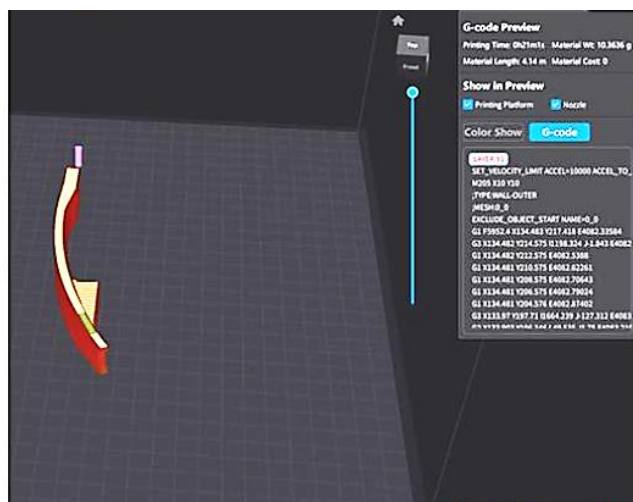


Рис. 2.13. Інтерфейс застосунку Crealitiy Print для створення G-коду заспокоювача насіння за технологією 3D друку.

Альтернативним способом отримання 3D моделі є 3D сканування реального об'єкта (рис. 2.14).



Рис. 2.14. 3D-сканер CR-Scan Ferret se.

Після створення моделі її необхідно підготувати до друку. Цей процес включає «нарізку» моделі на шари, перетворюючи конструкцію на файл, який зчитується 3D принтером. На цьому етапі також визначаються параметри друку, такі як товщина шару, швидкість друку, температура та інші налаштування, що залежать від конкретної технології та матеріалу. Існує кілька різних технологій 3D друку, які обробляють матеріали різними способами для створення кінцевого об'єкта.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

Найбільш поширеною є технологія моделювання методом пошарового наплавлення пластикова нитка розплавляється і видавлюється через сопло, формуючи об'єкт шар за шаром. Вибір технології залежить від потрібних властивостей кінцевого виробу, матеріалу та бюджету.

3D принтер Creality K1 Max і Bambu Lab P1S, можуть задовольнити потреби як початківців, так і досвідчених користувачів. Creality K1 Max (рис. 2.15) може привабити користувачів, які цінують більшу робочу область і готові витратити час на налаштування та оптимізацію свого обладнання. Його відкрита прошивка на основі Klipper надає широкі можливості для експериментів і кастомізації.



Рис. 2.15. 3D принтер Creality K1 Max.

Обидва принтери є чудовими представниками нового покоління високошвидкісних 3D-принтерів. Вони здатні значно пришвидшити процес прототипування та виробництва моделей, зберігаючи при цьому високу якість друку. Згідно розрахованих конструктивних параметрів заспокоювача (розділ 2.4 рис. 2.10) виготовляються зразки з різних конструктивних матеріалів (рис. 2.16).

Аналіз інформаційних джерел показав, що для виготовлення заспокоювача насіння раціональніше застосовувати Exaflex TPU — це лінійка високотехнологічних поліуретанів, що забезпечують механічну міцність, стійкість до зношування та опір ковзанню. В таблиці 2.3 приведені технологічні показники режимів 3D-друку заспокоювачів насіння.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

Режими 3D-друку заспокоювачів насіння з різних матеріалів

Матеріал	Nylon	Nylon-CCF	TPU 40A	Elastan D100	Elastan D70	ABS
Температура екструдера, °C	250	250	230	240	250	230
Температура платформи, °C	80	110	60	100	100	100
Швидкість друку, мм/с	60	60	30	80	80	80
Обдув моделі	ні	ні	так	так	так	ні



Рис. 2.16. Заспокоювач насіння виготовлений за технологією 3D друку.

Широкий діапазон можливих ступенів твердості робить Emaxflex TPU ідеальним матеріалом для виготовлення компонентів машинобудівної галузі та автоіндустрії. Тому раціонально використовувати матеріал TPU 40A. При перерахунку отримуємо, що заспокоювач з TPU 40A здатний витримувати 1028 год або 6750 га експлуатації. Це значення перевищує ресурс сівалки John Deere 90 Series до технічного обслуговування в 6000 га [154-156] на 12,5%.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		60

РОЗДІЛ 3
ОХОРОНА ПРАЦІ

**3.1. Загальні відомості щодо дотримання вимог безпеки праці
у виробничій діяльності ТОВ АПК «Магнат»**

Вимоги безпеки у галузі сільського господарства визначено Правилами охорони праці у сільськогосподарському виробництві, що затверджені наказом Міністерства соціальної політики України. Безпека праці підтримується шляхом виконання комплексу заходів щодо запобігання травматизму, захворювань і аварій. Використання сільськогосподарської техніки та обладнання у виробничих процесах рослинництва має здійснюватися з урахуванням вимог експлуатаційної документації. Вузли та елементи посівних машин, що рухаються, обертаються та можуть становити небезпеку, мають бути огорожені захисними кожухами, що забезпечують безпеку працівників. Перед виконанням робіт необхідно переконатися, що дроти повітряних ліній електропередач не буде зачіпати техніка, проїжджаючи під ними. Під час проїзду сільськогосподарської техніки потрібно дотримуватися безпечної дистанції. Правильні розрахунки та дотримання вимог охорони праці дозволяють підвищити рівень безпеки виконання запланованих робіт.

Причиною приблизно 30 % нещасних випадків у сільському господарстві є банальна неуважність і порушення працівниками простих норм безпеки праці під час виконання механізованих процесів. Наприклад, досить часто працівники в рільництві отримують травми внаслідок наїзду автомобіля чи трактора, який рухався заднім ходом. Досі в агрокомплексі не викоренено випадки ризикованого перевезення людей у необладнаному відкритому кузові вантажного автомобіля або й у тракторному причепі. Минулорічна посівна на Чернігівщині не обійшлася без жертв. Тракторист-машиніст під час виконання посівних робіт вийшов з кабіни

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат.				
Розробив	Шевлюга Р. В.				РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник	Бондар М. М.					У	61	4
Перевіри						НУБіП України ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ ГМАШ-2101 англ. (МОБ)		
Н. контр.	Пилипенко А. П.							
Консульт.								

