

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Давидович Вадим Миколайович

УДК 631.33

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ПІДВИЩЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРИЧІПНОГО
ШИРОКОЗАХВАТНОГО ПОСІВНОГО КОМПЛЕКСУ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Давидович В.М.

Керівник роботи
Дерев'янка Д.А.
д.т.н., професор

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Давидович Вадим Миколайович. Підвищення функціонування причіпного широкозахватного посівного комплексу. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

В кваліфікаційній роботі розроблено конструкційно-технологічну схему енергозберігаючого причіпного широкозахватного посівного комплексу, що містить розташований на рамі двосекційний бункер на двох опорних колесах із встановленими під секціями дозаторами, пневмотранспортною трубою із закріпленим завантажувальним шнеком з приймальною лійкою для насіння (добрив), що переходить в похідне положення, попереду якого розташований радіальний вентилятор з двигуном, а позаду причеплена, обладнана гідравлікою, повітряними колекторами (розподільниками) і гофрованими пневмошлангами, що складається з опорними рамами колесами, між якими розташовані в шаховому порядку пружні сошники і трирядними пружинними боронами, забезпеченого електронною системою контролю висіву, польовим навігатором із функцією обліку обробленої посівної площі.

Розроблено енергозберігаючий причіпний широкозахватний посівний комплекс «AGRAER-850H», оснащений електронними системами контролю висіву та навігації. У порівнянні з найближчим за конструктивним виконанням прототипом «Агратор-8500», розроблений комплекс «AGRAER-850H» при однаковій продуктивності має менші на 15% сукупні витрати енергії, на 5,24% металомісткість та 1% питома витрата палива. Застосування електронного навігатора замість механічного маркера дозволило отримати питому економію насіння 2,7 кг/га.

Ключові слова: посів, конструкційно-технологічна схема, комплекс, навігація.

ANNOTATION

Vadym Mykolayovych Davydovych. Improvement of the functioning of a trailed wide-coverage sowing complex. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2023.

In the qualification work, a structural and technological scheme of an energy-saving trailed wide-coverage sowing complex was developed, which contains a two-section hopper on two support wheels with metering devices installed under the sections, a pneumatic transport pipe with a fixed loading auger with a receiving funnel for seeds (fertilizers), which goes into a forward position, in front of which there is a radial fan with an engine, and behind it is a trailed machine equipped with hydraulics, air manifolds (distributors) and corrugated pneumatic hoses, consisting of supporting frames with wheels, between which there are staggered spring coulters and three-row spring harrows, equipped with an electronic seeding control system, a field navigator with the function of accounting for the cultivated area.

An energy-saving trailed wide-coverage sowing complex "AGRAER-850H" equipped with electronic seeding control and navigation systems has been developed. Compared to the closest prototype "Agrator-8500", the developed complex "AGRAER-850H" has 15% lower total energy consumption, 5.24% lower metal consumption and 1% lower specific fuel consumption with the same performance. The use of an electronic navigator instead of a mechanical marker allowed to obtain a specific seed saving of 2.7 kg/ha.

Keywords: sowing, structural and technological scheme, complex, navigation.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП..... | 5 |
| РОЗДІЛ 1. ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ПОСІВНИХ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ..... | 8 |
| РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДНИЙ ЗРАЗОК ПРИЧІПНОГО ШИРОКОЗАХВАТНОГО КОМПЛЕКСУ..... | 19 |
| РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ..... | 26 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ..... | 38 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 39 |

ВСТУП

Актуальність дослідження. Сучасні методи виробництва зерна потребують нових ресурсозберігаючих технологій обробітку зернових культур, що обумовлює створення посівних комплексів, що дозволяють виконувати одночасно повне оброблення ґрунту, проводити основну і передпосівну обробку, готувати гарне насіннєве ложе і проводити посів з наступним закладенням смуги посіву мульчованим шаром.

Застосовувана орна технологія обробітку зернових культур є витратною, оскільки вимагає кілька окремих енергоємних операцій, що зумовлюють застосування цілого парку сільськогосподарських знарядь, машин і тракторів, значних витрат паливно-мастильних матеріалів, витрат фізичної праці обслуговування і управління цими агрегатами. Багаторазові проходи техніки полями призводять до ущільнення глибинних шарів ґрунту з подальшим порушенням капілярної системи водного живлення рослин. Ця обставина змушує часто застосовувати плоскорізи чи чізельні плуги, що зумовлює додаткові енерговитрати при вирощуванні зернових культур. Тому ці обставини призводять до збільшення питомих витрат на одиницю сільськогосподарської продукції.

Нині в Україні, керуючись досвідом Західної Європи, стали практикувати найбільш передові енергозберігаючі технології - технологію прямого посіву по стерні з допомогою посівних комплексів, що призвело до скорочення післязбиральної та передпосівної обробки полів. Проте, недосконалість конструкцій посівних комплексів, зокрема їх основних робочих органів, знижує ефективність технологічного процесу висіву насіння та добрив.

Ступінь розробленості теми дослідження. У нашій країні вагомий внесок у розробку та вивчення висівних апаратів, систем та посівних машин внесли В.П. Горячкін, М.В. Сабліков, С.В. Кардашевський, Б.І. Журавльов, Г.М. Бузенков, С.А. Ма, Н.І. Любушка, М.С. Хоменко, М.Ф. Романенко, В.А. Насонова, Н.П.

Крючін, С.А. Івженка, В.М. Гусєв, В.А. Юзбашев, В.М. Зволінський, Ю.П. Каюшников, Л.Ю. Шевирєв, В.П. Голованов, П.Я. Лобачевський, Н.М. Беспам'ятнова, Є.А. Давідсон, З.С. Рахімов та інші вчені. Також, заслуговують на увагу дослідження в галузі пневмотранспорту, проведені А.М. Дзядзіо та Ф.Г. Зуєвим. Проаналізувавши праці даних вчених можна дійти невтішного висновку, що енергозберігаючі технології сівби вимагають створення сучасних більш ефективних широкозахватних посівних комплексів з повітряним способом внесення насіння і добрива, мають найбільш прості, зручні у налагодженні та обслуговуванні досконалі основні робочі органи - дозуючу і пневмотранспортну системи.

Відзначаючи досить високий ступінь розробленості теми роботи, слід констатувати, що в роботах вищевказаних авторів не розглядаються питання моделювання процесу функціонування основних робочих органів причіпного широкозахватного, забезпеченого електронною системою контролю висіву, польовим навігатором з функцією обліку обробленої посівної площі, посівного комплексу. основні конструкційно-технологічні параметри, зокрема, що стосуються пневмотранспортної системи та системи дозування насіння та добрива.

Метою дослідження є підвищення ефективності функціонування причіпного широкозахватного посівного комплексу вдосконаленням основних робочих органів.

Для реалізації поставленої мети у роботі необхідно вирішити такі **завдання**:

- обґрунтувати та розробити конструкційно-технологічну схему причіпного широкозахватного посівного комплексу з повітряним способом внесення насіння та добрив, що складається з бункерної частини та сошникової групи, оснащеного електронною системою контролю висіву, польовим навігатором з функцією маркера та обліковця обробленої посівної площі;

Об'єкт дослідження: є технологічний процес посіву зернових культур з одночасним внесенням мінеральних добрив, дослідний зразок причіпного

широкозахватного посівного комплексу та його робочі органи: пневмотранспортна мережа з радіальним вентилятором, дозуюча система та сошникова група.

Предмет дослідження: закономірності впливу конструктивних параметрів широкозахватного посівного комплексу на якість посіву зернових культур.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Дерев'янюк Д. А., Давидович В. М. Аналіз конструкцій сучасних енергозберігаючих посівних комплексів. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики*. 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. Т. 3. С. 52-58.

2. Дерев'янюк Д.А., Давидович В. М. Дослідний зразок причіпного широкозахватного комплексу. *Збірник матеріалів ІХ Міжнародної науково-практичної конференції „Інноваційні технології в АПК”*. 7-8 червня 2023 року, м. Луцьк. С.

Практичне значення одержаних результатів. Практичний інтерес для підприємств АПК представляє розроблений широкозахватний посівний комплекс.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 18 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 41 сторінка комп'ютерного тексту, містить 14 рисунків та 3 таблиці.

