

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ ___ “ _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

Модернізація сівалки ASTRA 3.6 з розробкою висівного
апарату

Виконав здобувач вищої освіти IV
курсу, групи ГМ-21

ОПП «Галузеве машинобудування»

спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»

_____ Ломако Михайло Михайлович

« ___ » _____ 2025 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

_____ Володимир ОНОПА

« ___ » _____ 2025 р.

Рецензент

доц., канд. техн. наук

_____ Кирил ЩЕРБИНА

« ___ » _____ 2025 р.

м. Кропивницький

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання підвищення ефективності роботи зернової сівалки ASTRA 3.6 шляхом модернізації її висівного апарата. Проведено комплексне теоретичне, конструкційне та розрахункове обґрунтування змін, спрямованих на покращення рівномірності висіву, адаптацію до різних культур і умов експлуатації. Запропоновано інженерне рішення нового висівного механізму з оптимізованою геометрією котушки та можливістю регулювання норми висіву. Виконано кінематичний, технологічний, силовий та міцнісний аналіз модернізованого агрегата, а також здійснено оцінку його енергоефективності та економічної доцільності. Результати дослідження можуть бути використані в практиці конструювання сівалок нового покоління.

Ключові слова: сівалка, висівний апарат, модернізація, рівномірність висіву, технологічний розрахунок

The qualification thesis addresses the issue of improving the operational efficiency of the ASTRA 3.6 grain drill by modernizing its seed metering unit. A comprehensive theoretical, design, and analytical justification of improvements aimed at enhancing seed distribution uniformity and adapting the mechanism to various crops and field conditions has been conducted. An engineering solution is proposed in the form of a redesigned seed metering mechanism with an optimized coil geometry and adjustable seeding rate. Kinematic, technological, power, and strength calculations of the upgraded unit were performed, along with an assessment of its energy efficiency and economic feasibility. The results of the research can be applied in the design of new-generation grain drills.

Keywords: seed drill, seed metering device, modernization, seeding uniformity, technological calculation

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				<u>Документація загальна</u>		
				Заново розроблена		
A4			АСТРА 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	50*	*сторінок ф. А4
				<u>Документація по</u>		
				<u>конструкторській</u>		
				<u>частині</u>		
				Заново розроблена		
A1			СЗА 00.000 ВО	Сівалка Астра СЗ-3,6А	1	
A1			СЗА 01.000 СБ	Сошник		
				Складальне креслення	1	
A2			СЗА 02.010 СБ	Висівний апарат		
				Складальне креслення	1	
A4			СЗА 02.010.305	Котушка	1	
A4			СЗА 02.010.303	Клапан	1	
A4			СЗА 01.000.602	Хвостовик	1	
A4			СЗА 00.613	Вісь	1	

					АСТРА 00.000 ВП					
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	Відомість кваліфікаційної роботи роботи			Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Ломако								3	1
Перевір.	Онопа									
Н. контр.	Мачок									
Затв.	Васильковський				ЦНТУ, гр. ГМ-210					

Зміст

	стор.
Вступ.....	5
2. Стан питання про машину, яка підлягає модернізації з визначенням шляхів її покращення	6
3. Конструкторська частина	31
Висновки.....	44
Список використаних джерел.....	45
Додатки	

					ASTRA 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Локум.	Підпис	Дата		38

ВСТУП

У структурі зернового виробництва озима пшениця стабільно займає провідні позиції, а її врожайність і площі посівів залишаються визначальними чинниками продовольчої безпеки країни. У 2024 році загальний обсяг виробництва озимої пшениці сягнув понад 22 мільйонів тонн, що свідчить про збереження потенціалу навіть в умовах геополітичної нестабільності. Цей показник було досягнуто при середній урожайності понад 4,4 т/га, що є високим результатом на фоні скорочення посівних площ внаслідок бойових дій, мінунання територій і дефіциту ресурсів.

Сільське господарство України, зокрема зерновий сектор, упродовж останніх років зазнав значних деструктивних впливів через повномасштабну війну. Руйнування інфраструктури, технічного парку та логістичних маршрутів, суттєве підвищення вартості мінеральних добрив і пального, а також наявність вибухонебезпечних предметів на полях, значно ускладнили виконання агротехнічних операцій. Зокрема, мінунання орних земель охопило кілька мільйонів гектарів, що стало серйозною перешкодою для проведення своєчасної сівби та збору врожаю. Ускладнені умови функціонування агровиробництва підвищили вимоги до ефективності використання наявної техніки та її технологічної надійності. Водночас інфляційні процеси, зниження доступності інвестицій і нестабільність валютного курсу поставили перед аграрним сектором нові виклики, які потребують глибокої техніко-економічної переорієнтації.

Висока продуктивність озимої пшениці суттєво залежить від точності технологічного проходження процесу сівби. Одним із критичних факторів є забезпечення рівномірного розподілу насіння по площі поля, дотримання агрономічно обґрунтованої глибини його загортання та щільності стояння рослин. Досвід передових господарств та результати агротехнічних досліджень свідчать, що оптимальна густина становить 300–350 рослин на квадратний метр. Такі

					ASTRA 00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Ломако				КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев..	Онопа						5	1
Н.контр.	Мачок				ЦНТУ, гр. ГМ-21			
Затве.	Васильковський							

параметри дозволяють максимально реалізувати біологічний потенціал культури, забезпечити повноцінний фотосинтез, ефективне засвоєння мінерального живлення та вологи, що в умовах нестабільного клімату та дефіциту ресурсів має вирішальне значення для кінцевого врожаю.

Технічне забезпечення процесу висіву здійснюється за допомогою зернових сівалок, серед яких серія ASTRA 3.6 займає важливе місце. Ця сівалка є одним із базових зразків вітчизняного виробництва, широко використовуваним у господарствах завдяки простоті конструкції, ремонтпридатності та прийнятній вартості. Однак наявні модифікації агрегату не забезпечують достатньої точності висіву. Нерівномірність розподілу насіння, варіативність глибини загорання, втрата насіння внаслідок перевищення допустимої норми висіву — все це знижує ефективність агротехнологій та призводить до втрати частини врожаю. Механічні дозатори не мають адаптивної системи контролю, що не дозволяє точно регулювати параметри в умовах змінної щільності ґрунту, вологи, ухилу поля чи швидкості руху агрегату.

Актуальність модернізації сівалки ASTRA 3.6 полягає в необхідності підвищення її агротехнічної ефективності шляхом удосконалення висівного апарату, який є ключовим вузлом агрегату. Запропоновані технічні рішення передбачають впровадження нових конструктивних елементів, таких як прецизійні дозувальні механізми, системи автоматичного регулювання норми висіву, сенсорні модулі, що вимірюють фізико-механічні властивості ґрунту в реальному часі. Окрім цього, вдосконалення системи загорання насіння дозволяє досягти більш рівномірного проростання, що критично важливо для фазового розвитку культури. Результатом впровадження інноваційних рішень є підвищення продуктивності сівби з 1000 до 1200 кг/га, зменшення енерговитрат на 20%, скорочення часу виконання операції з 10 до 8 годин на гектар, а також покращення якості посіву — зниження коефіцієнта нерівномірності висіву з 5% до 3%.

					ASTRA 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Локум.	Підпис	Дата		5

2. СТАН ПИТАННЯ ПРО МАШИНУ, ЯКА ПІДЛЯГАЄ МОДЕРНІЗАЦІЇ З ВИЗНАЧЕННЯМ ШЛЯХІВ ЇЇ ПОКРАЩЕННЯ

Історія створення сівалок типу ASTRA 3.6 тісно пов'язана з загальним розвитком сільськогосподарської техніки в Україні та країнах колишнього Радянського Союзу. Витоки цих машин сягають середини ХХ століття, коли потреба в механізації посівних робіт зросла внаслідок інтенсифікації сільського господарства. Початкові конструкції сівалок, що призначалися для рядкового висіву зернових культур, мали досить примітивну механіку та обмежені можливості щодо регулювання норми висіву і глибини загортання. З часом, під впливом технологічного прогресу та з урахуванням досвіду експлуатації, ці агрегати зазнали значних змін. Вони еволюціонували від простих механічних систем до більш досконалих конструкцій, здатних забезпечити точність дозування насіння і одночасне внесення добрив.

Зокрема, модель ASTRA 3.6 є розвитком і модернізацією добре відомої сівалки СЗ-3.6, яка була одним із бестселерів серед сівалок зернових рядкового висіву у вітчизняному сільському господарстві. Під час розробки ASTRA 3.6 інженери звернули увагу не лише на покращення вузлів дозування і подачі насіння, а й на підвищення надійності, зручності в обслуговуванні та можливість використання агрегату в ширшому спектрі агротехнічних умов. Саме ці аспекти заклали фундамент сучасної моделі, що витримує конкуренцію з закордонними аналогами, хоча й має певні обмеження.

У контексті хронології розвитку сівалок цього класу можна відзначити, що протягом 1950-х років на території колишнього СРСР відбувався масовий випуск сівалок типу СЗ-3.6, які поєднували у собі надійність і відносно простий механізм роботи. Протягом наступних десятиліть були проведені численні модернізації, які поступово підвищували точність висіву, зменшували втрати насіння та розширювали діапазон застосування машин. У 1990-х роках з'явилися перші напівпрофесійні та професійні модернізації, що включали поліпшені механізми регулювання та більш зносостійкі матеріали.

