ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а
до дипломного проєкту
ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

Удосконалення механізації вирощування кукурудзи з модернізацією плуга ПБН-3-50

Виконав: студент 3 курсу, групи АІС-3-23 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Мельник Владислав Юрійович

Керівник: _____ Теслюк Геннадій Володимирович

Рецензент: _____

Дніпро – 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис) прізвище, ініціали)

«05» травня 2026 р

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Мельник Владислав Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Удосконалення механізації вирощування кукурудзи з модернізацією плуга ПБН-3-50

керівник проєкту Теслюк Геннадій Володимирович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «5» травня 2026 року № 912

2. Строк подання студентом проєкту 12.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту Огляд стану питання в галузі рослинництва та існуючих засобів обробітку грунту. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз існуючих технологій вирощування кукурудзи. 2. Огляд існуючих конструкцій машин для основного обробітку ґрунту. 3. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів плуга ПБН-3-50. 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища 5. Техніко-економічні показники модернізованого плуга. Висновки та пропозиції. Література.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Огляд конструкцій плугів (А1). 2. Плуг п'ятикорпусний навісний. Кресленик загального виду (А1). 3 Ніж у зборі. Складальне креслення (А1). 4. Корпус. Складальне креслення (А2). 5. Диск (А3). 6. Палець (А4). 7. Втулка (А4). 8. Економічні показники (А1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Теслюк Г.В., доцент	05.05.2026	12.06.2026
нормоконтроль	Бойко В.Б., доцент		12.06.2026

7. Дата видачі завдання: 05.05.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 12.05.2026 р.	
2	Технологічний	до 19.05.2026 р.	
3	Конструкційний	до 26.05.2026 р.	
4	Охорона праці	до 02.06.2026 р.	
5	Економічний	до 09.06.2026 р.	
6	Графічна частина	до 12.06.2026 р.	

Студент _____ Мельник В.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту _____ Теслюк Г.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

№ п/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Номер аркуша	Примітка
			Текстові документи			
1	А4	52ДП.080000.000.ПЗ	Пояснювальна записка	78		
			Графічні матеріали			
2	А1	52ДП.080000.000.ОК	Огляд конструкцій плугів	1	1	
3	А1	52ДП.080000.000.ВЗ	Плуг п'ятикорпусний навісний.	1	2	
			Кресленик загального виду			
4	А1	52ДП.080006.000.СК	Ніж у зборі. Складальне	1	3	
			креслення			
5	А2	52ДП.080006.001.СК	Корпус. Складальне креслення	1	4	
6	А3	52ДП.080006.002	Диск	1	4	
7	А4	52ДП.080006.005	Палець	1	4	
8	А4	52ДП.080006.007	Втулка	1	4	
9	А1	52ДП.080000.000.ПЕ	Економічні показники	1	5	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	52 ДП.080000.000.ПЗ		
Розробив		Мельник В.Ю.			Удосконалення механізації вирощування кукурудзи з модернізацією плуга ПБН-3-50	аркуш	аркушів
Перевірив		Теслюк Г.В.				4	78
						ДДАЕУ АІС-3-23	
Н. контр.		Бойко В.Б.					
Затверд.		Теслюк Г.В.					

АНОТАЦІЯ

Мельник В. Ю. Удосконалення механізації вирощування кукурудзи з модернізацією плуга ПБН-3-50 / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

Метою проєкту є удосконалення механізації вирощування кукурудзи шляхом модернізації плуга ПБН-3-50 та обґрунтування його конструктивно-технологічних параметрів для підвищення ефективності основного обробітку ґрунту.

У роботі розглянуто питання підвищення ефективності основного обробітку ґрунту під час вирощування кукурудзи шляхом удосконалення конструкції плуга ПБН-3-50. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення продуктивності машинно-тракторних агрегатів, зменшення енерговитрат та покращення якості обробітку ґрунту. У першому розділі проаналізовано народногосподарське значення кукурудзи, її біологічні особливості та сучасні технології вирощування кукурудзи на силос. Розглянуто роль основного обробітку ґрунту у створенні оптимальних умов для росту рослин. У другому розділі наведено огляд існуючих машин для основного обробітку ґрунту. Проаналізовано конструкції лемішних плугів, їх робочі органи, типи корпусів та особливості підготовки трактора і плуга до роботи. У третьому розділі обґрунтовано модернізацію плуга ПБН-3-50 шляхом встановлення двохдискового ножа для покращення підрізання рослинних решток і зменшення забивання плуга. Виконано розрахунки основних конструктивних елементів та розроблено операційно-технологічну карту оранки. У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці та захисту навколишнього середовища під час виконання орних робіт. У п’ятому розділі визначено техніко-економічні показники модернізованого плуга та підтверджено доцільність його використання у виробництві.

Ключові слова: кукурудза, обробіток ґрунту, плуг, робочі органи, модернізація, машинно-тракторний агрегат, ефективність.

Зміст

ВСТУП.....7
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ..... 9
1.1 Народногосподарське значення кукурудзи..... 9
1.2 Біологічні особливості кукурудзи.....11
1.3 Аналіз сучасної технології вирощування кукурудзи на силос.....13
1.4 Аналіз технологій основного обробітку грунту..... 18
1.5 Висновки з розділу..... 20
2 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ МАШИН ДЛЯ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ.....21
2.1 Призначення механічного обробітку ґрунту.....21
2.2 Робочі органи лемішних плугів загального і спеціального призначення.....23
2.3 Розміщення робочих органів на рамі плуга..... 29
2.4 Типи корпусів плугів.....31
2.5 Аналіз конструкцій плугів.....33
2.6 Порядок підготовки трактора і плуга до роботи.....38
2.7 Висновки з розділу..... 40
3 ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЛУГА ПБН-3-50.....42
3.1 Обґрунтування необхідності модернізації.....42
3.2 Визначення параметрів встановлення двохдискового ножа.....44
3.3 Визначення тягового опору двохдискового ножа.....45
3.4 Перевірочний розрахунок стійки двохдискового ножа на згин..... 47
3.5 Розрахунок різьбового з’єднання кріплення кронштейна до рами плуга.... 49
3.6 Розрахунок зварного шва кронштейна..... 51
3.7 Розрахунок осі ступиці двохдискового ножа на згин.....52
3.8 Розроблення та розрахунок операційно-технологічної карти обробітку стерні зернових культур шляхом оранки..... 53
3.9 Висновки з розділу..... 56
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.... 59
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ МОДЕРНІЗОВАНОГО ПЛУГА... 63
ВИСНОВКИ..... 67
БІБЛІОГРАФІЯ.....69
ДОДАТКИ..... 72

ВСТУП

Кукурудза є однією з найважливіших сільськогосподарських культур у світі та в Україні, оскільки широко використовується як продовольча, кормова та технічна культура. Висока врожайність, універсальність використання та значна енергетична цінність зерна зумовлюють стабільне зростання площ її вирощування. У структурі агропромислового виробництва кукурудза відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки, розвитку тваринництва та формуванні експортного потенціалу держави.

Ефективність вирощування кукурудзи значною мірою залежить від рівня механізації технологічних процесів. Сучасні агротехнології передбачають комплексне застосування машин і механізмів на всіх етапах виробництва — від підготовки ґрунту до збирання врожаю. Особливе значення при цьому має якісний обробіток ґрунту, який забезпечує оптимальні умови для росту і розвитку рослин, накопичення та збереження вологи, а також ефективне використання поживних речовин.

Одним із основних елементів системи основного обробітку ґрунту є оранка, що виконується плугами різних конструкцій. Вона сприяє розпушенню орного шару, загортанню рослинних решток, знищенню бур’янів і покращенню водно-повітряного режиму ґрунту. Проте традиційні конструкції плугів не завжди забезпечують необхідну якість обробітку ґрунту та енергоефективність роботи агрегатів. Це зумовлює необхідність удосконалення існуючих технічних засобів та розроблення нових конструктивних рішень.