РОЗДІЛ 1

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ПОСІВНИХ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТИВ

Урожайність сільськогосподарських культур безпосередньо залежить від технології сівби, а також ефективності роботи посівних агрегатів. У зв'язку з цим, є значний інтерес у дослідженні та вдосконаленні посівних машин, а також їх основних робочих органів. Впровадження енергоресурсозберігаючих технологій, при обробці продуктів рослинництва, що ґрунтуються на скороченні та суміщенні технологічних операцій, змінило вимоги до посівних агрегатів. Основною особливістю сучасних технологій є поєднання операцій обробки ґрунту та посіву. Сучасні посівні агрегати повинні відповідати подвійним вимогам: як до ґрунтообробних, так і до посівних машин.

До загальновідомих шляхів удосконалення посівних агрегатів належать: підвищення продуктивності; підвищення якості висіву насіння та добрива; зниження енергоємності процесу; зниження металоємності; зручність обслуговування, ремонту, контролю та управління; зниження трудомісткості процесу; виключення або зменшення контакту з протруєним насінням та добривом обслуговуючого персоналу; можливість виконання посівним агрегатом кількох операцій за один прохід та ін.

Підвищення продуктивності посівного агрегату визначається його робочою шириною захоплення і робочою швидкістю. Традиційні механічні сівалки з шириною зернотукового бункера, що дорівнює робочій ширині захоплення вже зжили себе, оскільки широкозахопні складові агрегати з таких сівалок мають підвищену металомісткість; їх неможливо швидко «складати» у похідне становище при переїздах дорогами; мають низьку робочу швидкість – 7...10 км/год; потрібні часті зупинки для заправки насінням та добривом через малу ємність бункерів; необхідно велика кількість обслуговуючого персоналу для технічного та технологічного обслуговування.

Деякі дослідники дійшли висновку, що, з доцільності, максимальну робочу ширину захоплення механічних сівалок необхідно обмежувати до 6 метрів, а створення широкозахватних посівних машин із підвищеною робочою швидкістю слід шукати принципово іншу конструкцію. На наш погляд, це обмеження обумовлюється і нерівномірністю висіву по ширині посівного агрегату, оскільки сошниковий механізм

Традиційної механічної сівалки не дозволяє досить ефективно копіювати рельєф поля, що засівається при ширині захвату більше 6 метрів, через його конструктивні особливості, наприклад – відносно довгої жорсткої рами. Тобто, на рівномірність висіву по ширині посівного агрегату впливає його адаптація до рельєфу поля, що засівається.

На основі вивчення сучасних конструкцій посівних машин, найбільш перспективними посівними машинами, на наш погляд, є посівні машини з пневмотранспортною системою висіву насіння та добрива. Пневмотранспортна система сучасних посівних машин складається з дозуючого пристрою з механізмом приводу, пневмотранспортної мережі з розподільними пристроями та вентилятора механізмом, що приводить.

Дозуючий пристрій забезпечує безперервну подачу кількості насіння та добрива до пневмотранспортної мережі відповідно до заданої норми висіву, а наводиться через редуктор та висівну коробку від ходових коліс або від додаткових коліс, що спираються на землю або на ходове колесо.

Пневмотранспортна мережа забезпечує безперервне перенесення аеросуміші насіння (насіння та добрива) в сошники і складається з магістральних, і додаткових пневмопроводів, сім'япроводів та розподільчих пристроїв, для рівномірного поділу аеросуміші по сім'япроводам.

Як генератор повітряного потоку, для переміщення аеросуміші по пневмотранспортній мережі, найчастіше використовується відцентровий вентилятор середнього (високого) тиску, що приводиться від гідродвигуна або від двигуна внутрішнього згоряння, або від ВВП трактора.

Пошук напряму розвитку конструкцій посівних комплексів вимагає огляду та аналізу їх основних робочих органів.

1.2 Аналіз конструкцій сучасних енергозберігаючих посівних комплексів

Сучасні посівні комплекси з пневматичною висівною системою, як уже зазначалося раніше, мають роздільно-агрегатне компонування, при якому агрегат складається з окремих блоків – модулів. Цей тип компонування дозволяє рознести у просторі бункер та робочі органи.

Розглянемо найбільш застосовувані в країні конструкції сучасних енергозберігаючих причіпних посівних комплексів.

На рисунку 1.1 представлений загальний вигляд посівного комплексу ПК-8,5 "Кузбас", з робочою шириною захоплення 8,5 м. Він складається з енергетичної установки 1 у вигляді трактора К-701М (або трактора HORSCH-К-735); важкого культиватора 2 у вигляді складається рами (посівний блок) з сошниками лапового типу, забезпеченого трирядними секційними пружинними боронами після сошників, а також передніми опорно-регульованими та задніми опорно-прикочувальними колесами для прикочування посівів, зверху рами розташовані вертикальні розподільники насіння повітряної системи з конфігурацією 1 x 4 x 32; бункера 3 розділеного на секції насіння та добрива, розташованого на автономному шасі та буксируючого у складі агрегату. Крім цього, на бункері 3 розташовуються окремі елементи висівної системи: вентилятор з приводною станцією, дозують пристрої насіння і добрива, а також поворотний шнек для завантаження в секції насіння або добрива з транспортного засобу. Посівний комплекс має електронну систему контролю висіву.

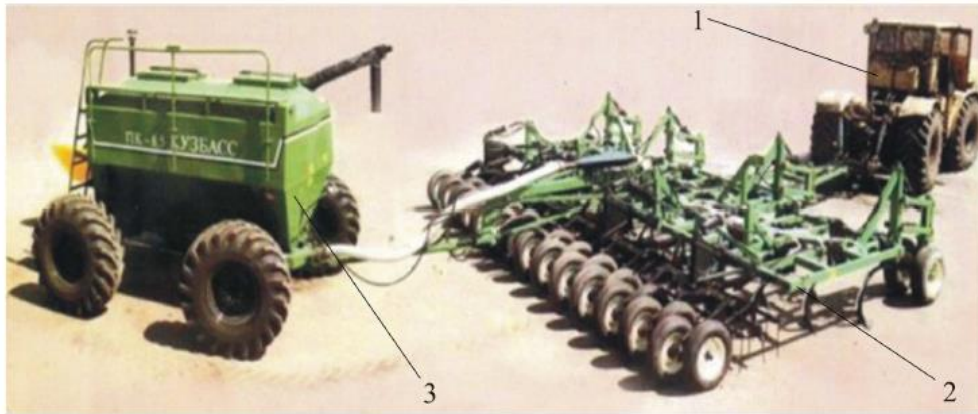


Рис. 1.1. Загальний вид посівного комплексу ПК-8,5 «Кузбас»: 1 – енергетична установка (трактор К-701М, HORSCH-K-735); 2 – важкий культиватор; 3 – бункер з пневматичною висівною системою.

Недоліками посівного комплексу ПК-8,5 «Кузбас» є:

- через те, що бункер розташований позаду сошникової рами, його колеса вдавлюють ґрунт глибше разом з посівами;
- двовісна конструкція бункера збільшує металоємність та витрати на обслуговування агрегату, а також підвищує загальну довжину агрегату, що, в результаті, збільшує радіус повороту агрегату.

Відомий закордонний причіпний посівний комплекс «BOURGAULT»3320se PND є розташованими на важкій сошниковій рамі, що складається, індивідуальними поєднаними з анкерними сошниками, що прикочують катками, вертикальними повітряними колекторами (розподільниками) і пневмошлангами, розташованого на своїй рамі двосекційного двовісного бункера з встановленими під секціями дозаторами, магістралями і причепленого до сошникової рами, що складається в похідне положення завантажувального шнека бункера з приймачем частини рами двосекційного бункера відцентрового гідروентильатора. Даний причіпний посівний комплекс агрегується трактором HORSCH-K-735 (Рисунок 1.2). Норма висіву насіння та добрив може регулюватися з кабіни трактора за допомогою електронної системи CRA шляхом впливу на електричний варіатор дозаторів.