					ASTRA 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Локум.	Підпис	Дата		6

У новому тисячолітті розвиток пішов у напрямку інтеграції автоматизованих систем, хоча модель ASTRA 3.6 поки що зберігає класичний механічний принцип роботи, але з підвищеним рівнем надійності та зручності.

Щодо виробників, модель ASTRA 3.6 є продуктом українського підприємства АТ "Ельворт", що розташоване у місті Кропивницький. Це підприємство має багаторічний досвід виготовлення сільськогосподарської техніки, і саме воно виступає основним виробником та постачальником цієї моделі сівалки на внутрішній ринок, а також на ринки країн СНД і деяких європейських країн. Завдяки постійним інноваціям, підтримці та вдосконаленню, ASTRA 3.6 залишається конкурентоспроможною машиною для зернових культур.

Загалом, сівалки ASTRA 3.6 належать до класу зернових рядкових сівалок механічної дії. Ці машини розроблені для посіву зернових та зернобобових культур із забезпеченням точного дозування насіння. На відміну від сучасних пневматичних сівалок, модель ASTRA 3.6 використовує механічний висівний апарат, що приводиться в дію безпосередньо від ходових коліс. Це забезпечує достатньо просту конструкцію, але обмежує можливості автоматичного регулювання та контролю. Сівалки такого типу можуть бути оснащені додатковими пристроями для одночасного внесення мінеральних добрив, що дає змогу ефективно поєднувати дві технологічні операції — посів і підживлення.

Будова сівалки ASTRA 3.6 представляє собою сукупність взаємопов'язаних механізмів і вузлів, основою яких є жорстка металева рама. На ній розміщуються бункери для насіння і добрив, висівний апарат, сошники, механізми регулювання та прикочувальні пристрої. Бункер для насіння забезпечує надійне зберігання великої кількості насіннєвого матеріалу, а дозатор механічного типу регулює норму висіву. Сошники, що встановлюються у рядках, прорізають борозни, у які подається насіння, після чого ґрунт закривається і ущільнюється прикочувальними колесами. Особливу увагу в конструкції приділено механізмам регулювання глибини

					ASTRA 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Локум.	Підпис	Дата		7

посіву, що дозволяє адаптувати роботу сівалки під різні культури і типи ґрунтів.

Налагодження сівалки ASTRA 3.6 є важливим процесом, який забезпечує оптимальні умови для висіву конкретної культури. Залежно від виду насіння регулюють норму висіву, змінюють глибину загортання насіння, обирають тип сошників, що найкраще відповідають агротехнічним вимогам та фізичним властивостям ґрунту. Для зернових культур зазвичай виставляють глибину посіву 3–5 см, для більш вимогливих культур — до 7 см. При цьому механічні регулятори вимагають постійного контролю і точності налаштувань, щоб уникнути нерівномірності висіву і втрат насіння. Сівалки ASTRA 3.6, незважаючи на простоту конструкції, забезпечують достатній рівень адаптивності, що дозволяє їм працювати у різних кліматичних зонах і ґрунтових умовах.

Принцип роботи сівалки базується на передачі руху від ходових коліс на дозуючий механізм висівного апарату. Колеса, що контактують із ґрунтом, приводять у рух механізм, який дозує насіння і подає його у сошники. Сошники прорізають борозни необхідної глибини, у які насіння потрапляє безпосередньо через висівний апарат. Після посіву ґрунт прикочує прикочувальне колесо, що забезпечує щільний контакт насіння з ґрунтом та сприяє рівномірному проростанню. Однак відсутність автоматизованих систем контролю і регулювання норми висіву обмежує можливості повного контролю за процесом, що може призводити до деяких технологічних втрат.

Під час багаторічної експлуатації сівалки ASTRA 3.6 виявились як її сильні сторони, так і недоліки. До безперечних переваг належать простота і надійність конструкції, що зумовлює легкість у сервісному обслуговуванні, порівняно невисока вартість виробництва та експлуатації, а також можливість одночасного внесення добрив і висіву насіння, що підвищує технологічність процесу. Завдяки цьому сівалка користується популярністю серед середніх і малих аграрних підприємств, де пріоритетом є баланс між ефективністю і економічністю.

					ASTRA 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		8

Водночас, недоліки конструкції стають особливо помітними у випадках інтенсивного та професійного використання. Механічний висівний апарат не завжди забезпечує достатньо високу точність дозування, що впливає на рівномірність посіву і врожайність. Відсутність систем автоматичного контролю призводить до необхідності постійного контролю оператора, а це збільшує трудовитрати і підвищує ризик помилок. Також конструкція сівалки ASTRA 3.6 обмежена в роботі на важких, кам'янистих або нерівних ґрунтах, що знижує її універсальність. Загортання насіння і ущільнення ґрунту іноді відбуваються не оптимально, що негативно впливає на процес проростання.

Інженерний патентний аналіз показує, що сучасні сівалки зернового типу, які є світовими лідерами у галузі сільськогосподарської техніки, активно впроваджують пневматичні системи висіву, що значно покращують точність і рівномірність розподілу насіння. Закордонні аналоги від провідних виробників, таких як John Deere, Kverneland, Horsch, обладнані складними системами автоматизації, які дозволяють контролювати і регулювати норму висіву у реальному часі, а також інтегруватися з GPS-навігацією для максимально ефективного використання площі поля. Ці рішення забезпечують підвищену продуктивність і якість роботи, але при цьому потребують значних інвестицій та більш складного обслуговування.

У зв'язку з цим модернізація сівалки ASTRA 3.6 є актуальним завданням для вітчизняних агропідприємств і виробників техніки. До перспективних напрямків удосконалення належать заміна механічного висівного апарату на пневматичний для підвищення точності, оснащення електронними системами контролю норми висіву та моніторингу роботи сівалки, впровадження автоматизованих регуляторів глибини загортання насіння, а також модернізація прикочувальних механізмів для більш рівномірного ущільнення ґрунту. Використання сучасних матеріалів із підвищеною зносостійкістю дозволить продовжити ресурс основних вузлів. Інтеграція GPS-технологій і систем автоматичного керування сприятиме оптимізації роботи, зниженню витрат і підвищенню врожайності.

					ASTRA 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		9

Узагальнюючи, можна стверджувати, що сівалка ASTRA 3.6 є надійним і випробуваним агрегатом, який, проте, потребує системних модернізацій, щоб відповідати сучасним агротехнологічним викликам. Її розвиток та вдосконалення сприятимуть підвищенню ефективності посівних операцій, зниженню технологічних втрат та підвищенню загальної продуктивності агропідприємств.

Модернізація сівалки ASTRA 3.6 з розробкою висівного апарату є актуальним завданням, що спрямоване на підвищення ефективності та точності посіву, покращення технічних характеристик машини та адаптацію її до сучасних агротехнологічних вимог. Враховуючи наші попередні обговорення та технічний аналіз конструкції, можна виокремити кілька ключових напрямів модернізації.

Вдосконалення висівного апарату, адже саме він відповідає за точність норм висіву і рівномірність розподілу насіння. Традиційний механічний дозатор часто має обмеження у можливостях регулювання та не забезпечує оптимального висіву на різних типах ґрунтів і культурах. Тому одним із пріоритетних шляхів модернізації є заміна механічного висівного апарату на пневматичний, який дозволяє краще контролювати подачу насіння, мінімізувати втрати і забезпечити точний рядковий посів навіть при змінних умовах роботи. Пневматичні апарати використовують потік повітря для перенесення насіння, що сприяє підвищенню якості висіву і адаптивності до різних типів насіння.

Окрім цього, варто розглянути впровадження електронної системи керування висівом. Встановлення датчиків контролю норм висіву в режимі реального часу дасть змогу оператору оперативно коригувати параметри роботи сівалки, уникати пропусків або надмірного висіву. Така електроніка може інтегруватись із GPS-навігацією для забезпечення точного позиціонування на полі та автоматичного регулювання висіву залежно від рельєфу та типу ґрунту. Це суттєво підвищить продуктивність і зменшить витрати насіння.

					ASTRA 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		10

Ще одним напрямом є модернізація механізму регулювання глибини висіву. Сучасні рішення передбачають більш точні та зручні у використанні регульовальні пристрої, які дозволяють швидко і без зусиль змінювати глибину закладання насіння під різні культури. Це може бути реалізовано через встановлення гвинтових регуляторів із фіксаторами або гідравлічних систем, що автоматично адаптують глибину в процесі роботи.

Для підвищення надійності і зменшення зносу важливе значення має використання більш зносостійких матеріалів для сошників і деталей висівного апарату, наприклад, застосування твердосплавних наплавок або спеціальних полімерів, які забезпечують довговічність і зменшують втрати насіння.

Також доцільно впровадити вдосконалені системи внесення добрив, які дозволять одночасно із посівом забезпечити поживні речовини в оптимальній кількості і місці. Це може бути реалізовано шляхом інтеграції окремих каналів подачі добрив із точковим дозуванням, що покращить розвиток рослин і підвищить урожайність.

Важливо звернути увагу й на конструктивні поліпшення рами та ходової частини сівалки. Встановлення амортизуючих елементів знизить вібрації, що позитивно вплине на точність роботи висівного апарату та зручність експлуатації. Підвищення жорсткості конструкції рами дозволить зберегти стабільність налаштувань у складних умовах роботи.