Одним із поширених знарядь для виконання основного обробітку ґрунту є плуг ПБН-3-50, який використовується у господарствах для обробітку різних типів ґрунтів. Однак у процесі його експлуатації виявляються певні недоліки, пов’язані з енергоємністю процесу, якістю обертання пласта ґрунту та рівномірністю обробітку. У зв’язку з цим актуальним є удосконалення конструкції плуга з метою підвищення ефективності його роботи, зменшення енергетичних витрат та покращення агротехнічних показників обробітку ґрунту.

Отже, вдосконалення механізації вирощування кукурудзи шляхом модернізації робочих органів ґрунтообробних машин є важливим науково-технічним завданням, спрямованим на підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва та ефективності використання машинно-тракторних агрегатів.

Метою проєкту є удосконалення механізації вирощування кукурудзи шляхом модернізації плуга ПБН-3-50 та обґрунтування його конструктивно-технологічних параметрів для підвищення ефективності основного обробітку ґрунту.

Об'єкт дослідження – процес механізованого основного обробітку ґрунту під час вирощування кукурудзи.

Предмет дослідження – конструктивно-технологічні параметри плуга ПБН-3-50 та їх вплив на ефективність обробітку ґрунту.

Задачі дослідження:

– проаналізувати сучасні технології вирощування кукурудзи та рівень їх механізації;

– дослідити конструкцію і принцип роботи плуга ПБН-3-50;

– виявити недоліки існуючої конструкції та обґрунтувати напрями її удосконалення;

– розробити модернізовану конструкцію плуга;

– виконати розрахунок основних конструктивно-технологічних параметрів;

– оцінити техніко-економічну ефективність запропонованої модернізації.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ

1.1 Народногосподарське значення кукурудзи

Кукурудза є однією з найважливіших кормових і зернових культур у сучасному сільському господарстві. Вона характеризується високою врожайністю, універсальністю використання та значною поживною цінністю. Особливе значення кукурудза має у кормовиробництві, де широко використовується для виробництва силосу, зерна, зеленої маси та інших видів кормів.

Динаміка виробництва кукурудзи в Україні за останні 10 років наведена на рис. 1.1.

Заготівля силосу з кукурудзи у різні фази стиглості зерна суттєво впливає на його поживну цінність та енергетичну ефективність. За збирання культури у фазі молочної стиглості з 1 га можна отримати приблизно 56 ц сухої речовини з вмістом близько 85 кг протеїну. У разі збирання у фазі молочно-воскової стиглості вихід сухої речовини підвищується до 63–64 ц/га, а у фазі воскової стиглості – до 75 ц/га. Одночасно збільшується і збір протеїну, який може становити понад 150–190 кг з гектара.

Зі збільшенням ступеня стиглості зерна підвищується також енергетична цінність силосу. Якщо у силосі, заготовленому у фазі молочної стиглості, міститься близько 0,16 кормових одиниць у 1 кг корму та приблизно 8 г перетравного протеїну, то у фазі молочно-воскової стиглості ці показники зростають до 0,22 кормових одиниць і 11 г протеїну, а у фазі воскової стиглості – до 0,31 кормових одиниць і 13 г відповідно. Таким чином, за більш пізніх строків збирання енергетична поживність силосу зростає приблизно у 1,4–1,7 раза, а вміст протеїну – приблизно у 1,5 раза.

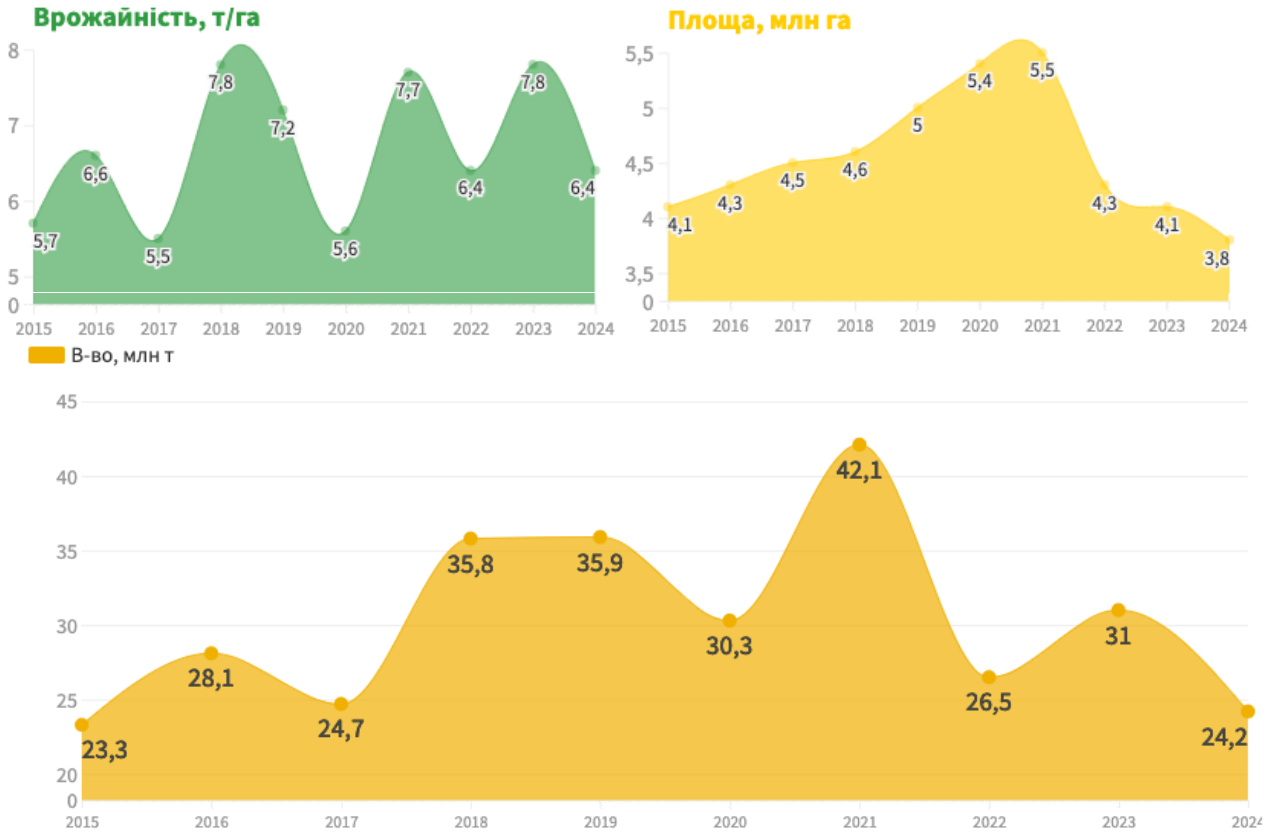


Рисунок 1.1 – Динаміка виробництва кукурудзи в Україні за останні 10 років

Важливим показником якості корму є також його перетравність. Дослідження показують, що зі збільшенням стиглості кукурудзи перетравність силосу підвищується і може зростати з приблизно 65 % до майже 78 %. Одночасно зменшуються біологічні втрати органічної речовини під час зберігання: у фазі молочної стиглості вони можуть досягати 25 %, у фазі молочно-воскової – близько 12–14 %, а у фазі воскової – лише 3–5 %.

Отже, основними перевагами заготівлі силосу у фазі воскової стиглості зерна є:

– вища концентрація енергії у кормі;
– кращий баланс поживних речовин;
– менша кислотність силосу;
– зменшення втрат поживних речовин;
– підвищена поїдання корму тваринами.

Зі зростанням стиглості кукурудзи підвищується не лише поживність корму, але й збільшується загальний вихід силосної маси. Встановлено, що при

збиранні у більш пізні фази стиглості валове виробництво силосу може збільшуватися на 20–25 %, а його енергетична цінність – у 1,4–1,5 раза.