Рис. 1.2. Загальний вид посівного комплексу «BOURGAULT» 3320se PHD: 1 – енергетична установка (трактор HORSCH-K-735); 2 – важкий культиватор; 3 – бункер з пневматичною висівною системою

Недоліками, як і в попередньому агрегаті, посівного комплексу «BOURGAULT» 3320se PHD є:

- бункер розташований позаду сошникової рами, через що його колеса вдавлюють ґрунт глибше разом із посівами;

- двовісна конструкція бункера збільшує металоємність та витрати на обслуговування агрегату, а також підвищує загальну довжину агрегату, що, в результаті, збільшує радіус повороту агрегату;

- відсутність після анкерних сошників, що вирівнюють, заробляють мульчею насіння і добрива, пристроїв, на наш погляд, впливають на посіви у вигляді нерівномірності сходів та їх розвитку.

Відомий енергозберігаючий причіпний посівний комплекс «HORSCH АГРО-СПЛКА» SW10500 (рис. 1.3), що складається з причеплюваної до тракторної підвіски, обладнана гідравлікою, повітряними колекторами (розподільниками) і пневмошлангами складається сошникової рами з опорними і прикочувальними колесами, дисковими сошами. на двох опорних колесах із встановленими під секціями дозаторами, магістралями та причепленим до сошникової рами, що складається у похідне положення завантажувального шнека бункера з приймачем насіння (добрив), закріпленого на кронштейні на задній частині рами двосекційного бункера відцентрового гідровентильатора.



Рис. 1.3. Загальний вигляд посівного комплексу «HORSCH АГРО-СОЮЗ»: 1 – енергетична установка (трактор HORSCH -К-735); 2 – важкий культиватор; 3 – бункер із пневматичною висівною системою.

Даний причіпний посівний комплекс «HORSCH АГРО-СОЮЗ» SW10500, агрегатований колісним трактором «Джон Дір» потужністю 500 к.с., має низку конструктивних і технологічних недоліків.

Унаслідок того, що двосекційний бункер розташований позаду сошникової рами, колеса бункера вдавлюють ґрунт глибше разом із посівами. Це спричиняє нерівномірність сходів на слідових смугах коліс бункера та накопичення в слідових смугах зайвої вологи, а також насіння бур'янів, що переноситься вітром.

У даному посівному комплексі застосовуються нестійкі, особливо на засмічених пожнивними рештками, соломою та камінням полях, дискові сошники, що також негативно впливає на рівномірність сходів.

Крім того, пневматичне колесо, від якого здійснюється привід висівної ланцюгової коробки передач, прослизає (особливо коли вологий ґрунт) поверхнею опорного колеса бункера, що спричиняє пропуски в поданні котушковими дозаторами насіннєвого матеріалу та добрива під час сівби. Це теж впливає на якість посіву, наслідком якого є зниження врожайності.

Далі, дросельна заслінка, розташована у вихідному вікні корпусу гідровентилятора, не дає змоги здійснювати достатньо плавне регулювання швидкості повітряного потоку, особливо в положенні, близькому до закриття

заслінки, зумовлюючи різке падіння швидкості в пневмотранспортній системі посівного комплексу, що призводить до появи заторів матеріалу, який висівається, у пневмотранспортній системі та погіршує, в підсумку, якість висіву насіння і добрива.

Ці обставини не забезпечують можливість високої якості технологічного процесу з висіву насіння та внесення добрив посівним комплексом, що веде до отримання низьких урожаїв.

Відомий інший енергозберігаючий причіпний посівний комплекс «Агратор-8500 АВТО», наведений на рис. 3.



Рис. 1.4. Загальний вигляд посівного комплексу "Агратор-8500 АВТО": 1 – енергетична установка (автомобіль КАМАЗ-43118, КАМАЗ-65224); 2 – бункер із пневматичною висівною системою; 3 – культиватор

Цей посівний комплекс містить розташований на рамі автомобіля КАМАЗ-43118 (або КАМАЗ-65224) двосекційний бункер зі встановленими під секціями дозаторами, магістралями і завантажувальним шнеком із приймальною лійкою для насіння (добрив), що складається у похідне положення, попереду якого розташовано відцентровий вентилятор із двигуном, а позаду причеплено обладнану гідравлікою сошникову раму з гофрованими пневмошлангами і передніми опорними та задніми колісцями при коткуванні, що регулюються, між якими розташована сошникова рама з регульованими передніми опорними колесами та задніми колісцями прикочувальної дії, повітряними колекторами (розподільниками) та гофрованими пневмошлангами складана сошникова рама з

регульованими передніми опорними та задніми прикочувальними колесами, між якими розташовані в шаховому порядку пружні сошники з культиваторними стрілочастими лапами та трирядними пружинними боронами. Контроль висіву здійснюється електронною системою контролю висіву.

Недоліком посівного комплексу "Агратор-8500АВТО", на наш погляд, є те, що цей посівний комплекс відносно стійко йде тільки стернею, а попередньо обробленим полем, наприклад, важкою дисковою бороною, цей агрегат іде нестійко, тому що автомобільні колеса відносно невеликого діаметру не розраховані для експлуатації на сільськогосподарських полях, тому не виключено їхнє пробуксовування. Крім цього, не виключається можливість підвищеної "бортової хитавиці" автомобіля через високо розташований центр тяжіння бункера, що зумовлює підвищене зношення зчпного пристрою культиваторної частини посівного агрегату, а також і підвищену поперечну нерівномірність висіву.

Відомий інший енергозберігаючий причіпний посівний комплекс "Агратор-8500" (рис. 4), що містить двосекційний бункер на двох опорних колесах, розташований на рамі, який причіплюють до тракторної підвіски, зі встановленими під секціями дозаторами, магістралями і, із закріпленим завантажувальним шнеком, який складається в похідне положення, з приймальною лійкою для насіння (добрив), попереду якого розташований відцентровий вентилятор із двигуном, а позаду причеплена, обладнана гідравлікою, повітряними колекторами (розподільниками) та гофрованими пневмошлангами, сошникова рама, що складається, з регульованими передніми опорними та задніми прикочуючими колесами, між якими розташовані в шаховому порядку підпружинені сошники з культиваторними стрілочастими лапами та трирядними пружинними боронами.



Рис. 1.5. Загальний вигляд посівного комплексу «Агратор-8500»: 1 – енергетична установка (трактор К-701М); 2 – бункер із пневматичною висівною системою; 3 – культиватор.

Контроль висіву здійснюється електронною системою контролю висіву. Повітряна система розподільників має конфігурацію 1x4x28 (один первинний - чотири вторинних - двадцять вісім індивідуальних висівних сошників). За один прохід агрегат виконує передпосівний обробіток, сівбу насіння і добрив на глибину загортання, загортання посівного матеріалу, боронування і закриття мульчуючим шаром ґрунту, а також інтенсивне коткування смуги посіву.

Перевагою агрегату є те, що він може виконувати:

- посів по поверхнево обробленому полю (мінімальна технологія);
- прямий посів по необробленій стерні з підвищеним вмістом поживних залишків або по седератах (технологія прямого посіву);
- посів по зораному полю без попередньої культивації (технологія комбінованого посіву);
- посів по полю з підвищеним вмістом каміння в ґрунті (стрілчасті лапи відсувають каміння з насіннєлого, на відміну від сівалок із дисками, де дискові сошники перекочуються через каміння, залишаючи просіви);
- суцільний обробіток стерні на глибину до 12 см (технологія мінімального основного обробітку);

- суцільний обробіток, культивацію ґрунту шляхом агрегування трактором тільки культиваторної частини посівного комплексу;
- тривалий за часом посів без дозаправлення насінням і добривом, зважаючи на використання бункера великого об'єму;
- посів за участю тільки одного оператора-машиніста, без участі підсобних робітників-сіячів.

Енергоощадний причіпний посівний комплекс «Агратор-8500» із шириною захвату під час сівби 8540 мм, що призначений для роботи з тракторами з потужністю двигуна не менш як 200 к.с. (зокрема, з тракторами типу К-700А), має також низку конструктивних і технологічних недоліків.

З огляду на те, що катушки дозаторів посівного комплексу розташовані вздовж, а не впоперек поздовжньої осі бункера, струмінь насіннєвого матеріалу (як і добрива) у пневмотранспортній трубі спрямовується вузькою бічною частиною назустріч повітряному потоку. Це погіршує розшарування струменя і транспортування його повітрям у пневмотранспортній системі посівного комплексу, зумовлюючи застосування вентилятора з великою витратою і тиском повітря, для створення оптимальних режимів функціонування посівного комплексу.