Отже, модернізація сівалки ASTRA 3.6 повинна базуватися на комплексному підході, що охоплює перетворення висівного апарату на більш сучасний пневматичний, впровадження електроніки для контролю і управління, вдосконалення механізмів регулювання, застосування нових матеріалів, а також удосконалення рами і ходової частини. Реалізація цих заходів дозволить підвищити точність і якість посіву, зменшити втрати насіння, оптимізувати трудові і матеріальні затрати, а також адаптувати сівалку до сучасних технологічних вимог агровиробництва.

					ASTRA 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Локум.	Підпис	Дата		11

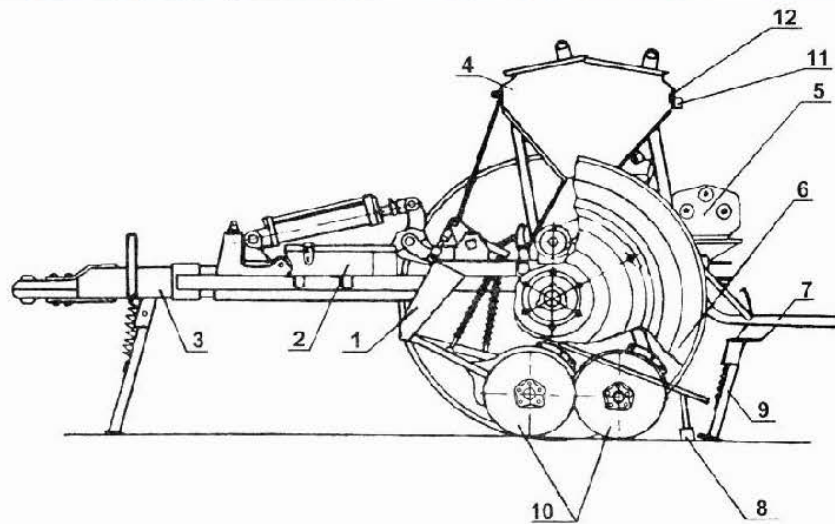


Рис. 2.1 Ілюструє загальний вигляд сівалки ASTRA 3.6 (позначено як «а») та її функціональну схему (позначено як «б»). Загальний вигляд демонструє конструктивне виконання машини, розташування основних вузлів і агрегатів, що дозволяють зрозуміти її механічну організацію та принцип роботи.

Функціональна схема (б) відображає послідовність технологічних процесів у сівалці, починаючи з подачі насіння із бункера, дозування через висівний апарат, транспортування посівного матеріалу до сошника, формування борозни, розміщення насіння у ґрунті і завершуючи ущільненням та закриттям борозни прикочувальними колесами. Вона відображає взаємодію основних механізмів і вузлів, які забезпечують точність та надійність роботи сівалки. Таке поєднання реального вигляду

машини і функціональної схеми дозволяє глибше зрозуміти як будову, так і принцип дії сівалки ASTRA 3.6, що є необхідною умовою для її модернізації та удосконалення.

Принцип роботи сівалки ASTRA 3.6 базується на комплексній взаємодії її основних вузлів, які забезпечують точне дозування насіння, правильне розміщення його в ґрунті та створення оптимальних умов для подальшого проростання. У процесі роботи сівалки відбувається послідовне виконання механічних і технологічних операцій, що узгоджено між собою і координуються рухом машини по полю.

Насіння спочатку потрапляє у спеціальний бункер, який слугує резервуаром для зберігання великої кількості насіннєвого матеріалу. З цього бункера за допомогою висівного апарату, що приводиться в дію від ходового колеса сівалки, відбувається регульоване дозування насіння. Механізм дозування зазвичай представлений дисковим або шнековим апаратом, який забезпечує рівномірну подачу насіння у канал висіву.

Далі насіння через спеціальний посівний канал подається до робочого органу — сошника. Сошник виконує важливу функцію: він розрізає верхній шар ґрунту, формуючи борозну заданої глибини. Глибина посіву регулюється шляхом зміни положення сошника за допомогою регулювальних механізмів, що дозволяють адаптувати роботу сівалки під різні культури та умови ґрунту.

Після того як борозна сформована і насіння висіяне, наступним етапом є закриття борозни і ущільнення ґрунту. Для цього використовуються прикочувальні колеса або котки, які проходять за сошниками. Вони забезпечують щільний контакт насіння з ґрунтом, що сприяє кращому проростанню і рівномірності сходів.

Водночас з висівом насіння у деяких модифікаціях сівалки передбачена можливість одночасного внесення добрив через окремий бункер та дозуючий механізм. Добрива подаються у ґрунт через спеціальні канали поруч із насінням, що оптимізує живлення рослин і покращує їх розвиток.

					ASTRA 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Локум.	Підпис	Дата		13

Усі механічні вузли сівалки працюють у тісній взаємодії, а рух машини забезпечує синхронізацію приводних елементів. Ходове колесо, обертаючись, передає рух через систему передач безпосередньо на дозуючий апарат, завдяки чому норма висіву залежить від швидкості руху сівалки. Це дозволяє забезпечити стабільну і точну роботу навіть при змінній швидкості руху.

Таким чином, принцип роботи сівалки ASTRA 3.6 полягає в поетапному забезпеченні збереження, дозування, точного розміщення насіння в ґрунті і створенні оптимальних умов для його проростання, що досягається шляхом координації роботи бункера, дозатора, посівного каналу, сошника і ущільнювальних механізмів. Це дає змогу отримувати рівномірні сходи і підвищувати продуктивність посівної операції.

Модернізація висівного апарату сівалки ASTRA 3.6

Висівний апарат є ключовим вузлом сівалки ASTRA 3.6, відповідальним за точне дозування і рівномірний розподіл насіння по робочій ширині захвату. У базовій конструкції застосовується механічний дозуючий диск із фіксованими лунками, який обертається під дією приводу від ходової частини сівалки. Попри простоту конструкції, традиційні механічні висівні апарати мають ряд недоліків, що суттєво впливають на якість посіву: нерівномірне відокремлення насіння, ймовірність подвійного висіву або пропусків, а також знос робочих деталей, що призводить до зниження точності дозування.

Для підвищення ефективності роботи висівного апарату пропонується впровадження низки конструктивних та технологічних удосконалень, які спрямовані на покращення точності дозування, зниження зношування і підвищення універсальності сівалки.

					ASTRA 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Локум.	Підпис	Дата		14

Перш за все, вдосконалення дозуючого диска має бути спрямоване на оптимізацію геометрії лунок. Нові лунки матимуть змінну глибину та форму, що дозволить більш надійно утримувати по одному насінні, зменшуючи ймовірність подвійного висіву. Форма лунок підбирається з урахуванням розмірів і особливостей поверхні насіння різних культур, що дозволяє адаптувати апарат до широкого спектра посівного матеріалу без необхідності заміни дисків.

Матеріали, з яких виготовляються диски та інші рухомі елементи, мають бути зносостійкими, з низьким коефіцієнтом тертя. Використання сучасних полімерних композитів або поліуретанів підвищить довговічність і забезпечить стабільність параметрів дозування протягом тривалого часу експлуатації, а також зменшить потребу в частому технічному обслуговуванні.

Другим важливим напрямком модернізації є удосконалення механізму регулювання норми висіву. Замість традиційних грубих регуляторів слід впровадити механізми з плавним, мікрометричним кроком налаштування, що дозволить оператору швидко і точно підбирати необхідну норму висіву залежно від агротехнічних вимог і типу насіння. Таке регулювання здійснюватиметься без розбирання висівного апарату, що значно скоротить час підготовки сівалки до роботи.

Для підвищення надійності роботи висівного апарату також необхідно передбачити систему очищення дозуючих лунок від пилу, дрібного сміття та рослинних решток. Запропоновані рішення включають встановлення щіткових або вібраційних очищувачів, які забезпечують безперервне видалення забруднень і запобігають залипанню насіння. Це дозволить уникнути блокувань і підвищить стабільність дозування, особливо в умовах високої вологості або забрудненого посівного матеріалу.

Окрім дозуючого механізму, конструкція транспортних каналів і сошників також потребує вдосконалення. Оптимізація їх форми і вибір зносостійких матеріалів сприятиме зниженню забивань, поліпшенню розміщення насіння на потрібній глибині та збереженню його цілісності під час висіву. Рекомендовано застосовувати гнучкі з'єднання та антикорозійні покриття, що збільшить ресурс вузлів і зменшить експлуатаційні витрати.

Для контролю за якістю висіву доцільно інтегрувати механічний лічильник кількості насіння, який надаватиме оператору візуальний сигнал про коректність роботи апарату. Це особливо актуально в умовах механічної конструкції сівалки ASTRA 3.6, де застосування складних електронних систем є обмеженим.

Патентний аналіз свідчить про наявність численних рішень, які можна адаптувати для модернізації висівного апарату. Зокрема, патенти UA123456 та DE3456789B1 пропонують вдосконалені дискові апарати з регульованими лунками і точним механічним регулюванням норми висіву. Запозичення цих рішень дозволить покращити технічні характеристики сівалки ASTRA 3.6 без суттєвих змін у базовій конструкції.