трактора, що рухався, та потрапив під зернову сівалку, отримавши при цьому травми, несумісні із життям.

До небезпечних факторів, що можуть спричинити нещасний випадок під час проведення посівної компанії належать —

відсутність:

- попереджувальних знаків і написів на сільгоспмашинах;
- інструкцій з охорони праці, технічних описів та інструкцій з експлуатації машин та обладнання;
- захисних (огороджувальних) пристроїв на рухомих частинах машин та обладнання;
- двостороннього зв'язку на агрегатах, де працюють двоє і більше осіб;
- заземлення на електрообладнанні та ємностей для зберігання й перевезення паливо-мастильних матеріалів;
- захисних пристроїв на охолоджених і нагрітих частинах машин та обладнання;
- або несправність захисних огорож (кожухів) на мобільних робочих місцях;
- або невідповідність технічним умовам засобів колективного та індивідуального захисту, спецодягу, спецвзуття;

несправність:

- або відсутність вентиляційного та опалювального обладнання у кабінах тракторів і комбайнів;
- механізмів керування та гальмівних систем машин;
- пускових та блокувальних пристроїв;
- електрообладнання машин і механізмів;
- тягово-зчіпних пристроїв;
- або неприєднання гальмівної системи причіпних машин до гальмівної системи тракторів.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

Розуміючи виняткову важливість дотримання безпечних умов праці у машиновикористанні, менеджмент ТОВ АПК «Магнат» уділяє значну увагу сфері діяльності, що регламентує питання охорони праці під час виконання механізованих робіт у рослинництві: сівбі сільськогосподарських культур, виконанню інших видів робіт. Зважаючи на це, у рамках виконання дипломного проекту бакалавра, одне із завдань, виконання якого уможливило досягнення мети дипломного проекту, стосується дотримання вимог безпеки праці під час проведення посівної компанії в умовах ТОВ АПК «Магнат».

3.2. Дотримання вимог безпеки праці під час проведення посівної компанії в умовах ТОВ АПК «Магнат»

Перед початком посівної компанії необхідно скласти технологічну карту робіт, до якої включити всі аспекти майбутніх виробничих операцій (агрономічні, економічні, технічні тощо), зокрема й обов'язково питання охорони праці.

Підготовка техніки

Слід провести ретельну перевірку технічного стану сільськогосподарських машин, які намічено задіяти в ході посівної. Така перевірка здійснюється одночасно з технологічним налаштуванням механізмів. При цьому необхідно керуватися вимогами нормативно-правових актів про охорону праці та інструкціями з експлуатації, наданими виробниками техніки. Перевірку слід проводити силами служби (спеціаліста) агропідприємства з охорони праці разом з головним інженером або керівником служби експлуатації.

В ході перевірки необхідно переконатися у: відповідності конструкції машин і механізмів, які будуть застосовуватися під час посівної, чинним стандартам безпеки праці; наявності акту ремонтної організації про відповідність відремонтованих агрегатів вимогам безпеки; наявності сертифікатів відповідності, які підтверджують безпечність використання машин та устаткування, виготовленого за межами України; наявності необхідних попереджувальних написів на вузлах і агрегатах сільгоспмашин. Метою перевірки є недопущення до використання у весняних польових роботах несправної техніки, а також машин

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

і механізмів, до конструкції яких внесені зміни, не передбачені виробником. Зокрема, слід категорично заборонити використовувати в роботах трактори з ручним (шнуровим) запуском двигуна. Особливої уваги при підготовці до виконання весняних польових робіт має контроль протипожежного стану пунктів (агрегатів) заправлення тракторів і автомобілів паливом відповідно до вимог нормативних документів. Для забезпечення безвідмовної роботи машин і механізмів та попередження травматизму необхідно організувати службу технічного обслуговування та ремонту техніки в полі.

Підготовка поля та визначення маршруту

Слід виконувати у денний час, в умовах хорошої видимості. Необхідно оглянути поле, на якому будуть проводитися посівні роботи, з метою усунення перешкод під час виконання робіт. Слід прибрати каміння та великі грудки землі, купи пожнивних залишків, засипати ями тощо. Поле необхідно обробити культиватором на глибину загортання насіння. Небезпечні місця (каміння, яри, канави тощо) слід позначити добре помітними знаками висотою до 3 м. Під час огляду поля необхідно визначити спосіб та напрямок руху агрегатів, підготувати поворотні смуги, обрати найзручніші під'їзди до відповідних ділянок. Поблизу небезпечних місць ширина поворотної смуги повинна бути не вужчою, ніж подвійний мінімальний радіус розвороту самохідного технічного засобу. Пересування машинних агрегатів і комплексів машин до місця роботи та під час виконання робіт має здійснюватися відповідно до заздалегідь розроблених маршрутів і технологій, затверджених керівником чи головним агрономом ТОВ АПК «Магнат». З цими правилами мають бути ознайомлені всі учасники посівних робіт.

Підготовка персоналу та робочих місць

Працівники ТОВ АПК «Магнат», які мають брати участь у проведенні весняних польових робіт, повинні пройти відповідний інструктаж з охорони праці та пожежної безпеки. Постійні та тимчасові робочі місця персоналу повинні мати належне освітлення. Для забезпечення належних умов праці на посівній необхідно

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

організувати в польових умовах пункти обігріву й харчування працівників, а також можливість надання їм оперативної медичної допомоги в разі необхідності. Для роботи в полі тракторні екіпажі та віддалені бригади необхідно забезпечити засобами зв'язку.