Крім цього, таке розташування дозаторів вимагає дуже ретельного й точного налаштування їхніх шиберів, оскільки неточність налаштування суттєво впливає на аеродинамічні характеристики всієї пневмотранспортної системи комплексу та веде до порушення технологічного процесу висіву насіння – або до зниження, або до збільшення норми висіву насіння, що, у підсумку, впливає на рівномірність висіву та схожість насіння.

Далі, через обмежену довжину шиберної заслінки дозаторів посівний комплекс має порівняно вузький діапазон регулювання норми висіву насіння різних культур. До того ж, ускладнено доступ до катушок дозаторів, що погіршує їх очищення та обслуговування.

Також опорні колеса бункера, що йдуть попереду сошникової рами, ущільнюють ґрунт перед висіванням, що, своєю чергою, навіть після проходження позаду бункера культиваторних сошників і пружинних борін спричиняє нерівномірні сходи на слідових смугах коліс бункера, що зумовлено тим, що ущільнений після коліс ґрунт погіршує умови для розсіву під ґрунтовим шаром насіння й добрив повітряним потоком, бо висівання в ущільнений після коліс ґрунт погіршує умови для розсівання під ґрунтовим шаром насіння та добрив повітряним потоком, оскільки посів в ущільненому ґрунтовому шарі. оскільки посів в ущільненому ґрунті вимагає підвищення тиску повітря в пневмошлангах сошників, що йдуть по слідових смугах опорних коліс бункера. Це, своєю чергою, погіршує умови функціонування всієї пневмотранспортної системи посівного комплексу через нерівномірний розподіл у ній тиску й пульсацій повітря (у сошниках, що йдуть менш ущільненим ґрунтом, через перетікання повітря з сошників із високим опором ґрунту в сошники з меншим опором ґрунту). Крім цього, агрегат не забезпечений маркером (слідовказівником), що погіршує якість і продуктивність його роботи, призводить до неприпустимих просівів і перекриттів. Отже, відомому пристрою також притаманні зазначені вище недоліки.

На наш погляд, найоптимальніший варіант застосування як маркера - використання спеціального автомобільного навігатора, забезпеченого функціями для роботи в польових умовах.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДНИЙ ЗРАЗОК ПРИЧІПНОГО ШИРОКОЗАХВАТНОГО КОМПЛЕКСУ

З урахуванням недоліків посівних комплексів вітчизняного та зарубіжного виробництва, було сконструйовано причіпний широкозахватний посівний комплекс. Схему цього причіпного широкозахватного посівного комплексу представлено на рис. 1, а його загальний вигляд, з робочими органами в транспортному положенні, наведено на рис. 2.

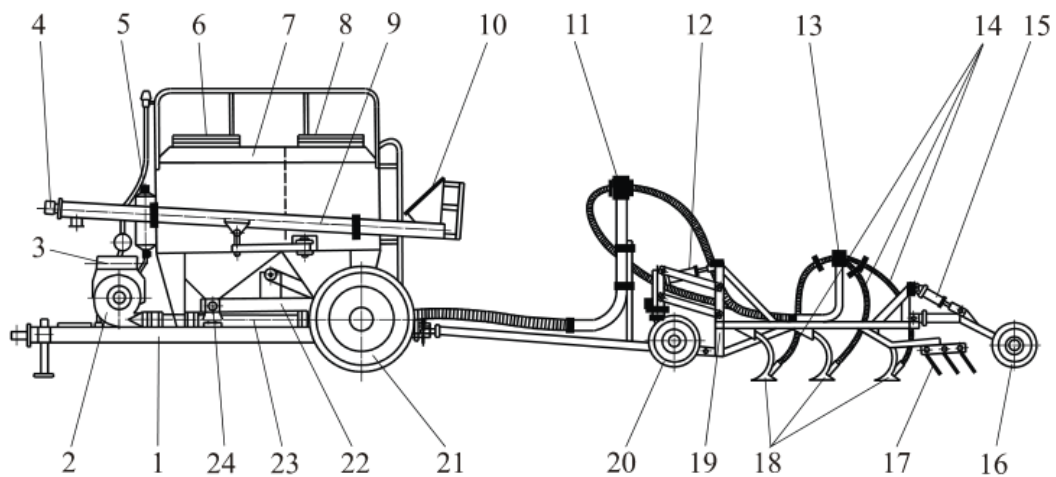


Рис. 2.1. Схема причіпного широкозахватного посівного комплексу: 1 – рама; 2 – радіальний вентилятор; 3 – двигун внутрішнього згорання; 4 – гідромотор; 5 – паливний бак бензинового двигуна; 6 та 8 – завантажувальні люки; 7 – двосекційний бункер; 9 – завантажувальний шнек; 10 – приймальна лійка; 11 та 13 – розподільники (колектори); 12 та 15 – гідроциліндри; 14 – пневмошланги; 16 – опорно-прикатувальні колеса; 17 – трирядні пружинні борони; 18 – підпружинені сошники; 19 – сошнікова рама; 20 і 21 – опорні колеса; 22 – висівна коробка передач; 23 – пневмотранспортна труба; 24 – катушкові дозатори.

Енергозберігаючий причіпний посівний комплекс, з розрахунковою продуктивністю 8,5 гектарів на годину, складається з причіпного до задньої підвіски трактора К-700А (тяговий клас 5), закріпленого на рамі 1, двосекційного

бункера 7 на двох опорних колесах 21. Позаду рами 1 до цього бункера 7 причеплено сошникову раму 19 з регульованими передніми 20 опорними та задніми 16 опорно-прикочувальними колесами, пружними сошниками 18, що мають форму стрілочастих лап, і трирядними пружинними боронами 17 (рис. 2.3).



Рис. 2.2. Загальний вигляд причіпного широкозахватного посівного комплексу з робочими органами в транспортному положенні



а



б

Рис. 2.3. Загальний вигляд бункера (а) і сошникової групи (б) причіпного широкозахватного посівного комплексу.

Сошникову раму 19 зроблена за аналогами з посівним комплексом "Агратор-8500" і має ширину захвату 8540 мм. Вона обладнана гідроциліндрами 12 і 15 для складання рами 19 у похідне положення та на поворотних ділянках поля під час сівби, а також для регулювання заглиблення сошників 18 під час сівби. На рамі 19 також розміщені повітряні колектори (розподільники) 11 і 13, гофровані пневмошланги 14 для подачі насіння та добрива повітряним потоком із бункера 7 у сошники 18 за допомогою радіального вентилятора 2,

розташованого в передній частині двосекційного бункера 7. Привід радіального вентилятора 2 здійснюється від двигуна 3 внутрішнього згоряння "HONDA GX-690". Спіральний корпус вентилятора 2 безпосередньо закріплений на двигун 3 з боку вихідного кінця колінчастого вала. Робоче колесо вентилятора 2 безпосередньо закріплене на вихідному кінці колінчастого вала двигуна 3. Збоку бункера 7 закріплений завантажувальний шнек 9 з приймальною лійкою 10, що складається в похідне положення, привід якого здійснюється від гідромотора 4. З протилежного боку бункера 7 знизу розташовано висівну коробку передач 22. Бункер 7 має дві роздільні секції - передню для зерна і задню для добрива із завантажувальними люками 6 і 8. Внизу кожної секції, відповідно, є котушкові дозатори 24 насіння і добрива, які сполучаються з пневмотранспортною трубою 23. Їхні котушки розташовані поперек поздовжньої осі бункера 7, що дає змогу подавати струмінь зернового матеріалу перпендикулярно до повітряного потоку пневмотранспортної системи сівалки. У зв'язку з цим покращується розшарування зернового струменя (як і струменя добрива) повітрям, що зумовлює легші умови транспортування висівного матеріалу в сошники 18. Крім цього, кожен із дозаторів 24, з торцевої частини, сполучається зі своєю секцією через гофровані пневмошланги, натягнуті на нижню частину загнутих у верхній частині, у вигляді відводів, металевих труб, які проходять вертикально всередині секцій бункера 7 для вирівнювання тиску (балансу) повітря між верхньою частиною цих, заповнених висіваним матеріалом, секцій, та котушковою частиною дозаторів 24. Встановлені під секціями бункера 7 дозатори 24 отримують обертання із застосуванням електромуфти від опорного колеса 21 бункера 7 за схемою: ланцюгова передача-електромуфта-ланцюгова передача-висівна коробка передач-дозатори. Спереду бункера 7 встановлено паливний бак 5, для двигуна "HONDA GX-690".