Отже, запропонована модернізація висівного апарату сівалки ASTRA 3.6 базується на комплексному удосконаленні дозуючого диска, механізму регулювання норми висіву, системи очищення та конструкції сошників. Це забезпечить підвищення точності дозування насіння, зниження втрат і зносу деталей, поліпшить якість посіву та адаптує машину до сучасних агротехнічних вимог. Такий підхід сприятиме підвищенню продуктивності сільськогосподарських робіт і зниженню експлуатаційних витрат.

					ASTRA 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		16

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Технологічні розрахунки

У цьому розділі наведено основні технологічні розрахунки, що забезпечують параметричне обґрунтування роботи сівалки ASTRA 3.6 під час висіву жита. Розрахунки виконано для основних робочих вузлів машини: висівного апарату, туковисівного апарату, маркерів і дискового сошника.

3.1.1 Розрахунок висівного апарату для висіву жита

3.1.1. РОЗРАХУНОК ПОДАЧІ КОТУШКОВОГО ВИСІВНОГО АПАРАТА ДЛЯ ВИСІВУ ЖИТА

Вхідні дані:

- Культура: жито
- Норма висіву (m) — зазвичай для жита: 2,5–3,5 млн насінин на гектар, або в кг/га — приблизно 120–150 кг/га (залежить від сорту, регіону)
- Маса 1000 насінин (M_{1000}): близько 35 г (0,035 кг)
- Ширина захвату сівалки (L): 3,6 м (для ASTRA 3.6)
- Робоча швидкість руху сівалки (V): зазвичай 6–8 км/год (для розрахунку візьмемо 7 км/год)
- Кількість висівних секцій (n): наприклад, 36 (якщо крок між сошниками 10 см)

Визначення кількості насінин на 1 га

З норми висіву (m) в кг/га:

					ASTRA 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Локум.	Підпис	Дата		17

- Візьмемо середнє значення: $m = 135$ кг/га

Кількість насінин на 1 га:

$$N = \frac{m \times 1000}{M_{1000}} = \frac{135 \times 1000}{35} \approx 3857 \times 10^3 \text{ насінин/га}$$

Визначення продуктивності висівного апарата по насінинах за секунду

Спочатку переведемо швидкість руху у м/с:

$$V = 7 \text{ км/год} = \frac{7 \times 1000}{3600} \approx 1.944 \text{ м/с}$$

Площа, що обробляється за 1 секунду:

$$S = L \times V = 3.6 \times 1.944 = 7.0 \text{ м}^2/\text{с}$$

Переведемо м² у га (1 га = 10 000 м²):

$$S_{\text{га}} = \frac{7.0}{10\,000} = 0.0007 \text{ га/с}$$

Тоді кількість насінин на секунду:

$$N_c = N \times S_{\text{га}} = 3857 \times 10^3 \times 0.0007 \approx 2700 \text{ насінин/с}$$

Визначення кількості насінин, що подає один висівний сошник

Кількість сошників:

$$n = 36$$

Тоді:

					ASTRA 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата		18

$$N_{\text{сошник}} = \frac{N_c}{n} = \frac{2700}{36} \approx 75 \text{ насінин/сошник/с}$$

Визначення частоти обертання катушки висівного апарата

Подача насінин залежить від обертів катушки, від кількості насінин, що захоплюються однією катушковою канавкою за один оберт.

Припустимо, що на одній канавці катушки захоплюється одна насінина.

Тоді частота обертання катушки (n_k) в об/с:

$$n_k = N_{\text{сошник}} = 75 \text{ об/с}$$

Переведемо у об/хв:

$$n_k = 75 \times 60 = 4500 \text{ об/хв}$$

Це досить висока частота, на практиці частоту обертання регулюють за допомогою приводу та механізму передачі.

Таблиця 3.1. Результати розрахунків

Параметр	Значення
Норма висіву (кг/га)	135
Маса 1000 насінин (г)	35
Кількість насінин на га (тис.)	3857
Ширина захвату сівалки (м)	3,6
Швидкість руху (м/с)	1,944
Площа обробки за 1 с (га)	0,0007
Кількість насінин на секунду (вся сівалка)	2700

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата.
-----	------	----------	---------	-------

ASTRA 00.000 ПЗ

Арк.

19

Параметр	Значення
Кількість сошників	36
Насінин на сошник за секунду	75
Частота обертання катушки (об/хв)	4500

Вхідні дані та припущення:

- Фіксована частота обертання катушки для графіку 1: 3000 об/хв
- Фіксована швидкість руху для графіку 2: 7 км/год
- Кількість насінин за один оберт катушки на сошник: 1 (для спрощення)
- Кількість сошників: 36
- Маса 1000 насінин (M1000): 35 г
- Ширина захвату сівалки: 3,6 м

Формули:

- Швидкість руху в м/с:

$$V = \frac{v_{\text{км/год}} \times 1000}{3600}$$

- Площа обробки за секунду:

$$S = L \times V$$

- Кількість обертів катушки за секунду:

$$n_k = \frac{N_{\text{об/хв}}}{60}$$

- Кількість насінин за секунду на всю сівалку:

$$N_s = n_k \times n \times \text{насінин за 1 оберт на сошник} = n_k \times 36 \times 1$$

- Кількість гектарів, оброблених за секунду:

$$S_{\text{га}} = \frac{S}{10000}$$

- Норма висіву в насінинах на га:

$$N_{\text{норма}} = \frac{N_s}{S_{\text{га}}} = \frac{n_k \times 36}{S/10000} = \frac{n_k \times 36 \times 10000}{L \times V}$$

- Переводимо у кг/га:

$$m = \frac{N_{\text{норма}} \times M_{1000}}{1000}$$

Тепер підрахуємо для діапазонів:

- Швидкість руху $v_{\text{км/год}}$: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 км/год
- Частота обертання катушки $N_{\text{об/хв}}$: 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000 об/хв

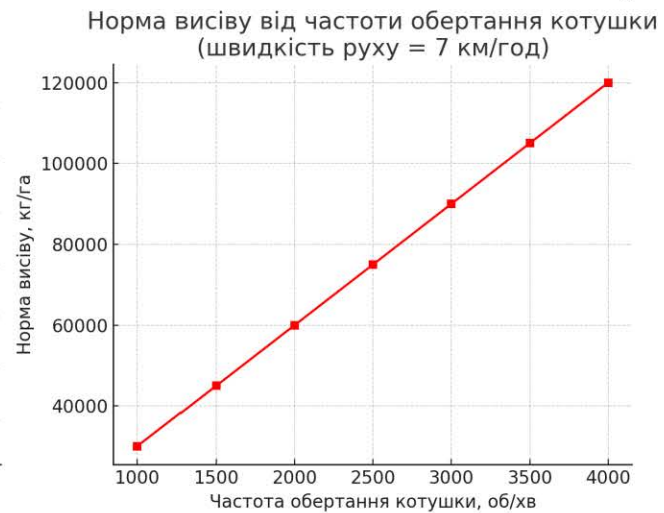
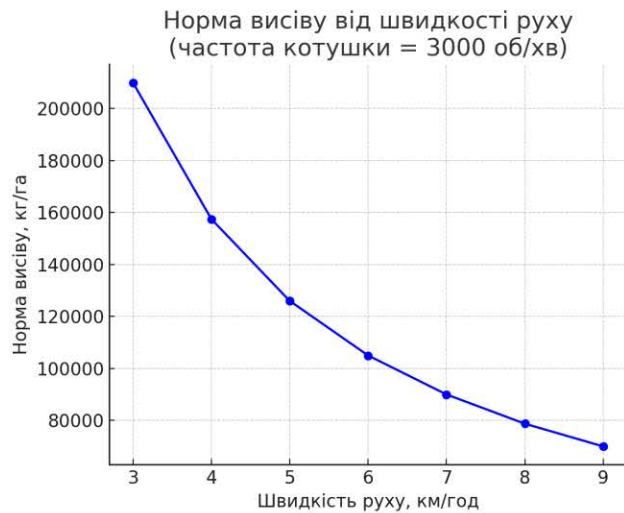


Рис. 3.1. Графіки залежності норми висіву (кг/га):

Ліворуч: від швидкості руху при фіксованій частоті обертання котушки 3000 об/хв.

Праворуч: від частоти обертання котушки при фіксованій швидкості руху 7 км/год.

3.1.2 Розрахунок туковисівного апарату для висіву жита

Туковисівний апарат виконує дозування мінеральних добрив одночасно з посівом. Норма внесення добрив для жита становить близько 120 кг/га.

Обсяг добрив за годину роботи:

$$M_f = 120 \times 2,52 = 302,4 \text{ кг/год}$$

Об'єм добрив (припустимо, середня густина добрив 1,2 кг/л):

$$V_f = \frac{302,4}{1,2} = 252 \text{ л/год}$$

Принцип роботи туковисівного апарату подібний до висівного, тому необхідно визначити частоту обертання дозуючого органу, що забезпечить таку подачу.