Робота в полі

Після першого проходу машини полем слід ще раз перевірити справність робочих органів агрегатів. При цьому треба звернути увагу на: технічний стан і комплектність машини; наявність і справність інструментів та пристроїв; надійність кріплення робочих органів; наявність пристосувань для очищення робочих органів машин від ґрунту (чистиків, гачків тощо). Розвороти навісних і напівнавісних машин слід здійснювати в піднятому стані, а причіпних — з вийнятими з ґрунту робочими органами. Швидкість руху машин при виконанні розворотів не повинна перевищувати 4 км/год. Якщо на полі працює одночасно кілька одиниць техніки, мінімальна дистанція між ними має становити 30 м. Один працівник може обслуговувати лише один агрегат. Важливе значення має узгодженість дій між трактористом і сіячами. Якщо посівний агрегат обслуговують кілька сіячів, один з них призначається старшим і лише він подає сигнали механізатору. Починати рух тракторист може лише після сигналу старшого сіяча.

ЗАБОРОНЕНО:

- допуск працівників до виконання робіт без проходження необхідного інструктажу з охорони праці;
- допуск працівників до робочого місця в стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння;
- використання машин, механізмів обладнання та інструмента в несправному стані та не за призначенням;
- усунення несправності техніки на працюючому обладнанні без його зупинення;
- робота без захисних пристроїв, спецодягу та засобів індивідуального захисту;
- проїзд сільгоспмашинами за незапланованими маршрутами.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗРОБКИ

Однією з основних польових операцій, що визначає майбутній урожай, є сівба, від якості якої залежить як динаміка сходів рослин, так і активність їх росту. При роботі сівалок із пневматичною системою висіву є необхідність створювати та підтримувати повітряний потік, що транспортує насіння, з постійними параметрами індивідуально для певних груп культур. Оцінка економічної ефективності удосконалення пневматичної зернової сівалки John Deere 1890 в умовах ТОВ АПК «Магнат» Чернігівської області, при виконанні технологічної операції сівби озимого ріпаку, визначалася за критеріями відповідно до ДСТУ 4397:2005. При цьому використана методика розрахунку економічної ефективності результатів упровадження нової техніки, винаходів та раціоналізаторських пропозицій [28, 30]. Джерелами вихідних даних для обґрунтування економічної ефективності слугували як матеріали виробничо-технічних періодичних видань, власні виробничі спостереження за роботою пневматичної зернової сівалки John Deere 1890 у господарстві ТОВ АПК «Магнат» так і дані пошуку в наукових джерелах. Так, у дослідженні [3], на основі проведених польових експериментальних досліджень висівної секції пневматичної зернової сівалки точного висіву 90 Series виявлено значний вплив заспокоювача і сповільнювача на точність висіву δ , густоту стояння рослин N та урожайність P . Аналіз [3], показав, що найбільший вплив на точність висіву мають такі фактори, як наявність сповільнювача насіння — (42,09 %), заспокоювача насіння — (29,52 %), швидкість руху сівалки (20,43 %).

Економічний ефект досягається за рахунок значного підвищення точності висіву на 24,9 % й збільшення урожайності ріпаку на 4,1...4,9 % [5]

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат.				
Розробив	Шевлюга Р. В.				РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗРОБКИ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник	Бондар М. М.					у	66	5
Перевіри						НУБІП України ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ		
Н. контр.	Пилипенко А. П.					ГМАШ-2101 англ. (МОБ)		
Консульт.								

У загальному вигляді розрахунки здійснені за виразом:

$$E_{\text{кеф}} = [(P_{\text{ВАН}} - P_{\text{ВЕК}}) + (E_{\text{кеф}}^1 + E_{\text{кеф}}^2)] P_{\text{СН}} ; \quad (4.1)$$

де $E_{\text{кеф}}$ – річний економічний ефект від впровадження результатів удосконалення пневматичної зернової сівалки John Deere 1890 в умовах ТОВ АПК «Магнат» Чернігівської області за сезон (грн.);

$P_{\text{ВАН}}$ – приведені прямі експлуатаційні витрати пневматичної зернової сівалки John Deere 1890, (грн./га);

$P_{\text{ВЕК}}$ – приведені прямі експлуатаційні витрати удосконаленої пневматичної зернової сівалки John Deere 1890, (грн./га);

$E_{\text{кеф}}^1$ – додатковий економічний ефект пов'язаний із підвищенням точності висіву в (грн./га);

$E_{\text{кеф}}^2$ – додатковий економічний ефект пов'язаний із збільшенням валового збору зерна (грн./га).

Таблиця 4.1 - Вихідні дані для економічного розрахунку

Найменування	Одиниці вимірювання	Значення
Загальний ресурс сівалки John Deere 90 Series до технічного обслуговування	га	6000
Коефіцієнт нарахувань на амортизацію заспокоювача насіння	-	0,25
Коефіцієнт нарахувань на ремонт і технічне обслуговування заспокоювача насіння	-	0,25
Ціна на дизельне паливо	грн/л*	52
Коефіцієнт врахування вартості мастильних матеріалів	-	1,3
Погодинна ставка оплати праці	грн/год*	180
Коефіцієнт чистої продукції для реалізації	-	0,8
Ціна на ріпак	грн/т*	20500

* станом на 11.02.2025 р.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		67

Балансова вартість додаткового обладнання (удосконаленого заспокоювача насіння) – 418 064 грн, що складає 5,2 % від загальної вартості сівалки John Deere 1890 (вживана, в хорошому стані — 8 000 000 грн станом на 11.02.2025 р.).

Прямі експлуатаційні затрати коштів на одиницю виконаної роботи розраховують на кожній окремій операції для кожного з можливих машинних агрегатів. Прямі експлуатаційні затрати на одиницю виконаної агрегатом роботи визначають за формулою:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \text{ грн./га,} \quad (4.2)$$

де C_1 — оплата праці обслуговуючого агрегат персоналу, грн./га;

C_2 — вартість витрачених паливо-мастильних матеріалів, грн./га;

C_3 — відрахування на амортизацію енергетичного засобу і машин-знарядь, що входять до складу машинного агрегату, грн./га;

C_4 — відрахування на технічне обслуговування, грн./га.