Разом із тим за заготівлі силосу з кукурудзи у фазі повної воскової стиглості виникає проблема неповного перетравлення зерна тваринами. Частина зернової фракції може залишатися цілою та виводитися з організму разом із відходами. Для підвищення засвоюваності такого корму необхідно забезпечити більш інтенсивне подрібнення рослинної маси.

Практика показує, що оптимальним є подрібнення силосної маси до розміру частинок приблизно 4–5 мм. Однак такий ступінь подрібнення безпосередньо під час збирання потребує значних витрат енергії та палива. Тому перспективним напрямом удосконалення технології заготівлі силосу є поєднання польового збирання із попереднім грубим подрібненням рослинної маси та подальшим її до подрібненням на стаціонарних технологічних лініях.

Застосування стаціонарних технологічних ліній з електричним приводом дозволяє значно зменшити витрати палива та підвищити продуктивність процесу. Продуктивність таких ліній може досягати близько 50 т/год, що дає змогу за один робочий день переробляти до 500 т рослинної маси.

Одним із перспективних напрямів удосконалення технології заготівлі силосу є також використання процесу плющення кукурудзяної маси. Обробка маси спеціальними вальцями під високим тиском дозволяє руйнувати зерна, підвищувати щільність укладання корму та зменшувати біологічні втрати під час зберігання.

Застосування таких технологій сприяє підвищенню поживної цінності корму, покращенню його перетравності та більш ефективному використанню кормових ресурсів у тваринництві.

1.2 Біологічні особливості кукурудзи

Кукурудза (Zea mays L.) належить до однорічних злакових рослин родини тонконогових. Вона характеризується потужною кореневою системою, високою

інтенсивністю росту та здатністю формувати значну вегетативну масу і високі врожаї зерна. Фази росту кукурудзи наведені на рис. 1.2.

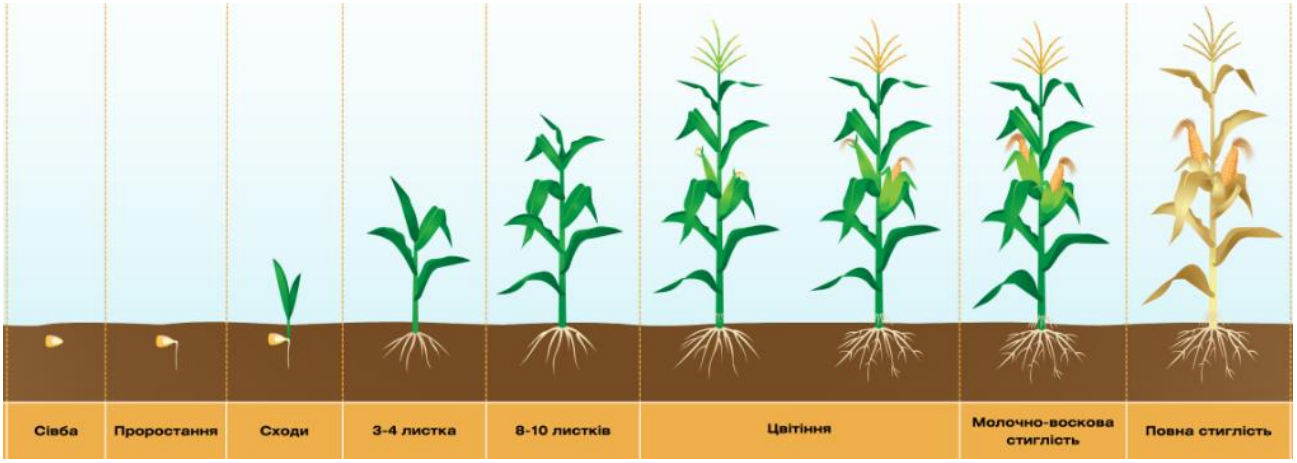


Рисунок 1.2 – Фази росту кукурудзи

Світові посівні площі кукурудзи перевищують 130 млн га, а річне виробництво зерна становить сотні мільйонів тонн. Найбільшими виробниками кукурудзи є США, Китай, Бразилія, Аргентина, країни Європейського Союзу та інші держави. В Україні кукурудза також займає значні площі та є однією з провідних культур зернового і кормового напрямів.

Зерно кукурудзи широко використовується як концентрований корм для тварин, особливо у свинарстві та птахівництві. Його згодовують у цілому вигляді або після подрібнення. Крім кормового використання, кукурудза має велике значення у харчовій та переробній промисловості.

Із зерна кукурудзи виробляють крупи, борошно, крохмаль, сиропи, олію, а також різноманітні харчові продукти. Кукурудзяний крохмаль широко застосовується у харчовій, фармацевтичній та текстильній промисловості, а також використовується як сировина для виробництва біоетанолу.

Важливе значення мають також інші частини рослини. Стебла, листя та обгортки качанів використовуються для виробництва силосу, кормових сумішей, паперу, пакувальних матеріалів та інших видів продукції.

Таким чином, кукурудза є універсальною культурою, що має велике значення для сільського господарства, харчової промисловості та багатьох галузей економіки.

1.3 Аналіз сучасної технології вирощування кукурудзи на силос

Сучасні технології вирощування кукурудзи (рис. 1.3) в Україні передбачають дотримання комплексу агротехнічних, організаційних і технологічних вимог, що охоплюють вибір ґрунтів, систему основного і передпосівного обробітку, застосування добрив, підготовку насіння, догляд за посівами, захист рослин та збирання врожаю. Інтенсивна технологія вирощування кукурудзи спрямована на максимально повне використання біологічного потенціалу гібридів і забезпечення високої врожайності за раціонального використання матеріально-технічних ресурсів.

Для вирощування кукурудзи найбільш придатними є родючі ґрунти з достатнім вмістом органічної речовини, доброю водоутримувальною здатністю та сприятливим повітряним режимом. Найкращі умови формуються на легких і середніх суглинках, а також на супіщаних ґрунтах із нейтральною або близькою до нейтральної реакцією ґрунтового розчину. Важливими показниками придатності ґрунту є достатній вміст гумусу, рухомих форм фосфору і калію, а також відсутність перезволоження. Небажано розміщувати посіви кукурудзи на кислих, заболочених, надмірно ущільнених або осушених торфових ґрунтах.

Високі врожаї кукурудзи отримують у зонах, де теплозабезпечення вегетаційного періоду відповідає біологічним потребам культури. Для нормального росту й розвитку рослин необхідною є достатня сума активних температур, а також рівномірне забезпечення вологою в критичні періоди вегетації. В умовах України особливо важливим є добір гібридів відповідно до ґрунтово-кліматичної зони та напряму використання культури – на зерно чи на силос.