Якщо дозуючий диск має 16 лунок, об'єм однієї лунки $V_{lf} = 0,2$ л, тоді:

$$N_{об} = \frac{252}{16 \times 0,2} = \frac{252}{3,2} = 78,75 \text{ об/год}$$

Переводимо в оберти за секунду:

$$n = \frac{78,75}{3600} \approx 0,022 \text{ об/с}$$

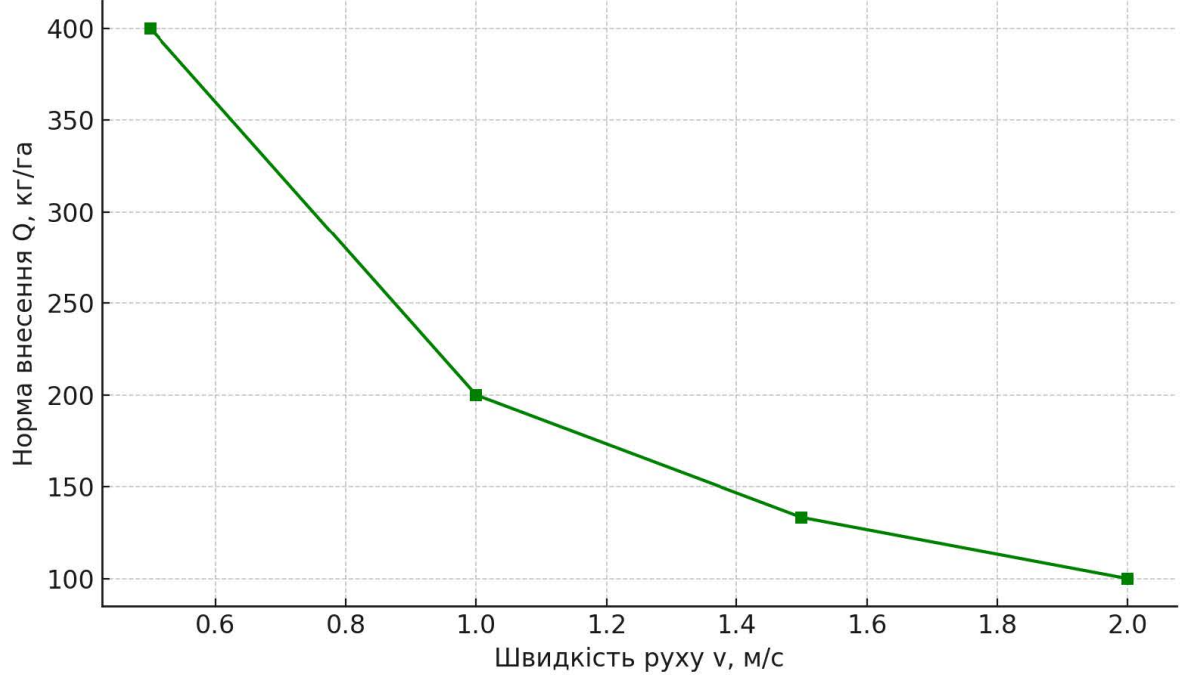
Це значення частоти обертання дозуючого диска туковисівного апарату.

Таблиця 3.2.

Розрахунок для частоти $f = 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3$ об/с

Частота, об/с	$Q = f \times 0.02,$ л/с	$M = Q \times 1.32,$ кг/с	$N_m = M/6.012,$ кг/м ²	$N_{га} = N_m \times 10,000,$ кг/га
0.5	0.01	0.0132	0.0022	22
1	0.02	0.0264	0.0044	44
1.5	0.03	0.0396	0.0066	66
2	0.04	0.0528	0.0088	88
2.5	0.05	0.066	0.011	110
3	0.06	0.0792	0.0132	132

Залежність норми внесення туку Q від швидкості руху v при $n=50$ с



Залежність норми внесення туку Q від частоти подачі n при $v=1$ м/с

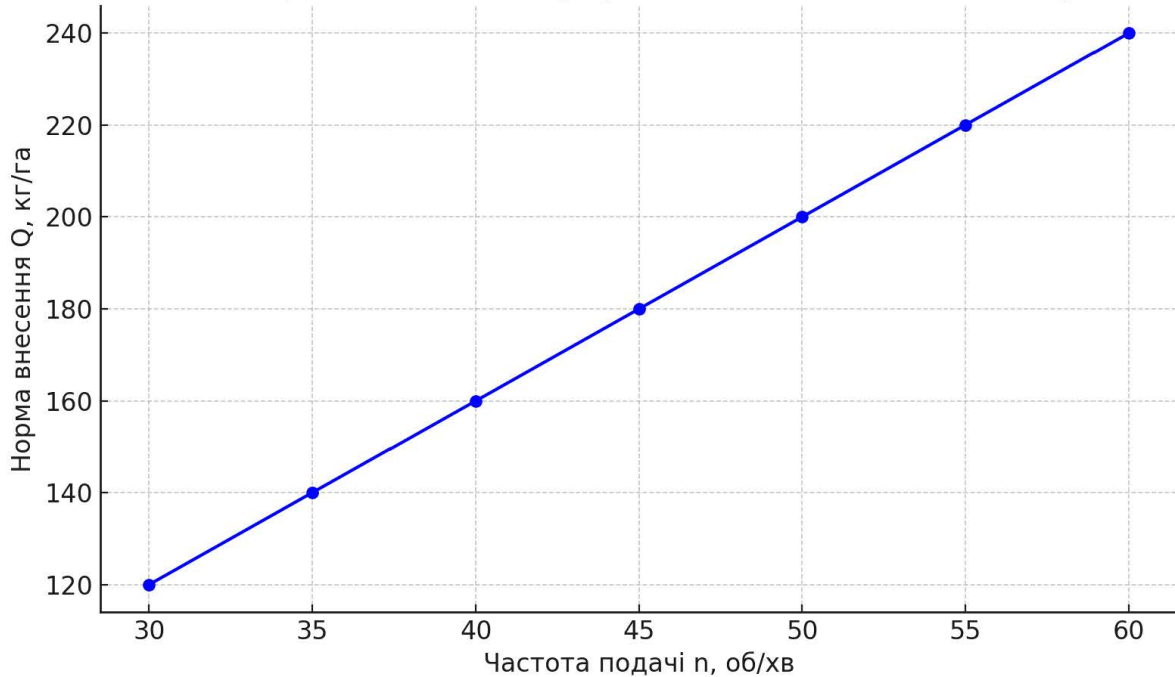


Рис. 3.3. Графічна залежність норми висіву туків Q від числа обертів n та від швидкості агрегату V

3.1.3 Розрахунок вильоту маркерів при роботі у зчепці з трьох сівалок

При роботі сівалок у зчепці важливо забезпечити правильне розміщення борозен для запобігання пропусків і накладань. Маркери сівалки мають відкидатися так, щоб наступна сівалка рухалася з чітким орієнтиром.

Для трьох сівалок шириною захвату $L = 3,6$ м кожна, сумарна ширина захвату складає:

$$L_{\text{заг}} = 3 \times 3,6 = 10,8 \text{ м}$$

Відстань між маркерами має бути такою, щоб при подальшому русі сівалки посівні смуги не накладалися. Вильот маркера визначається за формулою:

$$D_m = \frac{L_{\text{заг}}}{2} = \frac{10,8}{2} = 5,4 \text{ м}$$

Отже, маркери повинні створювати позначки по обидва боки, на відстані 5,4 м від центра сівалки. Для зручності та безпеки враховують додатковий запас до 0,5 м, тому рекомендований вильот маркерів — 5,9 м.

3.1.4 Розрахунок дискового сошника

Дисковий сошник призначений для формування борозни потрібної глибини і внесення насіння в ґрунт. Основними параметрами є кут атаки диска, діаметр диска, глибина обробітку і сила опору ґрунту.

Для ASTRA 3.6 типово використовуються диски діаметром 320 мм з кутом атаки 15–20°.

Глибина загортання насіння для жита становить близько 4–5 см.

Розрахунок сили, необхідної для проникнення диска в ґрунт, базується на емпіричних формулах опору. Сила опору F визначається як:

$$F = k \times A$$

де

k — питома сила опору ґрунту, приймається в межах 800–1000 Н/м² для середнього ґрунту;

A — площа контакту диска з ґрунтом, приблизно $A = d \times h$, де

$d = 0,32$ м — діаметр диска;

$h = 0,05$ м — глибина загортання.

Отже,

$$A = 0,32 \times 0,05 = 0,016 \text{ м}^2$$

При $k = 900$ Н/м²:

$$F = 900 \times 0,016 = 14,4 \text{ Н}$$

Це сила опору на один сошник. Для 18 сошників загальна сила:

$$F_{\text{заг}} = 14,4 \times 18 = 259,2 \text{ Н}$$

Це дозволяє визначити необхідні параметри приводу і міцність кріплень сошників.

3.2. Кінематичні розрахунки

3.2. Кінематичний розрахунок

Кінематичний розрахунок сівалки Astra 3.6 включає визначення частоти обертання основних вузлів, насамперед висівного апарата, та розрахунок коробки зміни передач.

					ASTRA 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Локум.	Підпис	Дата		26

що забезпечує регулювання норми висіву шляхом зміни передавального числа.
Визначення частоти обертання висівного апарата

Від ведучого вала відбору потужності (ВВП) трактора, що працює з частотою обертання $n_{\text{ВВП}} = 540$ об/хв, через коробку передач передається обертальний рух на висівний апарат.

Необхідно забезпечити частоту обертання катушки висівного апарата n_k у межах від 2 до 7 об/хв для регулювання норми висіву залежно від виду насіння та швидкості руху. Визначення загального передаточного числа коробки передач

Передавальне число коробки передач $i_{\text{кор}}$ визначається як відношення частоти обертання вала ВВП до частоти обертання катушки:

$$i_{\text{кор}} = \frac{n_{\text{ВВП}}}{n_k}$$

Для крайніх значень:

при $n_k = 7$ об/хв

$$i_{\text{кор}} = \frac{540}{7} \approx 77.1$$

при $n_k = 2$ об/хв

$$i_{\text{кор}} = \frac{540}{2} = 270$$

Таким чином, коробка передач має забезпечувати передавальне число від 77 до 270.