Оплата праці персоналу, що обслуговує певний агрегат, становить:

$$C_1 = \frac{m_1\Pi_1 + m_2\Pi_2 + \dots + m_6\Pi_6}{W_{зм}}, \text{ грн./га, (т, т·км)} \quad (4.3)$$

де m_1, m_2, \dots, m_6 — кількість робітників, які обслуговують агрегат окремо за кожною кваліфікацією (розрядом);

$\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_6$ — оплата праці за норму виробітку робітника кожної кваліфікації, грн.

Вартість паливо-мастильних матеріалів визначають за формулою:

$$C_2 = C_k \cdot Q, \text{ грн./га,} \quad (4.4)$$

де C_k — комплексна ціна одного кілограма палива, грн..

Відрахування на амортизацію машин в агрегаті визначають за формулою:

$$C_3 = \sum \frac{B_i \cdot n_i \cdot a_i}{100 \cdot W_T \cdot t_i}, \text{ грн./га,} \quad (4.5)$$

де B_i — балансова вартість i -ої машини в агрегаті, грн.;

a_i — норма відрахувань на амортизацію i -ої машини в агрегаті, %;

n_i — кількість i -их машин в агрегаті;

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

W_T — продуктивність агрегату за годину змінного часу, га;

t_i — нормативне річне завантаження i -ої машини в агрегаті, год.

Відрахування на технічне обслуговування визначають за формулою:

$$C_3 = \sum \frac{B_i \cdot n_i \cdot p_i}{100 \cdot W_T \cdot t_i}, \text{ грн./га}, \quad (4.6)$$

де p_i — сумарна норма відрахувань на поточний ремонт та технічне обслуговування відповідно до енергетичного засобу, зчіпки і машини, %.

Приведені затрати при роботі машинних агрегатів визначаємо за такою формулою:

$$П_3 = C + E \cdot K, \text{ грн./га}, \quad (4.7)$$

де E — коефіцієнт ефективності капітальних вкладень ($E = 0,15$);

K — величина питомих капітальних вкладень, грн./га.

$$K = \sum \frac{B_i}{W_T \cdot t_i}, \text{ грн./га}. \quad (4.8)$$

Прямі затрати на вирощування та збирання певної сільськогосподарської культури дорівнюють сумі прямих експлуатаційних затрат і вартості витрачених матеріалів M (насіння, добрива, пестициди).

$$П = C + M, \text{ грн./га}. \quad (4.9)$$

Вартість насінневого матеріалу визначається з розрахунку норми висіву H_n т/га і ціни $Ц_n$ грн./т. Отже вона становитиме:

$$Ц_m = H_n \cdot Ц_n, \text{ грн./га}. \quad (4.10)$$

Прямі експлуатаційні затрати визначаються за формулою:

$$C = П_3 - E \cdot K, \text{ грн./га}. \quad (4.11)$$

Затрати по управлінню виробництвом складають у розмірі 12...15% від прямих затрат (без вартості насіння):

$$З_{ун} = (0,12 \dots 0,15) \cdot П', \text{ грн./га}. \quad (4.12)$$

де $П'$ — прямі затрати без вартості насіння, грн./га.

$$П' = П - Ц_m, \text{ грн./га}. \quad (4.13)$$

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

Сумарні витрати дорівнюють сумі прямих витрат і витрат по управлінню виробництвом.

$$I_n = P + Z_{yn}, \text{ грн./га.} \quad (4.14)$$

Поділивши сумарні витрати на урожайність сільськогосподарської культури знаходять собівартість виробництва продукції. Таким чином, це дозволило оцінити економічний ефект (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 - Зведені дані економічного розрахунку

Ріпак (норма висіву - 0,8 млн. шт./га)				
Наявність заспокоювача насіння	Швидкість руху сівалки, м/с	Балансова вартість додаткового обладнання, грн	Економічний ефект, грн/га	Точка беззбитковості, га
Базовий заспокоювач насіння	1	5760	264,84	0
	2	5760	422,45	0
	3	5760	76,55	0
	4	5760	0,00	-
Удосконалений заспокоювач насіння	1	10800	264,00	19
	2	10800	585,61	9
	3	10800	567,71	9
	4	10800	655,16	8

Техніко-економічні розрахунки показали, що в природно виробничих умовах господарства ТОВ АПК «Магнат» Чернігівської області, із земельним банком 10 000 га, застосування пневматичної зернової сівалки John Deere 1890 з удосконаленим заспокоювачем насіння — суттєво підвищує економічний ефект. Найбільший економічний ефект спостерігається при середній швидкості посіву ріпаку 2,8 м/с — 1 496 грн/га. Точка беззбитковості при якій окупаються додаткові капіталовкладення на удосконалення сівалки для цих культур становить відповідно 272 га.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		70

ВИСНОВКИ

В дипломному проекті, з метою підвищення ефективності процесу сівби в умовах ТОВ АПК «Магнат» Чернігівської області, здійснено удосконалення конструкцій елементів системи подачі насіння пневматичної зернової сівалки точного висіву. За результатами виконаних завдань зроблені наступні висновки:

1. В умовах господарства ТОВ АПК «Магнат», технологія No-till, серед інших систем ґрунтозахисного та ресурсозберігаючого землеробства, є найбільш перспективною з точки зору мінімізації пошкодження ґрунту. Ключовим аспектом цієї технології є якість сівби, тому велика увага приділяється посівним машинам.
2. Основним недоліком пневматичних посівних машин є нерівномірний розподіл насіння між сошниками. Це призводить до нераціонального використання насіння, зниження врожайності та збільшення бур'янів, що вимагає удосконалення систем висіву;
3. Заспокоювач насіння, забезпечує не лише точність розподілу насіння, але й правильне укладання його в борозну, що є важливим для рівномірного проростання та захисту від зовнішніх факторів.
4. За результатами огляду та аналізу наукових джерел встановлено, що застосування удосконаленого заспокоювача насіння у порівнянні з існуючим аналогом дозволяє досягти максимальної точності висіву (89,6 % ... 94,3 %)є
5. Виявлені небезпеки, які можуть виникати при виконанні технологічних процесів розроблено заходи по їх усуненню.
6. В умовах ТОВ АПК «Магнат», економічний ефект від застосування сівалки John Deere 1890 з удосконаленим заспокоювачем насіння складає — 1 496 грн/га. Точка беззбитковості при якій окупаються додаткові капіталовкладення на удосконалення сівалки становить 250 га.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп	Дат.			
Розробив	Шевлюга Р. В.				Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник	Бондар М. М.				У	71	2
Перевіри					В И С Н О В К И НУБІП України ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ ГМАШ-2101 англ. (МОБ)		
Н. контр.	Пилипенко А. П.						
Консульт.							