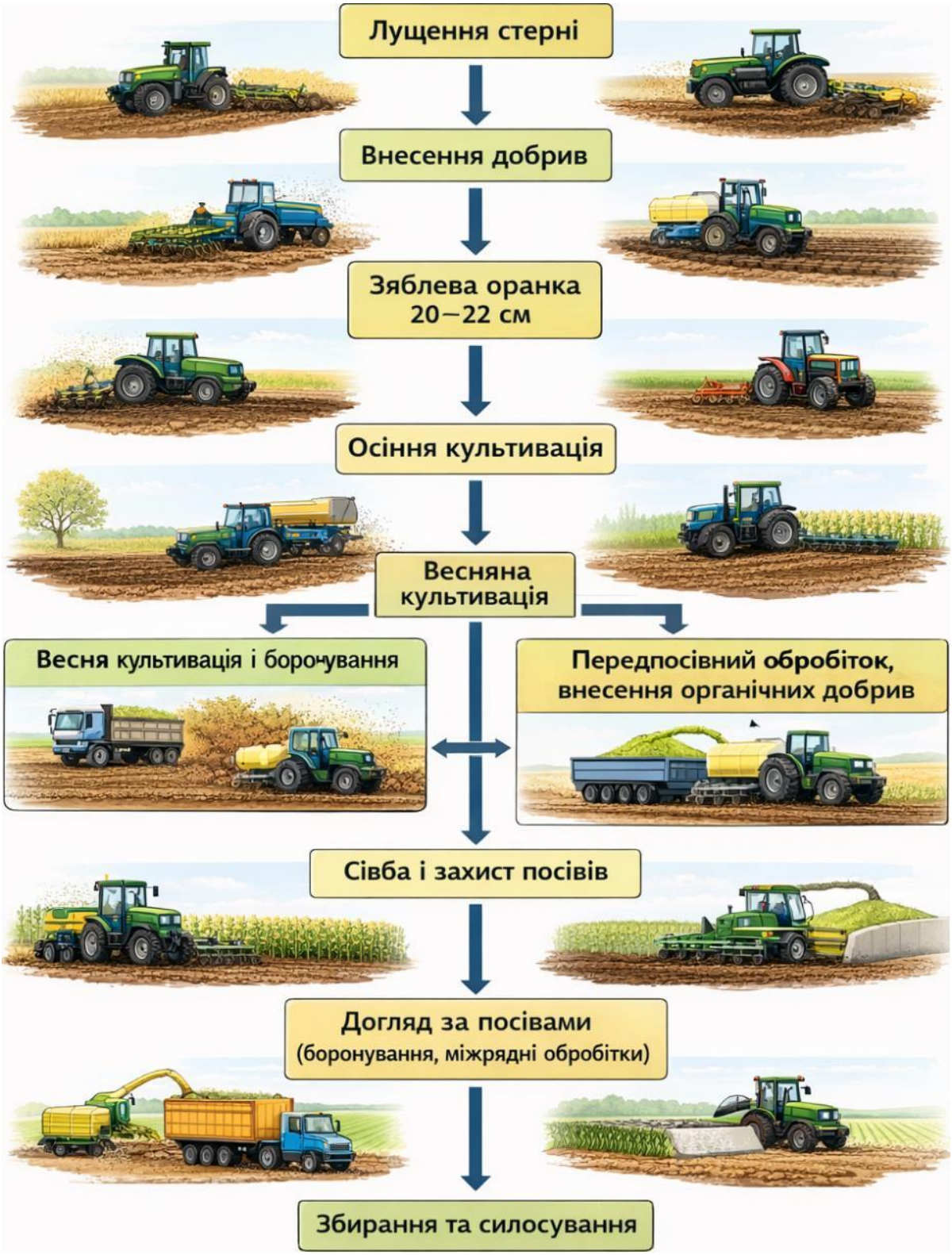


Рисунок 1.3 – Технологія вирощування кукурудзи на силос

У сівозміні кукурудзу розміщують після культур, які залишають поле чистим від бур’янів і забезпечують добрий структурний стан ґрунту. Найкращими попередниками є зернобобові культури, озимі зернові, багаторічні

трави, картопля, цукрові буряки та інші просапні культури. За високого рівня агротехніки, належного удобрення і ефективного захисту рослин допускається повторне вирощування кукурудзи на одному полі, однак тривале беззмінне її розміщення небажане, оскільки воно сприяє накопиченню шкідників, хвороб і бур'янів.

Система обробітку ґрунту під кукурудзу залежить від попередника, типу ґрунту, ступеня забур'яненості поля та погодних умов. Після збирання попередника зазвичай проводять лущення стерні або дискування для подрібнення рослинних решток, провокації проростання бур'янів та часткового розпушення верхнього шару ґрунту. На полях, засмічених однорічними бур'янами, обмежуються одним-двома дисковими обробітками. За наявності багаторічних коренепаросткових бур'янів ефективним є застосування глибшого плоскорізного, чизельного або комбінованого обробітку.

Основний обробіток ґрунту під кукурудзу найчастіше виконують оранкою на глибину орного шару. На важких, ущільнених або схильних до перезволоження ґрунтах періодично доцільно проводити глибоке розпушування підорного горизонту. На еродованих або ерозійно небезпечних землях глибину та спосіб обробітку добирають з урахуванням вимог ґрунтозахисного землеробства. На полях із надмірною щільністю ґрунту можуть застосовувати щілювання або глибоке розпушування для поліпшення водопроникності та аерації.

Восени, у разі появи сходів бур'янів, проводять одну або дві культивації, що дає змогу зменшити забур'яненість поля та підтримувати поверхню ґрунту у вирівняному стані. Навесні, після настання фізичної стиглості ґрунту, виконують ранньовесняне боронування або культивацію для закриття вологи, вирівнювання поверхні поля та підготовки посівного ложа. Передпосівний обробіток має забезпечити дрібногрудочкувату структуру верхнього шару ґрунту і рівномірну глибину загортання насіння.

Система удобрення кукурудзи формується з урахуванням агрохімічних показників ґрунту, біологічних особливостей гібриду, запланованої врожайності

та попередника. Кукурудза належить до культур із високим рівнем споживання елементів живлення, особливо азоту і калію. Органічні добрива доцільно вносити переважно під основний обробіток ґрунту, а мінеральні – диференційовано, залежно від забезпеченості ґрунту поживними речовинами. Фосфорні й калійні добрива переважно вносять восени або під основний обробіток, азотні – частково до сівби, а частково в підживлення в період вегетації. На кислих ґрунтах важливе значення має вапнування.

Для сівби використовують високоякісне насіння районованих або рекомендованих для певної зони гібридів, що мають високу лабораторну схожість, енергію проростання та стійкість до основних хвороб. Сівбу починають після прогрівання ґрунту на глибині загортання насіння до 8–10 °С. У більшості господарств України кукурудзу висівають пунктирним способом із шириною міжрядь 70 см. Глибину загортання насіння встановлюють залежно від механічного складу ґрунту та його вологості: на важчих ґрунтах вона менша, на легших – дещо більша. Важливою умовою є рівномірність висіву та забезпечення оптимальної густоти стояння рослин.

Норму висіву визначають з урахуванням польової схожості насіння, очікуваної густоти рослин перед збиранням, можливих втрат під час механічних обробітків і дії несприятливих факторів. Для силосного напряму вирощування густота рослин, як правило, вища, ніж для зернового, оскільки основною метою є формування максимальної кількості зеленої маси.

Важливою складовою сучасної технології є система захисту рослин від бур’янів, шкідників і хвороб. За невисокої забур’яненості поля та належного рівня агротехніки можливе застосування переважно механічних способів боротьби з бур’янами. За середнього та високого рівня засміченості використовують інтегровані системи захисту, що поєднують агротехнічні, механічні та хімічні методи. Ґрунтові або післясходові гербіциди застосовують відповідно до спектра бур’янів, фази розвитку культури та регламентів використання препаратів, дозволених в Україні. Найвищу ефективність

гербіцидний захист забезпечує за правильного вибору препарату, дотримання строків внесення, норми витрати та погодних умов.

Система захисту кукурудзи від шкідників і хвороб має базуватися на інтегрованому підході. Вона включає дотримання сівозміни, використання стійких гібридів, збалансоване удобрення, якісне протруювання насіння, своєчасний і якісний обробіток ґрунту, а також застосування засобів захисту рослин у разі перевищення економічного порогу шкодочинності. Протруювання насіння є обов'язковим елементом технології, оскільки воно захищає насіння і проростки від комплексу ґрунтових і насіннєвих інфекцій, а також частково – від ґрунтових шкідників.

Догляд за посівами кукурудзи включає досходове і, за потреби, післясходове боронування, а також міжрядні обробітки. Досходове боронування сприяє руйнуванню ґрунтової кірки та знищенню проростків бур'янів. Першу міжрядну культивацію зазвичай виконують у фазі 2–3 листків кукурудзи. Наступні обробітки проводять залежно від стану забур'яненості, ущільнення ґрунту та потреби у підживленні. Часто міжрядні культивації поєднують із внесенням мінеральних добрив і частковим підгортанням рослин.