Енергоощадний причіпний широкозахватний посівний комплекс, що заощаджує енергію працює таким чином. Для здійснення робочого процесу секції бункера 7 по чергово заповнюються зерном і добривом. Для цього

завантажувальний шнек 9 встановлюється в завантажувальне положення. Автотранспортний засіб здійснює розвантаження зерна або добрива у лійку 10, звідки зерно, або добриво, завантажувальним шнеком 9 доставляється через люки 6 і 8 у відповідну секцію бункера 7.

Після завантаження секцій бункера 7 завантажувальний шнек 9 повертається в похідне положення і надійно закріплюється збоку бункера 7. Далі тракторист-машиніст запускає двигун 3 і встановлює оберти його колінчастого вала до необхідної частоти обертання робочого колеса вентилятора 2. Під час руху посівного комплексу по полю підпружинені сошники 18 і трирядні пружинні борони 17 заглиблюються за допомогою гідроциліндрів 12 і 15. Після цього тракторист-машиніст вмикає електромуфту приводу висівної коробки передач 22, яка передає обертання катушкам дозаторів 24. Із дозаторів 24 насіння (добрива) просипається в пневмотранспортну трубу 23, де підхоплюється повітряним потоком, що нагнітається вентилятором 2 і, далі, проходячи по колекторах 11 і 13 та гофрованих пневмошлангах 14, надходить у ґрунт через сошники 18, виконані у вигляді стрілчастих лап. Підпружинені борони 17 вирівнюють посівну смугу і вичісують соломисті рештки та зрізані стрілчастими лапами сошників 18 бур'яни, а опорно-прикочувальні колеса 16 прикочують посіви.

Норму висіву насіння і внесення добрив встановлюють за допомогою змінних катушок дозаторів і змінних зірочок висівної коробки передач, а також задають швидкістю руху посівного комплексу. Оптимальна швидкість повітряного потоку, що нагнітається радіальним вентилятором у пневмотранспортну систему, задається за допомогою регулювання обертів двигуна внутрішнього згорання "HONDA GX-690" від 2500 до 3650 хв⁻¹. Регулювання глибини висіву здійснюється за допомогою спеціальних регульовальних змінних кліпс, що дають змогу змінювати висоту передніх опорних коліс 5 і висоту задніх коліс 6.

2.2 Загальна технічна характеристика причіпного широкозахватного посівного комплексу

Сучасні методи виробництва сільськогосподарської продукції потребують нових ресурсозберігаючих технологій обробітку ґрунту. При обробітку зернових культур дані технології в країні знаходять все більше застосування, зокрема при посівних роботах.

Відповідно до цього, на завод з ремонту дизельних двигунів був створений з використанням та випробуваний на полях ТОВ «Бурець» новий причіпний широкозахватний посівний комплекс «AGRAER-850Н».

Загальний вигляд розробленого посівного комплексу при заправці бункера зерном та добривом та під час польових робіт при сівбі зернових культур наведено на рисунках 2.4 та 2.5.



Рис. 2.4. Загальний вигляд причіпного широкозахватного посівного комплексу «AGRAER-850Н» при заправці бункера зерном та добривами



Рис. 2.5. Загальний вид причіпного широкозахватного посівного комплексу «AGRAER-850H» під час польових робіт при сівбі зернових культур

Розроблений посівний комплекс «AGRAER-850H» дозволяє виконувати за один раз повну обробку ґрунту або стерні, проводити основну і передпосівну обробку, готувати гарне насінневе ложе і проводити посів з досліджувальним закладенням смуги посіву мульчованим шаром, боронуванням посівів , - Прикочування смуги посіву.

Висновки по розділу

Основні переваги розробленого причіпного широкозахватного посівного комплексу «AGRAER-850H» у порівнянні з найближчими аналогами полягають у наступному:

- встановлення спірального корпусу відцентрового малогабаритного вентилятора, запозиченого у посівного комплексу «HORSCH АГРО-СПЛКА» SW1050, безпосередньо на двигун «HONDA GX-690» з боку вихідного кінця його колінчастого валу, і закріплення робочого колеса вентилятора також безпосередньо на вихідному кінці колінчастого валу двигуна дозволяє знизити металоємність та зменшує трудомісткість монтажу вентилятора;

- привід встановлених під секціями бункера дозаторів із застосуванням електромуфти від опорного колеса бункера за схемою: ланцюгова передача → електромуфта → ланцюгова передача → висівна коробка передач → дозатори покращує умову рівномірності їх обертання, що обумовлює якісний розподіл насіння та внесення підвищенню врожайності сільськогосподарських культур;

- пружні сошники, що йдуть слідовими смугами опорних коліс бункера і передніх опорних коліс сошникової рами, порівняно з іншими сошниками встановлені нижче на величину $\Delta h = 0,020 \dots 0,040$ м. В результаті цього відбувається краще розпушення ущільненої слідової смуги, що покращує умову розсівання ґрунті через зменшення пульсації повітряного потоку у всіх сошниках внаслідок вирівнювання опору ґрунту в них.

РОЗДІЛ 3

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Для визначення показників якості на дослідній ділянці, у період весняної сівби, спочатку було проведено настановні та регулювальні заходи на досліджуваному посівному комплексі.

Для контролю висіву насіння та добрив при роботі розробленого посівного комплексу застосовано систему ВКВ «Ариш» АМ-8,5/28 виробництва. Як маркер і обліковець обробленої посівної площі під час руху посівного комплексу «AGRAER 850H» по полях ТОВ «Бурець» був застосований двокомпонентний навігатор «Leica mojo MINI», укомплектований дисплеєм mojo MINI та GPS приймачем "GeoSpective Smart antenna" виробництва компанії Leica Geosystems AG (Швейцарія).

Потім була проведена перевірка рівня олії в гідробаку трактора та регулювання рівня рам культиваторної частини посівного комплексу на відносно рівній, асфальтованій площадці. Заглиблення 28 стрілчастих культиваторних лап сошників було встановлено на глибину 4 сантиметри за допомогою набору спеціальних змінних обмежувальних кліпс, що легко встановлюються на штоки гідроциліндрів коліс культиваторної рами. Загальний вигляд змінних обмежувальних кліпсів, що встановлюються на штоки гідроциліндрів коліс культиваторної рами посівного комплексу «AGRAER-850H», наведено на рис. 3.1.

Крім цього, бічні напіврами регулювалися за рівнем у передній частині за допомогою талрепів опорних коліс напіврам. Після цього за допомогою рукоятки гідророзподільника трактора К-700А було вироблено не менше 10 разів «підйом-опускання» культиваторної рами для перевірки гідросистеми посівного комплексу на відсутність повітря, а також заїдань у шарнірно-зчленованих

з'єднаннях рами культиваторної частини. Було встановлено, що гідроциліндри опорних та опорно-прикочувальних коліс культиваторної рами працюють стійко.



а

б

Рис. 3.1. Загальний вигляд змінних обмежувальних кліпс, що встановлюються на штоки гідроциліндрів коліс культиваторної рами посівного комплексу «AGRAER-850H»: а – набір змінних обмежувальних кліпс для регулювання глибини висіву; б – кліпси, встановлені на штоку гідроциліндра секції опорно-прикочувальних коліс культиваторної рами.

Також, були проведені попередні досліді щодо вибору оптимальної швидкості руху агрегату за попередньо підготовленим полем. Швидкість вибиралася те щоб борозни за всіма сошниками однаково і рівномірно покривалися землею, й у залежність від рельєфу поля швидкість руху агрегату відповідала значенням 9...12 км/год.

Далі, проводилися регульовальні досліді щодо встановлення посівного комплексу на задану агрономом норму висіву: зернова культура, що висіється – протруєний ярий ячмінь сорту «Гонар», норма висіву 240 кг/га, добриво - Азофоска, норма висіву 86 кг/га. Для насінневого дозатора було обрано катушка Р800 (нержавіюча сталь), а для дозатора добрива катушка Р250 (чорна).