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Aliiev E, Bezverkhni P., Dudin V., Aliieva O. (2024). Results of experimental studies on the improved seed delivery system of a pneumatic precision seeder. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2 (125): 7-15. DOI: 10.37128/2520-6168-2024-2-1.
2. Академік П. М. Василенко - яскравий погляд у майбутнє [Текст] / Вінниц. нац. аграр. ун-т, Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України ; за заг. ред. В. М. Булгакова ; чл.-кор. Г. М. Калетнік. - Київ : Хай-Тек Прес, 2012. - 510 с. : табл., рис. - ISBN 978-966-2143-81-2
3. Алієв Е. Б., Безверхній П. Є. (2022). Чисельне моделювання сповільнювача насіння пневматичної сівалки точного висіву. *Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*, 52: 86-98. DOI: 10.32515/2414-3820.2022.52.86-98.
4. Алієв Е. Б., Безверхній П. Є. (2022). Шляхи підвищення ефективності пневматичних сівалок точного висіву. *Наукові аспекти формування сучасних агротехнологій - інновації молодих вчених для забезпечення сталого розвитку агропромислового комплексу: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, присвяченої Дню науки (20 травня 2022 року, м. Херсон)*. Херсон: ІЗЗ НААН, 158-159.
5. Алієв Е. Б., Безверхній П. Є. (2023). Дослідження чинників погіршення точності висіву пневматичними сівалками. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*, 2 (121): 51-61. DOI: 10.37128/2520-6168-2023-2-6.
6. Алієв Е. Б., Безверхній П. Є. (2024). Експериментальні дослідження процесу висіву насіння базовою висівною секцією пневматичної сівалки John Deere 90 Series. *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Наукові основи адаптивного землеробства» (16-17 травня 2024 р.)*. Дніпро: ДДАЕУ, 353-355.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат.	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ					
Розробив	Шевлюга Р. В.							Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник	Бондар М. М.							У	72	10
Перевіри								НУБІП України ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ		
Н. контр.	Пилипенко А. П.							ГМАШ-2101 англ. (МОБ)		
Консульт.										

7. Алієв Е. Б., Безверхній П. Є., Алієва О.Ю. (2024). Результати аналітичних досліджень заспокоювача насіння удосконаленої висівної секції пневматичної сівалки. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 1 (124): 73-81. DOI: 10.37128/2520-6168-2024-1-8.
8. Алієв Е. Б., Дудін В. Ю., Безверхній П. Є. (2024). Патент на корисну модель України 157302, МПК А01С 7/20 (2006.01). Висівна секція пневматичної зернової сівалки. Заявник: Алієв Е. Б., Дудін В. Ю., Безверхній П. Є., № u202401647. Заявл. 02.04.2024. Опубл. 25.09.2024, бюл. № 39.
9. Алієв Е. Б., Дудін В. Ю., Безверхній П. Є., Шаповал О. М. (2024). Обґрунтування конструктивних параметрів заспокоювача насіння висівної секції пневматичної сівалки. Вібрації в техніці та технологіях, 2 (113): 43-54. DOI: 10.37128/2306-8744-2024-2.
10. Алієв Е., Безверхній П. (2022). Аналіз проблем пневматичних сівалок та шляхи їх вирішення. Олійні культури: сьогодення та перспективи. Збірник тез Міжнародної наукової інтернет-конференції присвяченої 90 річчю від Дня народження Д. І. Нікітчина (15 березня 2022 р.). ІОК НААН, 61-62.
11. Алієв Е., Безверхній П. (2022). Дослідження сповільнювача насіння пневматичної сівалки точного висіву. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Шляхи інноваційного розвитку агровиробництва в Україні»: збірник наукових праць. Аграрна наука Західного Полісся. Рівне, 88-89.
12. Безверхній П. (2022). Симуляція сповільнювача насіння пневматичної сівалки точного висіву. Олійні культури: сьогодення та перспективи. Збірник тез Міжнародної наукової інтернет-конференції (21 березня 2023 р.). ІОК НААН, 122-123.
13. Безверхній П. (2023). Результати чисельного моделювання процесу роботи пневматичної сівалки точного висіву. Інноваційні екологобезпечні технології рослинництва в умовах воєнного стану: Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції (31 серпня 2023 року), 24-26.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

- 14.Безверхній П. Є. (2023). Методика чисельного моделювання процесу висіву насіння пневматичною сівалкою точного висіву. Збірник тез Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених «Інжиніринг технологій і технічних систем агропромислового комплексу» (1 грудня 2023 р.). Дніпро. ДДАЕУ, 4-6.
- 15.Бойко В. Б., Улексін В. О., Золотовська О. В., Лепеть Є. І., Бойко Б. В. (2023). Проєкт мехатронної системи експериментальної гідро-пневматичної сівалки. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету, 23 (2): 99–112. DOI: 10.31388/2078-0877-2023-23-2-99-112
- 16.ГСТУ 3-37-4-94 (1995). Трактори та машини сільськогосподарські. Методи економічної оцінки. Мінагрополітики України.
- 17.Данильченко М. Г., Гладич Б. Б., Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г. (2001). Експертноаналітична оцінка технологічних і економічних показників сільськогосподарської техніки. Тернопіль: Економічна думка. 60 с.
- 18.Деркач О. Д., Макаренко Д. О., Муранов Є. С., Лободенко А. В. (2021). Підвищення довговічності рухомих з'єднань посівних машин впровадженням прогресивних конструкційних матеріалів. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету, 11 (2): 10. DOI: 10.37128/2520-6168-2023-4-2
- 19.Деркач О. Д., Макаренко Д. О., Муранов Є. С., Лободенко А. В. (2021). Підвищення довговічності рухомих з'єднань посівних машин впровадженням прогресивних конструкційних матеріалів. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету, 11 (2): 10.
- 20.ДСТУ 2240-93 (1993). Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови. Київ : Держстандарт України. 74 с.
- 21.ДСТУ 4138-2002 (2003). Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ : Держстандарт України. 173 с.
- 22.ДСТУ 4397 (2005). Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. Держспоживстандарт України.