Збирання кукурудзи на силос проводять у фазі, коли досягається оптимальне співвідношення між урожайністю, вологістю маси та її поживною цінністю. Для цього використовують кормозбиральні комбайни, які забезпечують скошування, подрібнення та завантаження маси в транспортні засоби. Подрібнену масу доставляють до силосних траншей або інших сховищ, де її рівномірно розподіляють, ущільнюють і герметично вкривають для забезпечення якісного консервування та мінімізації втрат поживних речовин.

Отже, сучасні технології вирощування кукурудзи в Україні базуються на комплексному підході, що передбачає оптимальне поєднання агротехнічних заходів, раціонального удобрення, ефективного захисту рослин і використання сучасних машин та агрегатів. Удосконалення окремих операцій технологічного процесу, зокрема основного обробітку ґрунту, має важливе значення для підвищення продуктивності вирощування кукурудзи та зниження енерговитрат.

1.4 Аналіз технологій основного обробітку грунту

Основний обробіток ґрунту є одним із найважливіших елементів технології вирощування сільськогосподарських культур, зокрема кукурудзи. Він забезпечує створення оптимальних умов для росту та розвитку рослин, накопичення і збереження вологи, покращення структури ґрунту, а також ефективну боротьбу з бур’янами, шкідниками і збудниками хвороб. Якість виконання основного обробітку значною мірою визначає продуктивність посівів і ефективність використання інших агротехнічних заходів.

Традиційною системою основного обробітку ґрунту є полицева оранка, яка передбачає повне перевертання орного шару ґрунту. Оранку здійснюють плугами з полицями на глибину, як правило, 20–30 см залежно від типу ґрунту, культури та агротехнічних вимог. Основною перевагою полицевої оранки є ефективне загортання рослинних решток, бур’янів і добрив, що сприяє покращенню фітосанітарного стану поля. Крім того, перевертання пласта забезпечує інтенсивне розпушування ґрунту, покращує водно-повітряний режим і сприяє накопиченню вологи в орному шарі.

Разом із тим полицева оранка має і певні недоліки. До них належать значні витрати енергії та палива, інтенсивне руйнування структури ґрунту, а також підвищення ризику водної та вітрової ерозії на схилах. У зв’язку з цим у сучасному землеробстві дедалі ширше застосовуються альтернативні технології основного обробітку ґрунту.

Однією з таких технологій є безполицевий (плоскорізний) обробіток, при якому ґрунт розпушується без перевертання пласта. Для цього використовують плоскорізи, чизельні культиватори та інші ґрунтообробні машини. Перевагами безполицевого обробітку є зменшення витрат енергії, збереження рослинних решток на поверхні поля, що сприяє захисту ґрунту від ерозії, а також покращення умов накопичення і збереження вологи. Такий спосіб обробітку особливо ефективний у посушливих умовах та на ґрунтах, схильних до ерозійних процесів.

Поширення набуває також чизельний обробіток ґрунту, який передбачає глибоке розпушування без обороту пласта. Чизельні культиватори розпушують ґрунт на глибину 25–35 см, руйнуючи ущільнений підорний горизонт і покращуючи проникнення води та повітря. Ця технологія сприяє зменшенню ущільнення ґрунту та покращує розвиток кореневої системи рослин. Чизельний обробіток широко використовується як альтернатива традиційній оранці, особливо в системах ресурсозберігаючого землеробства.

У сучасному аграрному виробництві застосовується також мінімальний обробіток ґрунту (Mini-till), який передбачає скорочення кількості технологічних операцій і використання комбінованих агрегатів, що одночасно виконують кілька видів обробітку. Такий підхід дозволяє зменшити витрати палива, підвищити продуктивність праці та зберегти структуру ґрунту.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика технологій основного обробітку ґрунту

Технологія	Суть обробітку	Глибина, см	Переваги	Недоліки
Полицева оранка	перевертання пласта	20–30	добре загортає рештки і бур’яни	високі енерговитрати
Безполицевий обробіток	розпушування без обороту	12–25	зменшує ерозію, зберігає вологу	гірше загортає рештки
Чизельний обробіток	глибоке рихлення	25–35	усуває ущільнення	не завжди знищує бур’яни повністю
Mini-till	мінімізація операцій	8–20	економія палива, збереження структури	потребує якісної техніки
No-till	без механічного обробітку	0	максимальне збереження вологи і структури	високі вимоги до захисту рослин

Найбільш радикальною технологією є нульовий обробіток ґрунту (No-till), при якому повністю відмовляються від механічного обробітку. Насіння висівають безпосередньо в необроблений ґрунт спеціальними сівалками. Поверхня поля при цьому залишається вкрита рослинними рештками попередньої культури. Така технологія забезпечує мінімальний вплив на

структуру ґрунту, зменшує ерозійні процеси та сприяє накопиченню органічної речовини. Проте її ефективність значною мірою залежить від ґрунтово-кліматичних умов, рівня технічного забезпечення господарства та правильно організованої системи захисту рослин.

Для умов України, де значна частина сільськогосподарських угідь представлена родючими чорноземами, традиційна полицева оранка й досі залишається одним із основних способів обробітку ґрунту, особливо під просапні культури, зокрема кукурудзу. Однак підвищення ефективності цієї операції, зменшення енерговитрат та покращення якості обробітку можливе шляхом удосконалення конструкції ґрунтообробних машин, зокрема плугів, що є актуальним напрямом інженерних досліджень у галузі агроінженерії.

1.5 Висновки з розділу

Проведений аналіз показав, що кукурудза є однією з найважливіших сільськогосподарських культур України завдяки високій врожайності, універсальності використання та значній кормовій і економічній цінності. Якість силосу значною мірою залежить від фази стиглості рослин під час збирання, при цьому найбільш поживний корм формується у фазі молочно-воскової та воскової стиглості зерна. Сучасна технологія вирощування кукурудзи включає комплекс взаємопов’язаних агротехнічних операцій: підготовку ґрунту, внесення добрив, сівбу, догляд за посівами, захист рослин та збирання врожаю. Ефективність цієї технології значною мірою визначається системою основного обробітку ґрунту. У сучасному землеробстві застосовують різні технології основного обробітку ґрунту: полицеву, безполицеву, чизельну, мінімальну та нульову. Найпоширенішою в умовах України залишається полицева оранка, яка забезпечує якісне загортання рослинних решток і створення сприятливих умов для росту рослин, проте характеризується значними енерговитратами. Отже, підвищення ефективності вирощування кукурудзи значною мірою пов’язане з удосконаленням технології основного обробітку ґрунту та конструкції ґрунтообробних машин.

2 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ МАШИН ДЛЯ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

2.1 Призначення механічного обробітку ґрунту

Основним призначенням механічного обробітку ґрунту є створення найсприятливіших умов для росту і розвитку сільськогосподарських культур, а також підвищення родючості ґрунту.

Досягнення поставленої мети реалізується шляхом виконання комплексу технологічних операцій, до яких належать: перевертання ґрунтового пласта, його кришення та розпушування, різання, перемішування, ущільнення, вирівнювання поверхні поля, підрізання і знищення бур’янів, а також формування гребенів, борозен і лунок.

Перевертання пласта передбачає зміну взаємного розташування верхніх і нижніх шарів ґрунту. Унаслідок цього рослинні рештки, дернина, бур’яни та внесені добрива переміщуються у нижні шари ґрунту, де під впливом ґрунтових мікроорганізмів поступово розкладаються, сприяючи збагаченню ґрунту органічною речовиною.

Розпушування і кришення – це поділ оброблюваного шару ґрунту на окремі структурні агрегати різного розміру, що супроводжується збільшенням проміжків між ними. Завдяки цьому зменшується щільність ґрунту, поліпшується його повітряний і водний режими, створюються кращі умови для розвитку кореневої системи рослин.