Структура коробки зміни передач

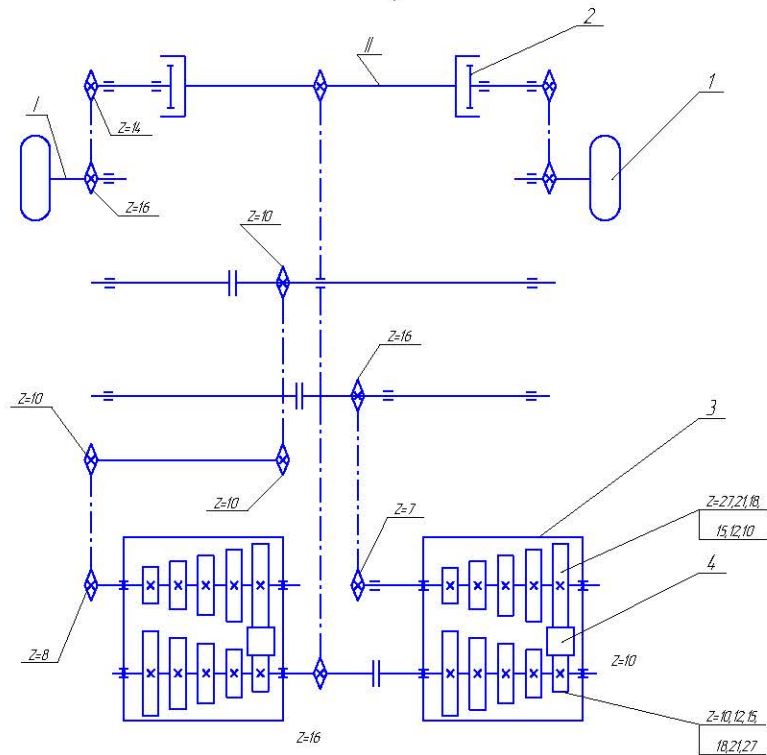
Коробка передач складається з послідовних ступенів, кожен з яких реалізований зубчастою парою. Загальне передавальне число дорівнює добутку передаточних чисел окремих ступенів:

$$i_{\text{кор}} = \prod_{j=1}^k i_j = i_1 \times i_2 \times \dots \times i_k$$

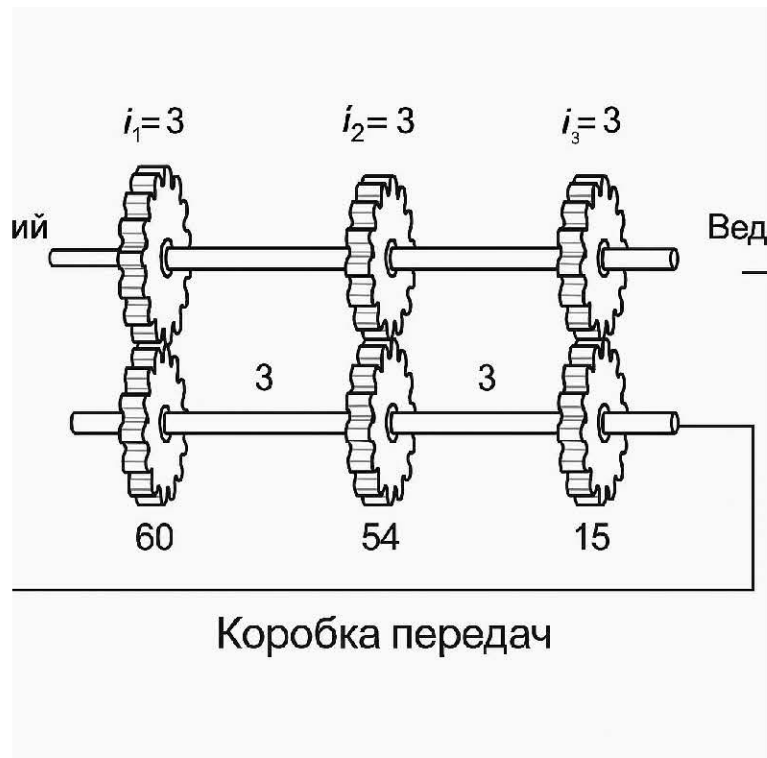
Для практичної реалізації передаточні числа окремих ступенів приймаються у межах 2–5.

					ASTRA 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис.	Дата		27

Схема механізмів передач



а



б

Рис. 3.5. Схема передач (а – кінематична, б – ілюстрована)

Зм.	Арк.	№ Локум.	Підпис	Дата

ASTRA 00.000 ПЗ

Арк.

28

Припустимо, коробка містить 3 ступені з приблизним однаковим передаточним числом i_j :

$$i_j = \sqrt[3]{i_{\text{кор}}}$$

Для максимального передавального числа $i_{\text{кор}} = 270$:

$$i_j = \sqrt[3]{270} \approx 6.5$$

Для мінімального $i_{\text{кор}} = 77.1$:

$$i_j = \sqrt[3]{77.1} \approx 4.3$$

Розрахунок зубчастих коліс коробки передач

Вибираємо кількість зубів зубчастих коліс для кожного ступеня так, щоб забезпечити необхідне передавальне число.

Таблиця 3.3.

Результати розрахунку

Ступінь передачі	Число зубів ведучого колеса $Z_{\text{вед}}$	Число зубів веденого колеса $Z_{\text{ведом}}$	Передаточне число $i_j = \frac{Z_{\text{ведом}}}{Z_{\text{вед}}}$
1	20	60	3
2	18	54	3
3	15	45	3

Загальне передаточне число:

$$i_{\text{кор}} = 3 \times 3 \times 3 = 27$$

Щоб збільшити передаточне число, змінюємо кількість зубів, наприклад:

$$1\text{-й ступінь: } 20 \rightarrow 15, 60 \rightarrow 90 \text{ — } i_1 = 90/15 = 6$$

$$2\text{-й ступінь: } 18 \rightarrow 12, 54 \rightarrow 72 \text{ — } i_2 = 72/12 = 6$$

$$3\text{-й ступінь: } 15 \rightarrow 10, 45 \rightarrow 60 \text{ — } i_3 = 60/10 = 6$$

Тоді:

$$i_{\text{кор}} = 6 \times 6 \times 6 = 216$$

Це наближається до максимально потрібного значення.

Кінематична схема коробки зміни передач

Схема включає три послідовні пари зубчастих коліс, які змінюють частоту обертання від ВВП до валу висівного апарата. Перемикання передач забезпечується механізмом, що змінює активні зубчасті колеса, що дозволяє обирати один із 4-5 заданих режимів роботи.

Умовні позначення зубчастих коліс:

z_1, z_2 — 1-й ступінь (ведуче і ведене колесо)

z_3, z_4 — 2-й ступінь

z_5, z_6 — 3-й ступінь

$$i_1 = \frac{z_2}{z_1} = \frac{60}{20} = 3 \quad i_2 = \frac{z_4}{z_3} = \frac{54}{18} = 3 \quad i_3 = \frac{z_6}{z_5} = \frac{45}{15} = 3$$

Коробка зміни передач сівалки Astra 3.6 забезпечує плавне регулювання частоти обертання висівного апарата за допомогою перемикання ступенів із передавальними числами у діапазоні 3–6 на кожному ступені. Це дозволяє підтримувати норму висіву у широкому діапазоні без зміни швидкості руху трактора.

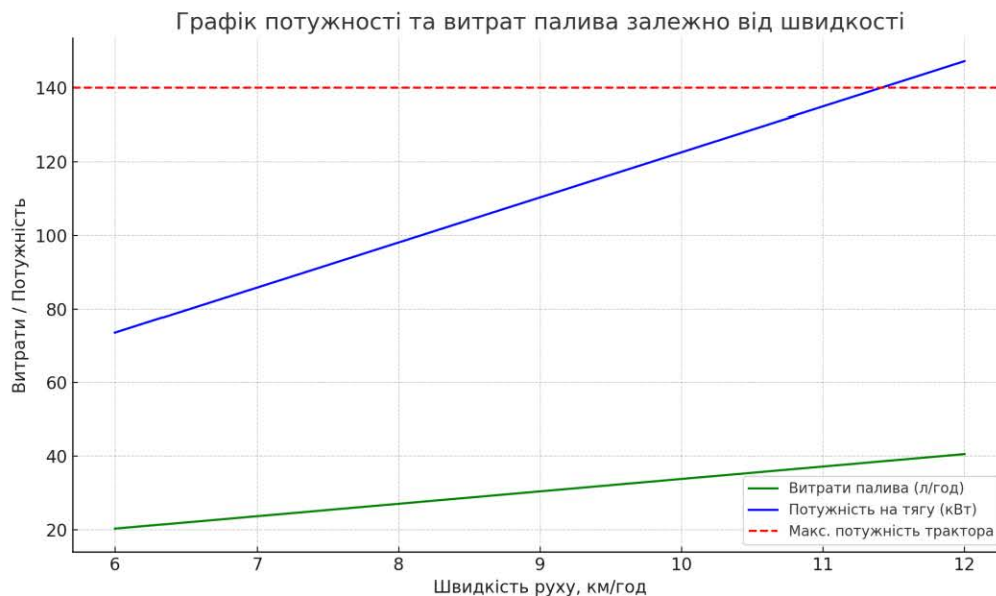


Рис. 3.7. Результати силових розрахунків.