Згідно з настроювальними таблицями було визначено:

- для насінневої катушки: передатне відношення $i = 1,5$; провідна зірочка з числом зубів $Z1 = 21$, ведена $Z2 = 14$; розрахункова норма висіву 241,61 кг/га;
- кількість оборотів висівної катушки на 1 га – 436,91 об/га;

- для котушки добрива: передатне відношення $i = 1,0$; провідна зірочка з числом зубів $Z1 = 26$, ведена $Z2 = 26$; розрахункова норма висіву $86,80$ кг/га;
- кількість оборотів висівної котушки на 1 га – $291,28$ об/га.

Після цього секції бункера були наповнені відповідним призначенням секції матеріалом: насіння – насінням, секція добрива – добривом.

Під дозатори кожної секції бункера були розстелені шматки брезента розміром 2×2 метри, для роздільного збору і подальшого зважування матеріалів, що подаються дозаторами.

Для скорочення часу на операцію ручного калібрування норми висіву, настроювальною ручкою висівної коробки передач було здійснено $37\frac{5}{6}$ оборотів згідно з методикою, описаною в розділі 3, що відповідало $1/20$ гектара від розрахункової норми висіву. Після цього, висіяне насіння та добриво було зважено на терезах з точністю до третього знака. Досліди були проведені у триразовій повторності з визначенням середньої маси навішування. Середня маса навішування насіння ячменю становила $12,025$ кг на $1/20$ гектара, що відповідає нормі висіву, що дорівнює $240,50$ кг/га. Середня маса навішування добрива склала $4,319$ кг на $1/20$ гектара, що відповідає нормі висіву $86,38$ кг/га.

Після попереднього ручного налаштування норми висіву насіння та добрива було проведено ще одну перевірку на норму висіву по чистому майданчику. Для цього був запущений стартером двигун вентилятора HONDA GX-690 та після попереднього прогріву частота обертання колеса вентилятора була виведена на номінальні оберти 3540 хв⁻¹ колінчастого валу двигуна, при яких вентилятор пропрацював протягом 10 хвилин на режимі продування магістралі пневмотранспортної системи для видалення вологи та можливих частинок насіння та добрива. Потім оберти колеса вентилятора були знижені до робочого значення 3500 об/хв. Далі, при включеному вентиляторі та електромагнітній муфті приводу висівної коробки передач агрегат проїхав чистим контрольним майданчиком 15 метрів з піднятими сошниками. Шляхом накладання на контрольний майданчик дерев'яної рамки розміром 1000×1000 мм було

підраховано кількість зерен на 1 квадратному метрі з числом повторності рівним дев'яти. У перерахунку на 1 гектар кількість зерен становила 4908163 шт., що відповідало нормі висіву 240,50 кг/га. Після цього, агрегат зробив висів насіння та добрива на площі 300 га. Дослідження відхилення від глибини закладення насіння показало, що середнє значення становило $4 \pm 0,6$ см. Закладення насіння було повним без огрехів.

Після цього для продовження оцінки якості роботи посівного комплексу було взято протруєне насіння іншої зернової культури – яра пшениця сорту «Ірень», задана норма висіву 260-280 кг/га, добрива – Азофоска, задана норма висіву 40-50 кг/га. Для насінневого дозатора була обрана катушка P500 (жовта), а для дозатора добрива катушка P250 (чорна). Згідно з настроювальними таблицями (додаток В) було визначено:

- для насінневої катушки: передатне відношення $i = 2,0$; провідна зірочка з числом зубів $Z1 = 26$, ведена $Z2 = 13$; розрахункова норма висіву 268,56 кг/га;
- кількість оборотів висівної катушки на 1 га – 582,00 об/га;
- для катушки добрива: передатне відношення $i = 0,56$; провідна зірочка з числом зубів $Z1 = 14$, ведена $Z2 = 25$; розрахункова норма висіву 48,61 кг/га; кількість оборотів висівної катушки на 1 га – 163,11 об/га.

Далі, секції бункера були заповнені відповідним призначенням секції матеріалом: насіннева – насінням, секція добрива – добривом. Під дозатори кожної секції бункера були розстелені шматки брезента розміром 2х2 метри, для роздільного збору і подальшого зважування матеріалів, що подаються дозаторами.

Аналогічно попередньому досвіду, для скорочення часу на операцію ручного калібрування норми висіву настроювальної ручкою висівної коробки передач було здійснено $37\frac{5}{6}$ 37 оборотів, що відповідало 1/20 га від розрахункової норми висіву. Після цього, висіяне насіння та добриво було зважено на терезах з точністю до третього знака. Досліди були проведені у триразовій повторності з визначенням середньої маси навішування. Середня

маса навішування насіння пшениці становила 13,405 кг на 1/20 гектара, що відповідає нормі висіву, що дорівнює 268,10 кг/га. Середня ж маса навішування добрива становила 2,421 кг на 1/20 га, що відповідає нормі висіву 48,42 кг/га.

Далі, було проведено перевірку на норму висіву насіння ярої пшениці сорту Ірень чистим майданчиком 15 метрів із піднятими сошниками за аналогією з методикою висіву насіння ярого ячменю сорту Гонар. Також шляхом накладення на контрольний майданчик дерев'яної рамки розміром 1000x1000 мм було пораховано кількість зерен на 1 квадратному метрі з числом повторності рівним дев'яти. У перерахунку на 1 гектар кількість зерен становила 7816326 шт., що відповідало нормі висіву 268,10 кг/га. Після цього агрегат зробив висів насіння та добрива на площі 450 гектарів. Дослідження відхилення від глибини закладення насіння показало, що середнє значення становило $4\pm 0,5$ см.

Загальний вид причіпного широкозахватного посівного комплексу «AGRAER 850H» у процесі роботи в полі представлений на рисунку 3.2, а фотографії посівів ярого ячменю сорту Гонар та ярої пшениці сорту Ірен у колосовій фазі, посіяних посівним комплексом «AGRAER-850H», наведено на рисунку.

Оцінку якості роботи посівного комплексу також було проведено в осінній період, із застосуванням насіння – озимого жита сорту «Тетяна» та заданою нормою висіву 238 кг/га. При цьому для висіву насіння було використано обидві секції бункер. Для обох дозаторів було обрано катушки Р500 (жовта). У зв'язку з тим, що відношення обсягів секцій бункера (передній/задній) мають відношення 60/40%, то, отже, і норма висіву дозаторів була прийнята відповідно до цієї пропорції 141/97 кг/га, для рівномірного спустошення бункера. Згідно з настроювальними таблицями було визначено:



Рис. 3.2. Загальний вид причіпного широкозахватного посівного комплексу «AGRAER-850H» у процесі сівби зернових культур по стерні



а

б

Рис. 3.3. Загальний вид посівів ярого ячменю сорту Гонар (а) та ярої пшениці сорту Ірень (б) у колосовій фазі, посіяних посівним комплексом «AGRAER-850H»

- для насінневої катушки передньої секції бункера: передатне відношення $i = 1,105$; провідна зірочка з числом зубів $Z1 = 21$, ведена $Z2 = 19$; розрахункова норма висіву $141,62$ кг/га; кількість оборотів висівної катушки на 1 га – $321,94$ об/га;

- для насінневої катушки задньої секції: передатне відношення $i = 0,76$;

- провідна зірочка з числом зубів $Z1 = 19$, ведена $Z2 = 25$; розрахункова норма висіву $97,40$ кг/га; кількість оборотів висівної катушки на 1 га – $221,37$ об/га.

Далі секції бункера були наповнені насінням. Під дозатори кожної секції бункера були розстелені шматки брезента розміром 2х2 метри, для роздільного збору і подальшого зважування насіння, що подається дозаторами.

Аналогічно попередньому досвіду, для скорочення часу на операцію ручного калібрування норми висіву настроювальною ручкою висівної коробки передач було здійснено $37\frac{5}{6}$ оборотів, що відповідало 1/20 гектара від розрахункової норми висіву. Після цього, висіяне насіння було зважено на терезах з точністю до третього знака. Досліди були проведені у триразовій повторності з визначенням середньої маси навішування. Середня маса навішування насіння жита склала 11,915 кг на 1/20 гектара, що відповідає нормі висіву, що дорівнює 238,30 кг/га.