Різання є процесом відокремлення шару або частини ґрунту від основного масиву. Воно може здійснюватися у вертикальній і горизонтальній площинах залежно від типу робочого органа та характеру технологічної операції.

Перемішування передбачає зміну взаємного розташування ґрунтових частинок і агрегатів. Ця операція необхідна для формування більш однорідного орного шару, рівномірного розподілу органічних і мінеральних добрив, а також для часткового загортання рослинних решток.

Ущільнення є процесом, протилежним розпушуванню. Воно застосовується тоді, коли необхідно зменшити надмірну пухкість ґрунту, покращити контакт насіння з ґрунтом і створити умови для більш рівномірного проростання.

Вирівнювання поверхні поля спрямоване на усунення нерівностей, що покращує якість наступних польових операцій, зокрема сівби, догляду за посівами та збирання врожаю.

Підрізання і видалення бур'янів полягає у механічному знищенні небажаної рослинності шляхом підрізання коренів і кореневищ або висмикування стебел разом із підземною частиною.

Як правило, один робочий орган ґрунтообробного знаряддя виконує не одну, а одразу кілька операцій, які поєднуються в єдиний технологічний процес.

Сукупність окремих операцій утворює систему обробітку ґрунту. Залежно від призначення розрізняють основний, поверхневий та спеціальний обробіток ґрунту. Основний обробіток може бути полицевим або безполицевим, а поверхневий поділяється на передпосівний і післяпосівний.

Основний обробіток ґрунту – це, як правило, перший і найглибший обробіток після збирання попередньої культури. Його виконують на глибину приблизно 20–35 см, найчастіше плугами з оборотом пласта та подальшим розпушуванням ґрунту. На ґрунтах, схильних до вітрової ерозії, застосовують безполицевий обробіток на глибину 25–40 см, що дозволяє зберігати рослинні рештки на поверхні.

Поверхневий обробіток проводять до сівби, під час сівби або після неї на глибину переважно до 12–14 см. Для цього використовують лущильники, культиватори, борони, котки, мотики та фрези. Основними завданнями такого обробітку є розпушування, перемішування або ущільнення ґрунту, знищення бур'янів і загортання добрив.

Спеціальний обробіток ґрунту застосовують під час освоєння нових земель або для створення особливих умов вирощування рослин. До нього належать

обробіток чагарниково-болотними плугами, плантажна і ярусна оранка, глибоке розпушування, фрезерування, нарізування гребенів і поливних борозен.

У сучасному землеробстві найбільш поширеними технологічними процесами є оранка, глибоке розпушування, лущення, культивація, боронування, прикочування та фрезерування.

До основного обробітку належить оранка, яка включає кілька взаємопов'язаних операцій: відокремлення пласта від дна і стінки борозни, перевертання, розпушування, кришення та часткове перемішування ґрунту.

2.2 Робочі органи лемішних плугів загального і спеціального призначення

Для виконання оранки застосовують різні типи плугів, конструкція яких визначається їх призначенням, умовами роботи та агротехнічними вимогами.

Класифікація та загальна будова плугів

Плуги поділяють за кількома основними ознаками:

– за призначенням – загального та спеціального призначення;

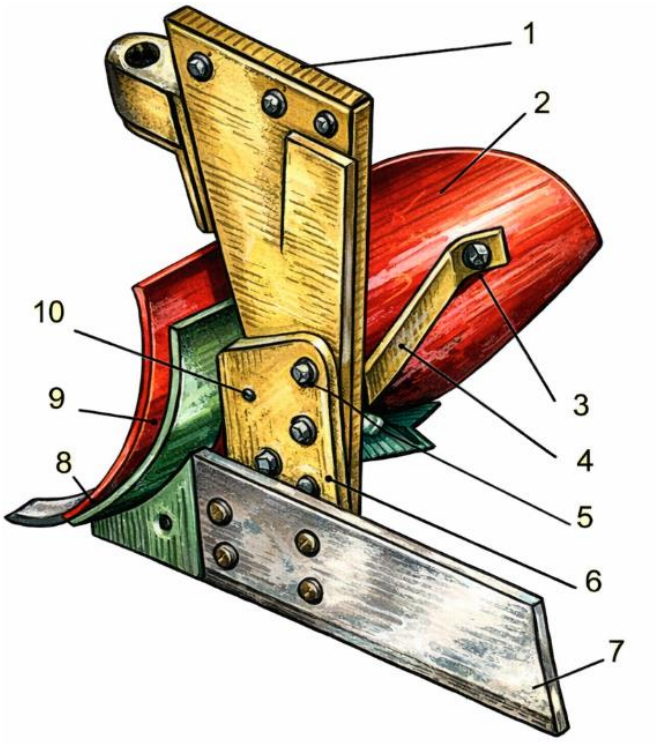
– за кількістю корпусів – одно-, дво-, три-, чотири-, п'яти-, шести-, восьми- та дев'ятикорпусні;

– за способом агрегатування з трактором – причіпні, напівначіпні та начіпні;

– за технологією оранки – для звичайної полицевої та гладкої оранки.

Типовий плуг (рис. 2.1) складається з рами, корпусів, передплужників, ножів, опорних коліс, начіпного або причіпного пристрою, пристрою для приєднання борін та допоміжних механізмів. Рама є несною частиною, на якій закріплено всі робочі органи й вузли плуга. До основних робочих органів належать корпус, передплужник, ніж і ґрунтопоглиблювач, а до допоміжних – механізми навішування, опорні колеса, пристрої для регулювання та захисні елементи.

Головним робочим органом плуга є лемішно-полицевий корпус. Саме він забезпечує підрізання, піднімання, кришення, переміщення та перевертання скиби ґрунту. До складу корпуса входять стійка, башмак, леміш, груди відвалу, крило відвалу, польова дошка та розпірка.



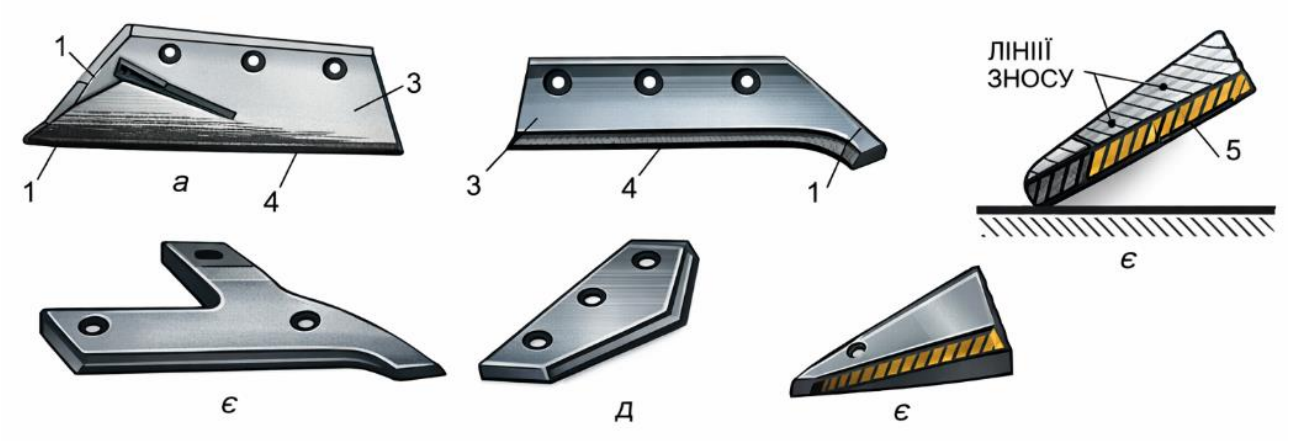
1 – стійка; 2 – крило відвала; 3, 5 і 10 – кріпильні болти; 4 – розпірка; 6 – башмак; 7 – боковина; 8 – леміш; 9 – груди відвала

Рисунок 2.1 – Лемішно-полицевий корпус

Леміш і відвал є основними робочими частинами, тоді як стійка і польова дошка виконують допоміжні функції. Леміш підрізає скибу на заданій глибині, частково розпушує її та подає на відвал. Відвал приймає піднятий лемешем шар ґрунту, деформує його, переміщує вбік і обертає.