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

- 23.Завгородній О.І., Левкін Д.А., Котко Я.М., Левкін А.В. (2021). Економіко-математичне моделювання прогнозування ймовірних ризиків технологічних процесів. Вчені записки Таврійського Національного Університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 32(71), 4. 66–70. DOI: 10.32838/2663-5941/2021.4/10
- 24.Косолап М.П., Кротінов О.П. (2011). Система землеробства No-till: Навч. посібник. К.: «Логос», 352 с. ISBN 978-966-171-374-0.
- 25.Кривошипко Т. (2021). STRiP-TiLL – technology of the future. Здорова земля України. URL: <https://healthysoil.in.ua/strip-till-technology-for-future>
- 26.Макаренко Д. О., Деркач О. Д., Д Говоруха В. Б., Веселовська Н. Р. (2023). Модернізація рухомих з'єднань секції посівного комплексу. Техніка, енергетика, транспорт АПК, 123 (4): 12–20.
- 27.Науменко М. Макаренко Д., Гурідова В., Крутоус Д. (2021). Математична модель взаємодії сошника посівного комплексу з ґрунтом за ускладнених умов його експлуатації. Математичне моделювання, 1 (44): 55–61.
- 28.Сало В., Лещенко С., Лузан П., Сало Л. (2022). Машини для сівби, садіння та догляду за посівами. Начальний посібник. ЦНТУ. Кропивницький. 220 с
- 29.Сільськогосподарські машини : підручник / Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич [та ін.] ; За ред. Д. Г. Войтюка. - К. : Агроосвіта, 2015. - 678 с.
- 30.Ференц Р.В., Васильковська К.В., Кірчук Р.В. (2024). Огляд конструкцій пневматичних висівних апаратів сівалок. Сільськогосподарські машини, 50: 104–112. DOI: 10.36910/acm.vi50.1387
- 31.Цицюра Я.Г. (2017). No-till технології. Конспект лекцій для студентів денної та заочної форм навчання освітнього-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» напряму підготовки 6.090101 «Агрономія». Він. нац. аграр. ун-т. Вінниця: ВНАУ, 78 с.
- 32.Яропуд В. М., Говоруха В. Б., Дацюк Д. А. (2023). Експериментальні дослідження дозатора висівного апарата селекційної сівалки дрібнонасіневих культур. Техніка, енергетика, транспорт АПК, 3 (122): 43–52. DOI: 10.37128/2520-6168-2023-3-5

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		

ДОДАТКИ

					01.05 – ДП. 2265 «С» 2024.12.16. 064 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат.	ДОДАТКИ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив	Шевлюга Р. В.					у	76	46
Керівник	Бондар М. М.					НУБіП України ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ ГМАШ-2101 англ. (МОБ)		
Перевіри								
Н. контр.	Пилипенко А. П.							
Консулт.								

ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ
КАФЕДРА МЕХАНІКИ

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ БАКАЛАВРА

*Удосконалення конструкції
посівної секції пневматичної сівалки
для ТОВ АПК «Магнат» Чернігівської області*

ВИКОНАВ:

Р. В. ШЕВЛЮГА

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:

М. М. БОНДАР

1

2

Актуальність теми

- Широкого використання в умовах господарства ТОВ АПК «Магнат», що в Чернігівській області набувають технології мінімального обробітку ґрунту. Ці технології сприяють збереженості ґрунтів, зменшенню їх ерозії та втраті родючості.
- Зважаючи на зазначене, сівалки точного висіву відіграють надзвичайно важливу роль, оскільки від їхньої роботи залежить рівномірність розподілу насіння, ефективність використання посівного матеріалу, а також потенційна врожайність культур.
- Однією з основних проблем сучасних пневматичних посівних машин є висока нерівномірність розподілу насіння між сошниками, що знижує точність висіву і призводить до нераціонального використання насіння, втрат врожайності та підвищення засміченості полів, що особливо актуально для технології no-till через високу кількість пожнивних залишків на поверхні ґрунту.
- Тому вдосконалення елементів пневматичної системи сівалок точного висіву та обґрунтування їх параметрів є актуальним та має велике значення для підвищення ефективності рослинництва ТОВ АПК «Магнат».

Мета дипломного проекту бакалавра

- Підвищення ефективності процесу сівби насіння культурних рослин в умовах господарства ТОВ АПК «Магнат» Чернігівської області шляхом удосконалення конструкцій елементів системи подачі насіння пневматичної зернової сівалки точного висіву.

⁴ Завдання дипломного проекту бакалавра

1
Узагальнити умови застосування технологій ресурсозберігаючого землеробства та можливості наявного МТП ТОВ АПК «Магнат»;

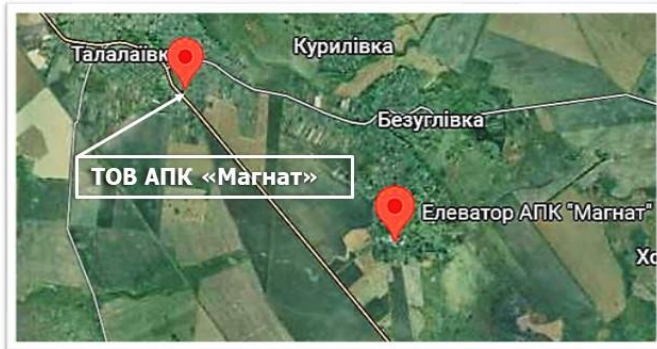
2
Визначити вплив сівби на ефективність технології No-till, здійснити аналіз конструкцій і досліджень пневматичних систем сівалок точного висіву;

3
Здійснити удосконалення існуючих конструкцій елементів посівної секції пневматичної сівалки John Deere 90 Series;

4
Виконати розрахунки на міцність удосконалених деталей та запропонувати технологію виготовлення заспокоювача насіння секції пневматичної сівалки John Deere 90 Series;

5
Обґрунтувати економічну ефективність пропонованих конструктивних рішень, розробити заходи з охорони праці та сформулювати висновки дипломного проекту бакалавра.