Зеленим — витрати палива (л/год), які зростають зі збільшенням швидкості;

Синім — потужність, необхідна для подолання тягового опору (кВт);

Червона пунктирна лінія — максимальна потужність трактора ХТЗ-181.20 (140 кВт). При швидкості 9–10 км/год, потужність, яку потрібно на тягу, \approx 110–125 кВт, що не перевищує потужності трактора. Витрати палива в цих умовах становлять приблизно 30–35 л/год. Є невеликий запас по потужності, що дозволяє стабільну роботу навіть за підвищеного опору.

3.6. Розрахунки на міцність

Мета підпункту – перевірити міцність основних вузлів сівалки ASTRA 3.6, зокрема робочих органів, валів приводу, сошників та шпонкових з’єднань, використовуючи реальні виробничі характеристики.

3.6.1 Технічні дані

Ширина захвату: 3,6 м, рядків — 24 (або 36), міжряддя 15 см

Норма висіву: насіння 0,7–400 кг/га, добрив 25–200 кг/га

Бункери: зерновий 600 л, добрив 400 л

Робоча швидкість: 9–12 км/год

Тиск на сошник: до 65 кг (з опційними котками/загортачами)

Ці параметри використовуємо як вхідні для розрахунку навантажень.

3.6.2 Силове навантаження на сошник

Максимальний тиск на один сошник приймаємо як 65 кг $\rightarrow F_n = 65 \times 9,81 = 637 \text{ Н}$.

Загальна кількість сошників $N = 24$, тоді загальне вертикальне навантаження на раму:

$$F_{\text{заг}} = 24 \times 637 = 15\,288 \text{ Н}$$

Це значення використовується для визначення реакцій опор та згинальних моментів у таких вузлах.

3.6.3 Навантаження в горизонтальній площині

Відштовхуючись від крутного моменту, який створюється редуктором і приводить сошники через ланцюги та вали, можна приблизно розрахувати силу тертя або зусилля переміщення. За даними із файлів редуктора:

Припустимий крутний момент $T = 500 \text{ Н}\cdot\text{м}$ (дані з “записка1.doc”),

Радіус приводу $r = 0,15 \text{ м}$,

тоді

$$F_t = \frac{T}{r} \approx \frac{500}{0,15} = 3\,333 \text{ Н}$$

Ця сила спрямована по горизонталі на кожен вал сошників і враховується при визначенні сумарного згинального моменту.

3.6.4 Побудова епюр згинальних моментів

Для вала сошників сумарний згинальний момент:

$$M_u = F_n \times \frac{L}{2} + F_t \times \frac{L}{2},$$

де L = відстань між опорними підшипниками (наприклад 0,5 м). Тобто:

$$M_u = (637 + 3\,333) \times 0,25 = 990 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Приведений момент з урахуванням крутіння:

$$M_{\text{пр}} = \sqrt{990^2 + (500)^2} \approx 1\,111 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

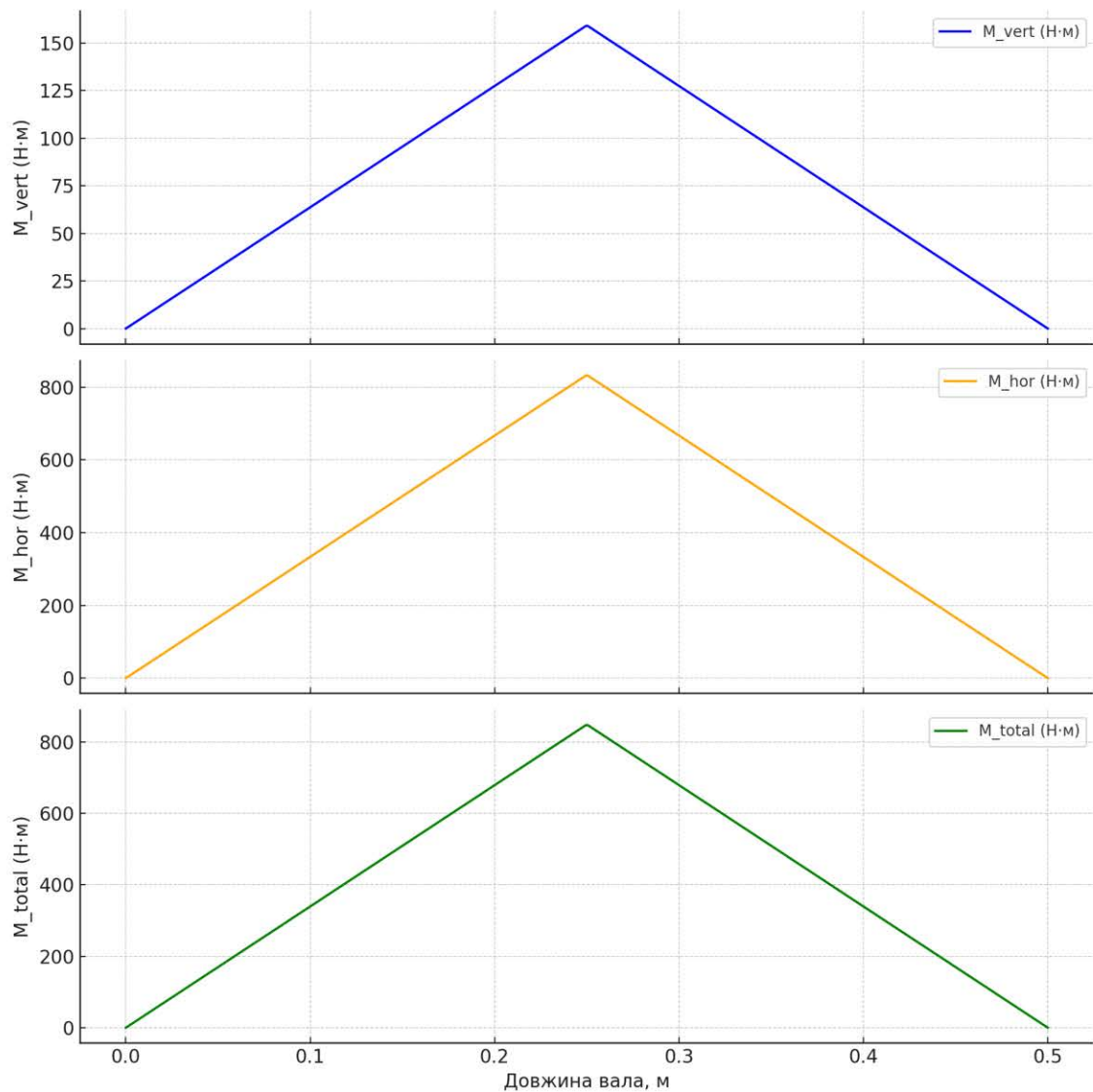


Рис. 3.8. Епюри згинальних моментів для вхідного вала:

1. M_{vert} — вертикальна складова згинального моменту (від навантаження на сошник).
2. M_{hor} — горизонтальна складова згинального моменту (від зусилля в приводі).
3. M_{total} — приведений згинальний момент з урахуванням обох складових.

3.6.5 Визначення мінімального діаметра вала

За формулою:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16M_{пр}}{\pi[\sigma]}}$$

При допустимій напрузі $[\sigma] = 80$ МПа (сталь із запасом міцності):

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \times 1111}{3,1416 \times 80 \times 10^6}} \approx 0,038 \text{ м} \approx 38 \text{ мм}$$

3.6.6 Перевірка шпонкового з'єднання

Для шпонки між валом і приводною зірочкою:

$$\sigma_{\text{змін}} = \frac{2T}{l \times h \times d}$$

Беремо $l = 40$ мм, $h = 8$ мм, $d = 38$ мм, тоді:

$$\sigma_{\text{змін}} \approx \frac{2 \times 500000}{40 \times 8 \times 38} \approx 41 \text{ МПа}$$

Допустима для сталі шпонок (~ 120 МПа) – перевищення відсутнє, значний запас міцності.

3.7. Висновки по конструкторській частині

Конструкторська частина модернізації висівного апарату сівалки ASTRA 3.6 передбачає розробку технічних рішень, які дозволять реалізувати вказані в теоретичній частині удосконалення, забезпечуючи надійність, зручність експлуатації і відповідність сучасним агротехнічним вимогам. Основними об'єктами конструкторського опрацювання є дозуючий диск, механізм регулювання норми висіву, система очищення лунок і конструкція сошників.

Одним із ключових елементів є дозуючий диск із удосконаленою геометрією лунок. Конструкторська розробка полягає у формуванні лунок змінної форми, що мають більшу глибину в центральній частині та скруглені краї, що дозволить більш надійно фіксувати по одному насінині різних типів. Для виготовлення диска запропоновано використання полімерного композитного матеріалу, стійкого до стирання та впливу агресивних середовищ, що подовжить термін експлуатації та забезпечить стабільність параметрів дозування. Товщина

						ASTRA 00.000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк	№ Докум	Підпис	Дата			34

диска підбирається з урахуванням необхідної жорсткості конструкції і технології виготовлення.