За формою лемеші поділяють на (рис. 2.2): трапецієподібні; долотоподібні; вирізні; трикутні.

Трапецієподібні лемеші відзначаються простотою виготовлення і формують рівне дно борозни. Їх зазвичай застосовують на корпусах плугів і передплужниках для обробітку окультурених ґрунтів.



а – трапецієподібний; б – долотоподібний; в – самозаточуваний; г – вирізний; д – трикутний; 1 – носок; 2 – магазин; 3 – крило; 4 – лезо; 5 – шар твердого сплаву

Рисунок 2.2 – Лемеші

Долотоподібні лемеші краще заглиблюються у важкі ґрунти завдяки видовженому носку, який дещо виступає вниз. Вони забезпечують стабільнішу глибину оранки і мають більший строк служби порівняно з трапецієподібними.

Для глибокої оранки або роботи на ґрунтах після культуртехнічних заходів використовують посилені лемеші, зокрема моделі з привареною щокою або висувним долотом.

Вирізні лемеші застосовують у ґрунтопоглиблювальних корпусах.

Трикутні лемеші використовують переважно на спеціальних плугах та інших машинах, коли необхідно забезпечити підвищений тиск леза на ґрунт.

Оскільки леміш сприймає значне навантаження, він швидко зношується та затуплюється. Затуплення леза, особливо при товщині кромки понад 1–1,5 мм, призводить до суттєвого зростання тягового опору плуга. Для підвищення довговічності використовують самозаточувані лемеші, виготовлені з двошарової сталі або зміцнені зносостійким сплавом по лезу. У процесі роботи м’якший шар зношується швидше, а твердий край поступово оголюється, завдяки чому лезо зберігає гостроту довше.

Відвали виготовляють зі спеціальної багатошарової сталі або зміцнюють їхню робочу поверхню цементацією. За формою робочої поверхні розрізняють: культурні; напівгвинтові; гвинтові; циліндричні.

Культурні відвали добре обертають і кришать скибу, тому найчастіше застосовуються на староорних ґрунтах.

Напівгвинтові краще перевертають пласт, але слабше його кришать; їх доцільно використовувати на задернілих і цілинних ґрунтах. Гвинтові забезпечують майже повне перевертання пласта без значного розпушування, що сприяє кращому загортанню дернини та рослинних решток. Циліндричні добре подрібнюють ґрунт, але гірше перевертають скибу.

Польова дошка забезпечує стабільність руху корпуса плуга, сприймає боковий тиск ґрунту та зменшує навантаження на його стійку. Вона спирається на стінку борозни, унаслідок чого піддається значному зношуванню. Для заднього корпуса, який працює в більш складних умовах, іноді застосовують подовжену польову дошку або змінну п’яту.

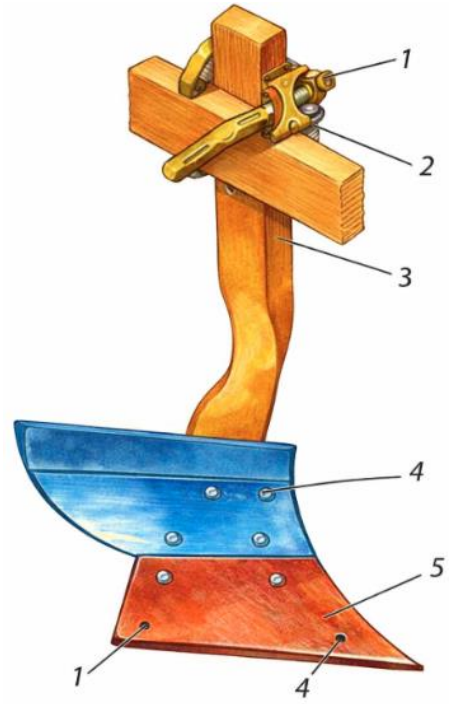
Передплужник (рис. 2.3) призначений для підрізання верхнього шару задернілого або засміченого ґрунту товщиною 8–12 см і шириною приблизно дві третини від ширини захвату основного корпуса. Зрізаний шар передплужник перевертає та укладає на дно борозни, що полегшує подальше загортання рослинних решток і бур’янів основним корпусом плуга.

У деяких конструкціях замість передплужника використовують кутознімач. Він зрізає лише верхній кут пласта під час його руху по відвалу. Кутознімач простіший і легший за передплужник, тому в сучасних конструкціях його застосовують досить широко, особливо на плугах зі захисними механізмами.

Ніж плуга призначений для вертикального розрізання ґрунту по лінії відокремлення пласта від основного масиву. Його використання покращує процес перевертання пласта, сприяє ефективнішому загортанню рослинних решток, забезпечує більш рівну стінку борозни та стабільність глибини оранки. Залежно від конструкції розрізняють дискові, черенкові та плоскі ножі з опорною лижею.

Дисковий ніж (рис. 2.4) складається зі стійки, консолі, осі та диска, який вільно обертається на підшипниках. Під час роботи диск автоматично

орієнтується у напрямку руху плуга. Такі ножі найчастіше застосовують на плугах загального призначення для обробітку староорних ґрунтів, що не містять каміння. На задернілих полях дискові ножі інколи встановлюють перед кожним корпусом плуга.



1 – скоба; 2 – державка; 3 – стійка; 4 – відвал; 5 – леміш

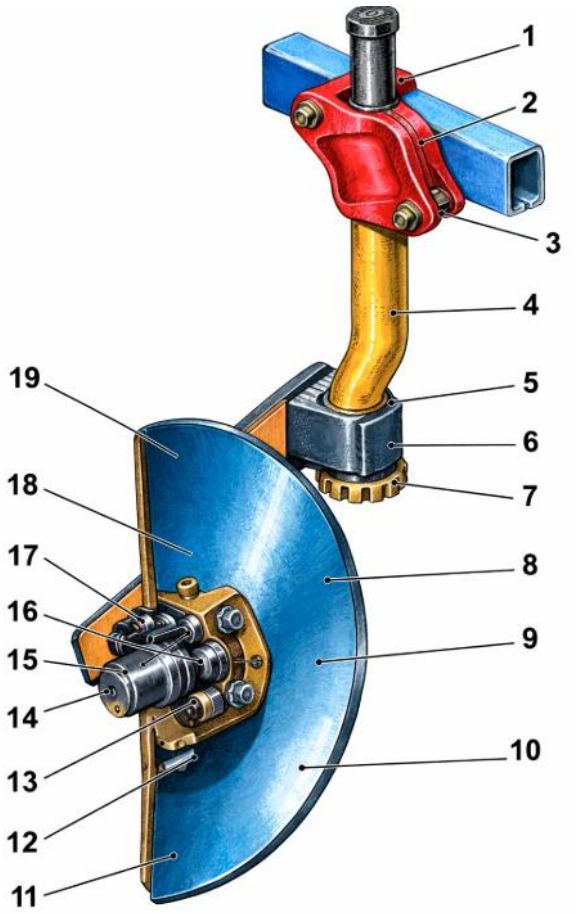
Рисунок 2.3 – Передплужник

Передплужник складається зі стійки, відвалу, лемеша та елементів кріплення.

Використання дискового ножа особливо доцільне перед останнім корпусом напівначіпного плуга, оскільки це зменшує осипання стінки борозни, покращує якість оранки і знижує зношування лемеша та відвалу.

Черенковий ніж має форму двогранного клина. Його використовують на лісових, чагарниково-болотних і спеціальних плугах для обробітку ґрунтів, засмічених кореневищами, деревними залишками і дерниною. Такі ножі можуть бути з прямим або криволінійним лезом. Вони добре розрізають ґрунт і дрібні корені, а великі корені й деревні залишки вивертають на поверхню.