Далі було проведено перевірку на норму висіву по чистому майданчику. Для цього був запущений стартером двигун вентилятора HONDA GX-690 і після попереднього прогріву частота обертання колеса вентилятора була виведена на номінальні оберти 3600 об/хв колінчастого валу двигуна, при яких вентилятор пропрацював протягом 10 хвилин на режимі продування магістралі пневмотранспортної системи, для видалення вологи та можливих частинок насіння та добрива від попередніх посівних робіт. Далі, при включеному вентиляторі, з частотою обертання колеса 3300 хв^{-1} , та електромагнітною муфтою приводу висівної коробки передач, агрегат проїхав по чистому контрольному майданчику 15 метрів з піднятими сошниками. Шляхом накладання на контрольну площадку дерев'яної рамки розміром 1000х1000 мм було пораховано кількість зерен на 1 квадратному метрі з числом повторності рівним дев'яти. У перерахунку на 1 га число зерен становило 7278287 штук, що відповідало нормі висіву 238,0 кг/га. Після цього агрегат зробив висів насіння обома дозаторами по необробленій стерні на площі 300 гектарів. Дослідження відхилення від глибини закладення насіння показало, що середнє значення становило $4\pm 0,7$ см. Фотографія посівів озимого жита сорту «Тетяна», у вигляді

сходів та у колосовій фазі, посіяних посівним комплексом «AGRAER-850H», представлені на рис. 3.4.



Рис. 3.4. Загальний вид посівів озимого жита сорту «Тетяна» у вигляді сходів (а) та у колосовій фазі (б), посіяних посівним комплексом «AGRAER-850H»

Також, посівний комплекс був випробуваний при культивуванні стерні на глибину 12 см, кришення ґрунту при цьому склало 80% (фракції до 25 мм), а глибина та підрізання бур'янів (100%) відповідали вимогам технічних умов.

Середнє значення глибини культивування відповідало значенню $12 \pm 1,5$ см. Агрегування посівного комплексу «AGRAER-850H» показало, що трактор К-700А стійко забезпечує виконання технологічного процесу на швидкостях руху 1,88-2,34 м/с, завантаження трактора при цьому становило 31,43-40,05%, а буксування 14-17%. Допустима транспортна швидкість склала до 25 км/год. Середня продуктивність агрегату відповідала 8,5 га/год та витрата палива 5,37 кг/га. Трудомісткість щозмінного технічного обслуговування 0,1люд.- год, а коефіцієнт надійності технологічного процесу 0,99. Середнє значення коефіцієнта варіації нерівномірності висіву всього посівного комплексу становило 5,1%.

Отримані експериментальні дані свідчать про відповідність якості роботи посівного комплексу агротехнічним вимогам та забезпечення виконання технологічного процесу. Відповідно до цього розроблений причіпний

широкозахватний посівний комплекс «AGRAER-850H» може бути рекомендований до виготовлення кількох партій та випробувань на МІС.

Енергетичний розрахунок необхідний порівняльної оцінки енергоефективності експериментального посівного агрегату стосовно базового посівного агрегату (прототипу). Попередньо, питома витрата палива визначалася при посіві насіння ярої пшениці сорту Ірен з нормою висіву $N_c = 250$ кг/га по підготовленому полю з одночасним внесенням добрива «Азофоска» ($N_{16}P_{16}K_{16}$) нормою $N_y = 93$ кг/га з глибиною загортання 4 см. розрахунок проводився згідно з рекомендаціями, викладеними в джерелах.

Експериментальним агрегатом був склад К-700А+AGRAER-850H, а базовим варіантом К-700А+Агратор-8500. Вихідні дані до розрахунку енергетичної ефективності представлені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. – Вихідні дані для розрахунку енергоефективності

| Перелік вихідних даних | Значення показників за зразками порівнюваної техніки | | |
|---|--|----------------------|---------------------------------|
| | Трактор К-700А | Базовий Агратор-8500 | Експериментальний "AGRAER-850H" |
| Маса M_i , кг | 13420 | 10520 | 9950 |
| Питома витрата палива G_i , кг/га | - | 5,41 | 5,36 |
| Енергозміст тракторного палива em МДж/кг | 42,7 | - | - |
| Відрахування на реновацію A_{pi} , % | 10 | 10 | 10 |
| Відрахування на поточний ремонт та технічне обслуговування A_{mi} , % | 22 | 6 | 6 |
| Енергетичний еквівалент ai , МДж/кг | 120 | 104 | 104 |
| Нормативна річне завантаження, T_{ni} , год. | 1350 | 106 | 106 |
| Питома економія насіння H_{ic} , кг/га | - | - | 2,71 |
| Питома економія добрив H_d , кг/га | - | - | 0,92 |
| Норма виробітку, $W_{год}$, га/год | - | 8,5 | 8,6 |

Відповідно до рекомендацій критеріями енергетичної ефективності технологічного процесу прийнято узагальнений коефіцієнт K_e та показник рівня інтенсифікації Y_e (%):

$$K_s = \frac{E_2}{E_6}, \quad (3.1)$$

$$Y_s = (1 - K_s) \cdot 100, \quad (3.2)$$

де $E_{e,\delta}$ - відповідно повні енерговитрати експериментального (базового) агрегату, МДж/га.

Прямі питомі витрати енергії $E_{неб}$ (МДж/га) виконання технологічного процесу сівби визначалися по вираженню:

$$E_{неб,\delta} = G_{з,\delta} \cdot e_t, \quad (3.3)$$

де $G_{з,\delta}$ - питома витрата палива експериментальним, базовим агрегатом, кг/га;

e_t - енергозміст тракторного палива, МДж / кг.

Перенесення уречевленої енергії на кінцевий продукт у вигляді енергоємності насіння та добрив є однаковим для обох варіантів агрегатів, отже, даний вид енергії можна не враховувати при підсумовуванні повних енерговитрат у кожному варіанті, як і енерговитрати живої праці, тому що в обох варіантах обслуговування агрегатів ведеться одним машиністом оператором, передбачене посібником з експлуатації. Однак, у зв'язку з тим, що на експериментальному посівному комплексі "AGRAER-850H", як маркер, застосовувався польовий навігатор "Leica тоjo MINI", то мала місце економія насіння та добрива (таблиця 3.3).

Отже, необхідно відняти від суми повних енерговитрат зекономлену уречевлену енергію E_{oc} (МДж/га), що визначається за формулою:

$$E_{оэ} = \frac{H_{oc} \cdot \alpha_{oc}}{T_{oc}} + \frac{H_{oy} \cdot \alpha_{oy}}{T_{oy}}, \quad (3.4)$$

де H_{oc} , H_{oy} – відповідно питома економія насіння та добрива, кг/га;

α_{oc} , α_{oy} - відповідно енергетичний еквівалент насіння та добрива, $H_{oc} = 19,31$ МДж/кг, $H_{oy} = 8,2$ МДж/кг;

T_{oc} , T_{oy} – відповідно термін дії насіння та добрива (для насіння та мінеральних добрив – 1 рік).

Кошти механізації, які стосуються основних засобів виробництва, переносять на створюваний продукт часткову енергію з їхньої виробництва.

У зв'язку з цим, енергоємність засобів механізації – енергоємність трактора E_m (МДж/год) та, відповідно, експериментального (базового) посівного комплексу $E_{меб}$ (МДж/год), визначимо за такими виразами:

$$E_m = \frac{M_m \cdot \alpha_m}{100} \times \frac{(A_{pm} + A_{mm})}{T_{nm}}, \quad (3.5)$$

$$E_{мэ,б} = \frac{M_{мэ,б} \cdot \alpha_m}{100} \times \frac{(A_{pmэ,б} + A_{mmэ,б})}{T_{nm}}, \quad (3.6)$$

де M_m $M_{меб}$, - відповідно маса трактора, маса експериментального (базового) посівного комплексу, кг;

α_m α_m - відповідно енергетичний еквівалент трактора та посівних машин, МДж/кг;

A_{pm} $A_{рмеб}$ - відрахування на реновацію, %;

A_{mm} $A_{тмеб}$ - відповідно відрахування на поточний ремонт та технічне обслуговування трактора, експериментального (базового) посівного комплексу, %;

$T_{нт}$, T_{nm} - відповідно нормативне річне завантаження трактора та посівних машин, год.

Повні питомі енерговитрати $E_{еб}$ при посіві насіння та добрива експериментальним (базовим) посівним комплексом визначаємо, з урахуванням виразів

$$E_{э,б} = E_{нэ,б} + \left(\frac{E_m + E_{мэ,б}}{W_{ч}} \right) - E_{оз}, \quad (3.7)$$

де $W_{год}$ -годинна продуктивність агрегату, га/год.