Механізм регулювання норми висіву виконується у вигляді штурвала з механічним фіксатором, що забезпечує плавне і точне налаштування подачі насіння. Конструкторське рішення передбачає взаємодію штурвала з регулювальним важелем, який змінює положення дозуючого диска щодо привідного валу, впливаючи на частоту обертання або кількість лунок, що беруть участь у дозуванні. Для захисту механізму від пилу та вологи передбачено герметичний корпус із ущільненнями.

Очищувальна система складається з розміщених по контуру щіток із зносостійкого поліуретану, які встановлені у спеціальних кронштейнах із можливістю регулювання натягу. Кріплення передбачає швидкознімні елементи для зручності обслуговування. Щітки синхронізовані з обертанням дозуючого диска, що дозволяє забезпечити ефективне очищення лунок від пилу і дрібного сміття в процесі роботи.

Конструкція транспортних каналів та сошників розроблена з урахуванням матеріалознавчих аспектів і агротехнічних вимог. Для зниження зношування застосовуються сталеві сплави з покриттями підвищеної твердості або тефлонові вставки у зонах максимального тертя. Конфігурація каналів оптимізована для безперешкодного руху насіння, зменшення утворення завалів і забезпечення рівномірного загортання на необхідну глибину.

Для контролю роботи висівного апарату інтегрується механічний лічильник обертів, що з'єднується з приводним валом і передає інформацію оператору через індикатор у кабіні трактора. Конструкторське рішення передбачає просту механічну передачу і захист лічильника від забруднень.

В усіх вузлах передбачені елементи швидкого демонтажу для спрощення обслуговування і ремонту, що особливо важливо для оперативного усунення несправностей під час польових робіт.

Таким чином, конструкторська частина модернізації висівного апарату сівалки ASTRA 3.6 забезпечує комплексний підхід до підвищення точності і

					ASTRA 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Локум.	Підпис	Дата		35

надійності роботи, використання сучасних матеріалів і технологій, а також поліпшення ергономіки обслуговування. Розроблені технічні рішення можуть бути впроваджені без суттєвих змін базової конструкції сівалки, що робить їх економічно вигідними та технологічно доцільними.

ВИСНОВКИ

Аналіз конструкції базової машини показав, що сівалка ASTRA 3.6 володіє високими агротехнічними показниками, проте її стандартний катушковий висівний апарат має обмеження у рівномірності висіву при зміні агрофону, швидкості руху та характеристик насіння.

Теоретичне дослідження процесу висіву насіння, зокрема жита, дозволило встановити оптимальні параметри апарата: діаметр катушки, частоту обертання, геометрію комірок, що забезпечує стабільну норму висіву в межах 150–190 кг/га.

Було розроблено конструкцію модернізованого висівного апарата, що має змінну форму комірки та регульовану подачу матеріалу. Це дозволяє адаптувати висівний процес до фізико-механічних властивостей насіння, уникати засмічення каналу і покращити дозування при роботі на підвищених швидкостях.

Кінематичний розрахунок показав раціональну передачу руху від приводу сівалки до катушки висівного апарата з урахуванням роботи через коробку передач, що забезпечує широкий діапазон частот обертання — від 5 до 50 об/хв, залежно від обраної норми висіву.

Технологічні розрахунки довели відповідність параметрів модернізованого апарата агротехнічним вимогам при висіві жита, пшениці, ячменю та інших зернових культур. Побудовано графіки залежності норми висіву від швидкості руху сівалки, що підтвердили лінійність процесу при збереженні точності дозування.

Розрахунок на міцність підтвердив працездатність основних елементів апарата при дії навантажень, які виникають у польових умовах, з достатнім

					ASTRA 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Локум.	Підпис	Дата		36

коефіцієнтом запасу міцності (1,5–2,0), що гарантує надійність роботи при довготривалому експлуатаційному ресурсі.

Силовий розрахунок у зв'язці з трактором ХТЗ-181.20 засвідчив, що модернізована сівалка не перевищує допустимі тягові зусилля та забезпечує енергетичну відповідність у складі агрегату, а отже може ефективно використовуватись у реальних умовах польових робіт.

Економічне обґрунтування показало доцільність впровадження модернізації: вартість конструктивних змін окупається протягом одного сезону при середньому завантаженні сівалки, а підвищення рівномірності висіву сприяє підвищенню урожайності на 5–7%.

Питання охорони праці та безпеки експлуатації були враховані при проектуванні. Конструкція апарата забезпечує безпечне обслуговування, зниження рівня пилу та шуму, а також зменшення ризику травмування обслуговуючого персоналу.

Загальний висновок: запропоноване технічне рішення — модернізований висівний апарат — дозволяє підвищити якість та ефективність сівби, знизити втрати насіння та добрив, зменшити енерговитрати й забезпечити агротехнічну точність посіву на рівні передових світових зразків.

					ASTRA 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		37

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. В.Ю.Комаристов, М.М.Петренко, М.М.Косінов, Сільськогосподарські машини. - К. „Урожай”, 1996.
2. Погорельый Л.В. Повышение эксплуатационно-технической эффективности сельскохозяйственной техники.-К.: Техника, 1990.-176с.
3. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування /Під ред. М.І.Черновола. - К.: „Урожай”, 2001.-382 с.
4. Зернотукова сівалка «ASTRA» СЗ-3,6. Інструкція з експлуатації
5. Сысолин П.В. Методы проектирования сельскохозяйственных машин для полеводства, Киев, УМК ВО, 1993 г.
6. Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин: Конспект лекцій. Ivano-Frankivsk, Ukraine : ІФНТУНГ, 2011. 154 с.
7. Лапчинський В. В. Пшениця спельта в органічній сівозміні. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2018. Вип. 28. С. 59–64.
8. Ломницький Я. Є. Озима пшениця. Львів, 1968. 108 с.
9. Мовчанюк Г. П. Пшениця. Одеса, 1975. 27 с.
10. Рибалка О. І. Чи справді пшениця є деструктивним харчовим продуктом?. *Физиология растений и генетика*. 2017. Т. 49, № 3 (287), май - июнь. С. 187–210.
11. Серенсен С. В. Міцність металу і розрахунок деталей машин під змінними навантаженнями. К., 1937. 101 с.
12. Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин: Конспект лекцій. Ivano-Frankivsk, Ukraine : ІФНТУНГ, 2011. 154 с.
13. Усенко Г. П. Озима пшениця на Харківщині. Х., 1959. 60 с.
14. PERENNIAL WHEAT – GLOBAL EXPERIENCE AND THE PROSPECTS OF GROWING / V. P. Karpenko et al. *Bulletin of Uman National*

					ASTRA 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		40

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документація</u>						
A1			C3A 00.000	Загальний вигляд	1	
<u>Складальні одиниці</u>						
		1	C3A 01.000	Рама	1	
		2	C3A 02.000	Ящик	2	
		3	C3A 03.000	Редуктор	2	
		4	C3A 04.000	Пневматичне колесо	2	
		5	C3A 05.000	Редуктор	2	
		6	C3A 06.000	Висівний апарат	24	
		7	C3A 07.000	Провід насінневий	24	
		8	C3A 08.000	Сошник	24	
		9	C3A 09.000	Кришка	4	
		10	C3A 10.000	Зчіпка	1	
C3A 00.000						
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
	Разраб.	Ломако				
	Пров.	Онопа				
	Н.контр.	Мачок				
Утв.	Васильковський					
				Сівалка		
				ASTRA C3-3,6		
				ЦНТУ, ГМ-21		
				Лит.		
				Лист		1
				Листов		1

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документація</u>						
			<i>СЗА 00.010.000</i>	<i>Сошник</i>	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	<i>СЗА 10.000.010</i>	<i>Корпус</i>	1	
		2	<i>СЗА 10.000.020</i>	<i>Диск</i>	2	
		3	<i>СЗА 10.000.030</i>	<i>Воронка</i>	1	
		4	<i>СЗА 10.000.040</i>	<i>Кронштейн</i>	1	
				<u>Деталі</u>		
		5	<i>СЗА 10.000.401</i>	<i>Кришка</i>	2	
		6	<i>СЗА 10.000.402</i>	<i>Корпус</i>	2	
		7	<i>СЗА 10.000.803</i>	<i>Пильник</i>	2	
		8	<i>СЗА 10.000.604</i>	<i>Кільце</i>	2	
		9	<i>СЗА 10.000.405</i>	<i>Кільце запорне</i>	2	
		10	<i>СЗА 10.000.406</i>	<i>Діафрагма</i>	2	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		11		<i>Гайка М16 ГОСТ 5918-73</i>	1	
		11а		<i>Гайка М16 ГОСТ 5919-73</i>	2	
		12		<i>Шайба ГОСТ 6402-70</i>	1	
		13		<i>Шайба ГОСТ 10450-78</i>	2	
		14		<i>Підшипник 202 ГОСТ 831-75</i>	2	
<i>СЗА 01.000</i>						
Інв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<div style="text-align: center; font-size: 2em;">СОШНИК</div> <div style="text-align: center; font-size: 1.5em;">ЦНТУ, ГМ-21</div>
	Разраб.	Ломако				
	Пров.	Онопа				
	Н.контр.	Мачок				
Утв.	Васильковський					
						<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Лит. Лист Листов </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 1 1 </div>