5 Загальні відомості про господарство ТОВ АПК «Магнат»



- Товариство з обмеженою відповідальністю агропромислова компанія «МАГНАТ» є юридичною особою, має самостійний баланс, розрахунковий та інші рахунки.
- Віддаленість господарства від міста Чернігова – 95 км., а від найближчої залізничної станції Ніжин – 7 км.

- Загальна площа с/г угідь 10 000 га, основну часту займає рілля (98,4%), що свідчить про високу розораність земель і високий рівень інтенсивності їх використання.
- Водночас це вимагає від менеджменту товариства вжиття відповідних заходів, які запобігають розвитку водної й вітрової ерозії, що обумовлює підвищення вимог до сівалок, особливо тих, які стосуються точності висіву, адже вони напряду закладають якість майбутнього врожаю.
- Саме підвищенню якісних показників сівби зернових культур при технології no-till у господарстві приділяють особливу увагу.

6 Аналіз конструкцій сівалок точного висіву

Пневматичні зернові сівалки технології No-till

- а** – ORION 9.6 (Ельворті);
- б** – N500 (John Deere);
- в** – AUROCK 6000 R (Kuhn);
- г** – Boss (Agrisem);
- д** – Primera DMC (Amazone);
- е** – HTA-3510 (Great Plains).



а



б



в



г



д



е

7

Аналіз конструкцій системи висіву пневматичних зернових сівалок



З точки зору рівномірності подачі насіння на схему найбільше впливають складові:

- транспортування → пневмонасіннепровід;
- розподіл → розподільник;
- подача до сошників → насіннепровід до сошників;
- вкладання в борозну → сошник (башмак).

8

Виконано огляд теоретичних та експериментальних досліджень пневматичних систем зернових сівалок точного висіву

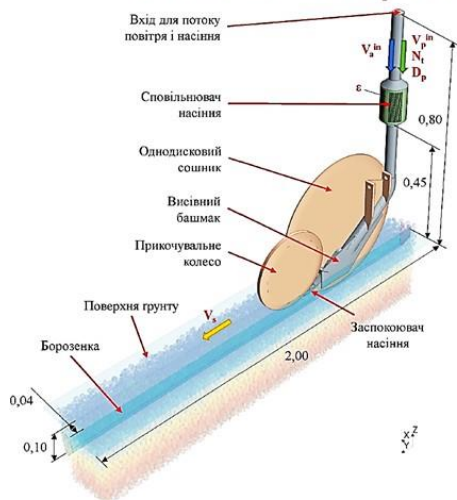


Схема чисельного моделювання процесу роботи висівної секції пневматичної сівалки

Огляд досліджень пневматичних систем зернових сівалок точного висіву показав, що основним недоліком посівних машин з пневматичною системою висіву є висока нерівномірність розподілу посівного матеріалу по сошникам.

У деяких випадках нерівномірність може досягати 15,5 % і більше при агротехнічно допустимих 5 % для зернових і 6 % для зернобобових культур, що призводить до нераціонального використання посівного матеріалу, зниження врожайності та зростання засміченості полів. Це зменшує ефективність використання пневматичних сівалок.

На точність висіву, а саме на відстань між окремими насінинами впливає конфігурація елементів пневмосистеми сівалки, а саме насіннепроводу та розподільника потоку насіння. Сповільнювач насіння (seed brake), башмак (seed boot) та заспокоювач (seed bounce flap) крім вказаного показника точності висіву в більшій мірі забезпечують вкладання насіння в борозну при цьому аналітичні дослідження базуються на чисельному моделюванні.

9

УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ ВИСІВНОЇ СЕКЦІЇ ПНЕВМАТИЧНОЇ СІВАЛКИ JOHN DEERE 1890



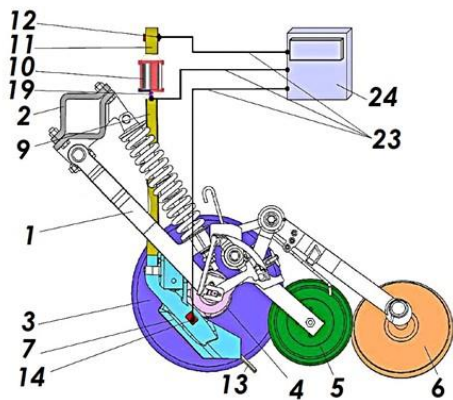
Висівна секція пневматичної сівалки



Висівний башмак з нейлоновим заспокоювачем насіння

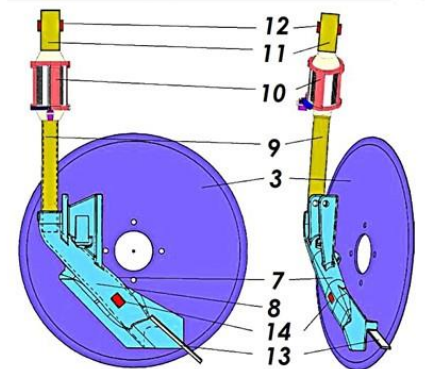
10

БУДОВА КОНСТРУКЦІЇ ВИСІВНОЇ СЕКЦІЇ ПНЕВМАТИЧНОЇ СІВАЛКИ JOHN DEERE 1890



- 1 – рама;
- 2 – хомут;
- 3 – сошник;
- 4 – підшипниковий вузол;
- 5 – прикочувальне колесо;

- 6 – загортаюче колесо;
- 7 – висівний башмак;
- 8 – направляючий канал ;
- 9 – насінева трубка;
- 10 – сповільнювач насіння;
- 11 – насіннепровід;
- 12 – верхній датчик висіву;
- 13 – заспокоювач насіння;
- 14 – нижній датчик висіву;
- 15 – перфорований циліндр;
- 16 – отвори;
- 17 – верхній розтруб;
- 18 – нижній розтруб;
- 19 – сервопривід;



- 20 – зубчасте колесо;
- 21 – циліндричну шторку;
- 22 – зубчастий сектор;
- 23 – електричних проводів;
- 24 – блок керування.