Далі, остаточний розрахунок провадимо за формулами, а отримані основні розрахункові дані зводимо до таблиці 3.3.

Аналіз даних показує, що використання у складі агрегату розробленого експериментального причіпного посівного комплексу «AGRAER-850H» забезпечує порівняно з базовим посівним комплексом Агратор-8500 рівень інтенсифікації Y_e від 15,0%. Це свідчить про те, що розроблена машина є

ресурсоенергозберігаючою внаслідок того, що її сукупні витрати енергії менші на 15,0%, ніж у базової машини, що порівнюється з нею.

Таблиця 3.3 – Розрахункові дані енергоефективності агрегатів

| Розрахунковий параметр | Значення показників за зразками порівнюваної техніки | |
|---|--|--|
| | Базовий К-700А + Агратор-8500 | Експериментальний К-700А + «AGRAER-850H» |
| Прямі питомі завитрати енергії $E_{неб}$ (МДж/га) | 230,7 | 229,1 |
| Заощаджена уречевлена енергія E_{oe} (МДж/га), | - | 59,8 |
| Енергоємність посівного комплексу $E_{меб}$ (МДж/год) | 1648,3 | 1563,0 |
| Повні питомі енерговитрати $E_{еб}$ (МДж/га) | 469,4 | 398,1 |
| Коефіцієнт K_e енергетичної ефективності | - | 0,85 |
| Показник рівня інтенсифікації Y_e (%) | - | 15,0 |

Висновки по розділу

Проведені випробування посівного комплексу в польових умовах у весняно-осінній період, як за попередньо обробленим полем, так і в процесі сівби по стерні, показали стійке виконання ним технологічного процесу висіву насіння зернових культур та добрива на глибину 4 см з максимальним відхиленням $\pm 0,7$ см, із робочою швидкістю 9...12 км/год. Дозуюча система посівного комплексу з поперечною подачею висівного матеріалу дозаторами забезпечила стабільно - стійкий фактичний висів: протруєного насіння ярого ячменю сорту.); протруєного насіння ярої пшениці сорту Ірен з нормою висіву 268,10 кг/га та одночасним внесенням добрива Азофоска з нормою висіву 48,42 кг/га (за підготовленим полем); протруєного насіння озимого жита сорту Тетяна із сумарною нормою висіву 238 кг/га обома секціями бункера, без внесення добрива (сів по необробленому стерні).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Розроблено конструкційно-технологічну схему енергозберігаючого причіпного широкозахватного посівного комплексу, що містить розташований на рамі двосекційний бункер на двох опорних колесах із встановленими під секціями дозаторами, пневмотранспортною трубою із закріпленим завантажувальним шнеком з приймальною лійкою для насіння (добрив), що переходить в похідне положення, попереду якого розташований радіальний вентилятор з двигуном, а позаду причеплена, обладнана гідравлікою, повітряними колекторами (розподільниками) і гофрованими пневмошлангами, що складається з опорними рамами колесами, між якими розташовані в шаховому порядку пружні сошники і трирядними пружинними боронами, забезпеченого електронною системою контролю висіву, польовим навігатором із функцією обліку обробленої посівної площі.

Розроблено енергозберігаючий причіпний широкозахватний посівний комплекс «AGRAER-850H», оснащений електронними системами контролю висіву та навігації. У порівнянні з найближчим за конструктивним виконанням прототипом «Агратор-8500», розроблений комплекс «AGRAER-850H» при однаковій продуктивності має менші на 15% сукупні витрати енергії, на 5,24% металомісткість та 1% питома витрата палива. Застосування електронного навігатора замість механічного маркера дозволило отримати питому економію насіння 2,7 кг/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аніскевич Л. Система точного землеробства: ефективність і веління часу. Пропозиція. 2000. № 6. С. 96–97.
2. Аніскевич Л. В. Управління системами високоточного дозування технологічних матеріалів. Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2014. № 196. С. 264–277.
3. Аулин В. В. Энергетическая концепция развития высеваяющих систем. Вісник інженерної академії України. 2016. № 1. С. 267–273.
4. Бойко А. І. Модель функціонування пневматичної висівної системи для технологій точного землеробства / А. І. Бойко, М. О. Свірень // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково–технічний збірник. – Кіровоград: КНТУ, 2006. – Вип. 36. – С. 13–18.
5. Висівна система. Пат. 28119 Україна, МПК А01С 7/04. О. М. Іллін, В. М. Ковшарь (Україна). - № 98062863; заявл. дата 22.06.1998; опубл. 16.10.2000.
6. Войтюк Д., Аніскевич Л., Гаврилюк Г. Структура обладнання посівних машин для проведення сівби зі змінними нормами / Д. Войтюк, Л. Аніскевич, Г. Гаврилюк // Механізація сільського господарства. Збірник наукових праць Національного аграрного університету. – Т. XIV. – Київ, 2003. – С. 9–17.
7. Войтюк Д. Г. Технічні проблеми точного землеробства в Україні / Д. Г. Войтюк, В. І. Кравчук, А. А. Кошовий, Г. Л. Баранов // Вісник аграрної науки. – 2000. – № 9. – С. 41–46.
8. Волошин М. Перспективна техніка для посіву дрібнонасінних культур: сівалки СЗТ–5,4 та СЗ–5,4–06 «Клен» / М. Волошин // Техніка АПК. – 2008. – № 3–4. – С. 36–38.

9. Гевко Б. М. Технологічні основи проектування та виготовлення посівних машин : [монографія] / Б. М. Гевко, О. Л. Ляшук, Ю. Ф. Павельчук, В. М. Пришляк, І. І. Чвартацький, М. Л. Заяць, Р. І. Лотоцький. – Тернопіль : Вид. ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. – 238 с

10. Заїка П. М. Результати польових випробувань вібраційно-дискового висівного апарату на сівбі дрібнонасіневих сільськогосподарських культур / П. М. Заїка, М. В. Бакум, Р. В. Кириченко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград: КНТУ, 2009. – Вип. 39. – С. 48–53.

11. Малієнко А. М. Загальні закономірності формування технологій мінімального обробітку ґрунту в землеробстві України / А. М. Малієнко // АгроІнКом. – 2007. – № 1–2. – С. 18–22.

12. Мироненко В. Г. Науково–технічні основи розробки засобів механізації з керованою якістю виконання технологічних процесів у рослинництві: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Київ. 2006. 39 с.

13. Мироненко В. Г. Автоматизація технологічних процесів — як фактор створення сільськогосподарської техніки нового покоління. Механізація та електрифікація сільського господарства: [загальнодержавний збірник]. 2014. – Випуск № 99, Т. 2 / [ННЦ «ІМЕСГ»]. Глеваха, 2014. С. 11–16.

14. Панков А. О. Підвищення якості технологічного процесу сівби насіння круп'яних культур мобільною струминною дозуючою системою: дис. ... кандидата техн. наук : спец. 05.20.01 "Механізація сільськогосподарського виробництва" / Панков Андрій Олександрович. – Луганськ, 2000. – 198 с.

15. Пархоменко Ю.М., Пархоменко М.Д. Шляхи автоматизації процесу висіву при місці визначеному землеробстві : матеріали X Міжнародної науково–практичної конференції [«Проблеми конструювання, виробництва та

експлуатації сільськогосподарської техніки»], (Кіровоград, КНТУ, 2015 р.) / Міністерство освіти, КНТУ, 2015. С. 129–130.

16. Пастухов В. І. Перспективні напрямки модернізації зернових сівалок / Бакум Н. В., Пастухов В. І., Нікітін С. П., Михайлов А. Д. / Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Вип. 135. Харків. 2012. С. 77–88.

17. Дерев'янку Д. А., Давидович В. М. Аналіз конструкцій сучасних енергозберігаючих посівних комплексів. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики*. 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. Т. 3. С. 52-58.

18. Дерев'янку Д.А., Давидович В. М. Дослідний зразок причіпного широкозахватного комплексу. *Збірник матеріалів ІХ Міжнародної науково-практичної конференції „Інноваційні технології в АПК”*. 7-8 червня 2023 року, м. Луцьк. С.