Режими 3D-друку заспокоювача насіння з різних матеріалів

Матеріал	Nylon	Nylon-CCF	TPU 40A	Elastan D100	Elastan D70	ABS
Температура екструдера, °C	250	250	230	240	250	230
Температура платформи, °C	80	110	60	100	100	100
Швидкість друку, мм/с	60	60	30	80	80	80
Обдуб моделі	ні	ні	так	так	так	ні



Заспокоювач насіння виготовлений за технологією 3D друку



16 Визначені виробничі небезпеки, що можуть виникати у виробничій діяльності ТОВ АПК «Магнат» та розроблені заходи щодо усунення небезпек

№ п/п	Елемент агрегату, що підлягає огляду	Характерні несправності (недоліки)	Можливі наслідки небезпеки	Усунення недоліків (небезпек)
1	Справність коліс, їх кріплення, ширина колії	Знос висоти протектора зверху припустимого рівня. Послаблення кріплення коліс. Ширина колії не відповідає нормі.	Знос трактора на схилах, перевертання. Від'єднання коліс, аварія. При вузькій колії можливі перевертання. Падіння водія.	Заміна покришок. Встановлення необхідної колії. Підтяжка кріплень. Установка необхідної ширини колії.
2	Справність підніжки. Стан рульових тяг та інших елементів ходової частини. Підтікання масла в системах.	Несправність підніжки. Послаблення кріплень елементів (деталей) ходової частини. Зношення шарнірів, послаблення закріплення, деформація тяг. Послаблення маслосазливної пробки піддону картеру та інших систем.	Падіння водія, травма. Втрата умов керування, аварія. Течія масла, аварія.	Ремонт підніжки Підтягування кріплень. Заміна рульових тяг. Підтягування пробки картеру двигуна, коробки передач, заднього мосту.
3	Стан системи освітлення трактора, глушника, закріплення балансирів та інших деталей	Несправність фар послаблення кріплень. Згорання глушника, послаблення кріплення балансирів.	Аварія при русі у темний період доби. Підвищений рівень шуму. Аварійна ситуація на транспортних переїздах із навішеною машиною.	Підтягнути кріплення. Замінити глушник. Підтягнути кріплення.
4	Стан кабіни, системи вентиляції остеклення рульового керування.	Несправність системи вентиляції.		Ремонт системи вентиляції.

17 Економічна ефективність розробки

У загальному вигляді розрахунки здійснені за виразом:

$$E_{\text{кеф}} = [(P_{\text{ВАН}} - P_{\text{ВЕК}}) + (E_{\text{кеф}}^1 + E_{\text{кеф}}^2)]P_{\text{СН}};$$

де $E_{\text{кеф}}$ – річний економічний ефект від впровадження результатів удосконалення пневматичної зернової сівалки John Deere 1890 в умовах ТОВ АПК «Магнат» за сезон (грн.);

$P_{\text{ВАН}}$ – приведені прямі експлуатаційні витрати пневматичної зернової сівалки John Deere 1890, (грн./га);

$P_{\text{ВЕК}}$ – приведені прямі експлуатаційні витрати удосконаленої пневматичної зернової сівалки John Deere 1890, (грн./га);

$E_{\text{кеф}}^1$ – додатковий економічний ефект пов'язаний із підвищенням точності висіву в (грн./га);

$E_{\text{кеф}}^2$ – додатковий економічний ефект пов'язаний із збільшенням валового збору зерна (грн./га).

18 Економічна ефективність розробки

Розрахунки показали, що в природно виробничих умовах господарства ТОВ АПК «Магнат, із земельним банком 10 000 га, застосування пневматичної зернової сівалки John Deere 1890 з удосконаленням заспокоювачем насіння — суттєво підвищує економічний ефект. Найбільший економічний ефект можливо досягти при середній швидкості посіву ріпаку 2,8 м/с — 1 496 грн/га. Точка беззбитковості при якій окупаються додаткові капіталовкладення на удосконалення сівалки становить відповідно 272 га.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В дипломному проекті, з метою підвищення ефективності процесу сівби в умовах ТОВ АПК «Магнат» Чернігівської області, здійснено удосконалення конструкцій елементів системи подачі насіння пневматичної зернової сівалки точного висіву. За результатами виконаних завдань зроблені наступні висновки:

1. Для ТОВ АПК «Магнат», технологія No-till, серед інших систем ґрунтозахисного та ресурсозберігаючого землеробства, є найбільш перспективною з точки зору мінімізації пошкодження ґрунту. Ключовим аспектом цієї технології є якість сівби, тому велика увага приділяється посівним машинам.
2. Основним недоліком пневматичних посівних машин є нерівномірний розподіл насіння між сошниками. Це призводить до нераціонального використання насіння, зниження врожайності та збільшення бур'янів, що вимагає удосконалення систем висіву;
3. Заспокоювач насіння, забезпечує не лише точність розподілу насіння, але й правильне укладання його в борозну, що є важливим для рівномірного проростання та захисту від зовнішніх факторів.
4. За результатами огляду та аналізу наукових джерел встановлено, що застосування удосконаленого заспокоювача насіння у порівнянні з існуючим аналогом дозволяє досягти максимальної точності висіву (89,6 % ... 94,3 %)є
5. Виявлені небезпеки, що можуть виникати при виконанні технологічних процесів розроблено заходи по їх усуненню.
6. В умовах ТОВ АПК «Магнат», економічний ефект від застосування сівалки John Deere 1890 з удосконаленим заспокоювачем насіння складає — 1 496 грн/га. Точка беззбитковості при якій окупаються додаткові капіталовкладення на удосконалення сівалки становить 250 га.

Дякую за увагу