Плоский ніж з опорними лижами встановлюють переважно на чагарниково-болотних плугах. Лижі підтримують стебла й гілки чагарнику, а ніж їх перерізає. Завдяки двосторонньому загостренню після зношування його можна повернути на 180° і використовувати знову.



1 – скоба кріплення; 2 – підкладна пластина; 3 – притискна накладка; 4 – опорна стійка; 5 – шплінт фіксації; 6 – корончаста шайба; 7 – запобіжна чека; 8 – ріжучий диск; 9 – спеціальна корончаста гайка; 10 – захисний ковпак маточини; 11 – ущільнювальна прокладка; 12 – опорна шайба; 13 – підшипник кочення; 14 – консоль кріплення; 15 – втулка; 16 – ущільнювальна манжета; 17 – стопорне кільце; 18 – захисний пильник; 19 – диск; 20 – шайба

Рисунок 2.4 – Дисковий ніж

Ґрунтопоглиблювач застосовують для розпушування підорного шару на глибину до 15 см. Особливо ефективний він на підзолистих ґрунтах і малопотужних чорноземах, де внаслідок тривалої оранки на одну й ту саму

глибину формується ущільнений шар — так звана плужна підошва. Вона перешкоджає проникненню вологи й коренів у нижчі горизонти ґрунту.

Залежно від умов застосування та агротехнічних вимог плуги можуть комплектуватись такими типами корпусів: культурними; напівгвинтовими; безполицевими; вирізними; з висувним долотом; з ґрунтопоглиблювачами; дисковими; комбінованими.

Безполицеві корпуси призначені для роботи в посушливих і вітроерозійно небезпечних районах. Вони забезпечують кришення ґрунту без значного перевертання пласта.

Вирізні корпуси використовують на ґрунтах із невеликою глибиною орного шару, коли необхідно одночасно виконати оранку та його поглиблення.

Дискові корпуси застосовують на важких, перезволожених або засмічених корінням ґрунтах. Сферичний диск не лише розрізає ґрунт, а й одночасно обертає його частково вбік.

Комбіновані корпуси поєднують звичайний корпус з ротором, який інтенсивно подрібнює скибу. Такі корпуси дають добре розпушену поверхню поля й можуть зменшувати потребу в додатковому передпосівному обробітку.

2.3 Розміщення робочих органів на рамі плуга

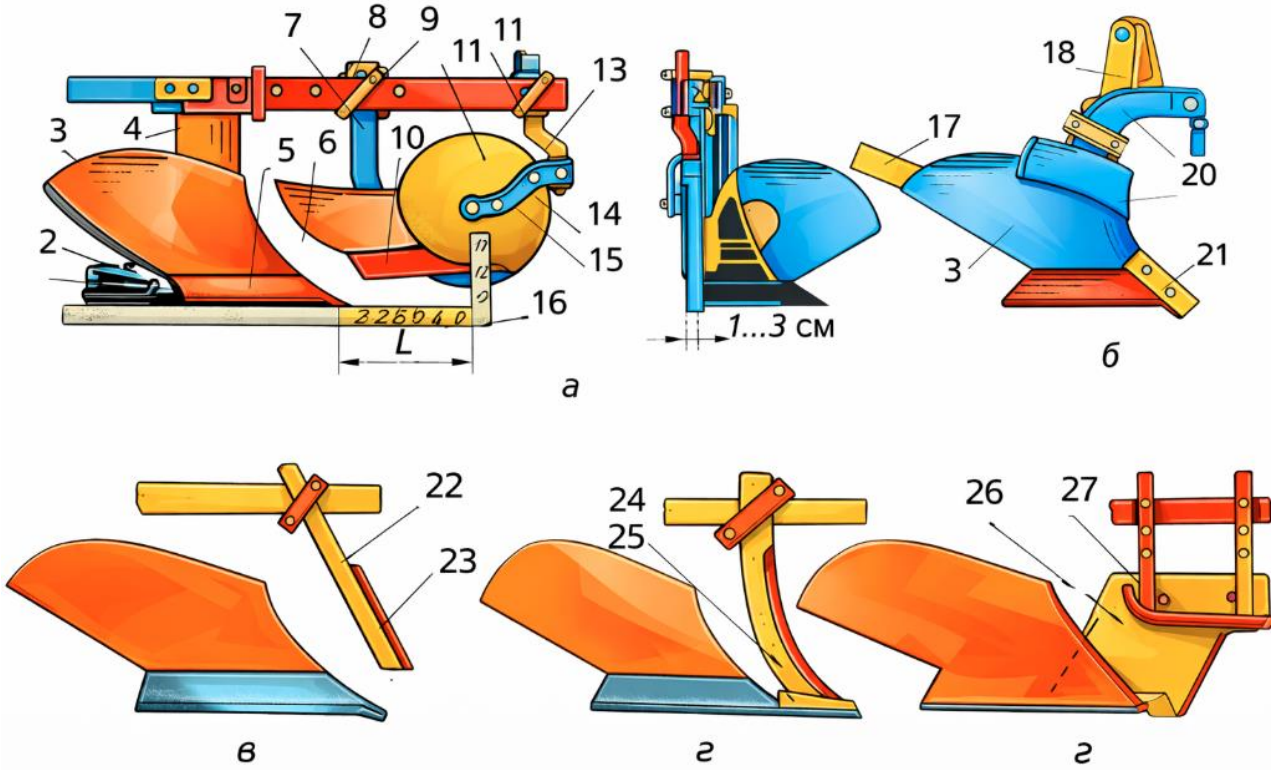
Робочі органи на рамі плуга розміщують так, щоб забезпечити стабільну глибину ходу, повне підрізання пласта і якісне перевертання скиби.

Передплужники встановлюють попереду основних корпусів так, щоб носки їхніх лемешів знаходилися на відстані 25–35 см від носків основних корпусів. Глибина їхнього ходу має становити 10–12 см. Польові обрізи передплужників зміщують у бік необробленого поля на 5–20 мм відносно обрізу основних корпусів.

Вісь дискового ножа розміщують під носком лемеша заднього передплужника, а його ріжучу кромку заглиблюють на 20–30 мм нижче носка

лемеша, що відповідає заглибленню приблизно 12–14 см. Відстань між польовим обрізом передплужника та дисковим ножем має становити 10–20 мм.

Підготовка плуга до роботи і основні регулювання



1 – опорна п’ятка; 2 – польова дошка; 3 – відвал корпуса; 4, 7, 18 – опорні стійки; 5, 10 – лемеші; 6 – відвал передплужника; 8 – державка кріплення; 9, 12 – хомути; 11 – дисковий ніж; 13 – колінчаста стійка; 14 – корончата шайба; 15 – вилка кріплення; 16 – кутник; 17 – перо відвала; 19 – гряділь; 20 – кутознімач; 21, 25 – долота; 22 – держак ножа; 23 – ріжуче лезо ножа; 24 – стебловий ніж із криволінійною ріжучою кромкою; 26 – плоский ніж; 27 – опорна лижа

Рисунок 2.5 – Установлення передплужника і дискового ножа (а), кутознімача (б), стеблового (в і г) та плоского (д) ножів

Підготовка плуга до роботи передбачає:

– перевірку технічного стану рами, корпусів, лемешів, відвалів, ножів і передплужників;

– контроль справності коліс, навісного механізму і кріплень;

– перевірку ступеня зношення лемешів і відвалів;

– встановлення потрібної ширини захвату;

– регулювання глибини оранки;

– налаштування положення передплужників і ножів;

– усунення поздовжнього та поперечного перекосів плуга.

Правильне регулювання плуга є необхідною умовою якісної оранки, зниження тягового опору агрегату, зменшення зношування робочих органів і дотримання агротехнічних вимог.

2.4 Типи корпусів плугів

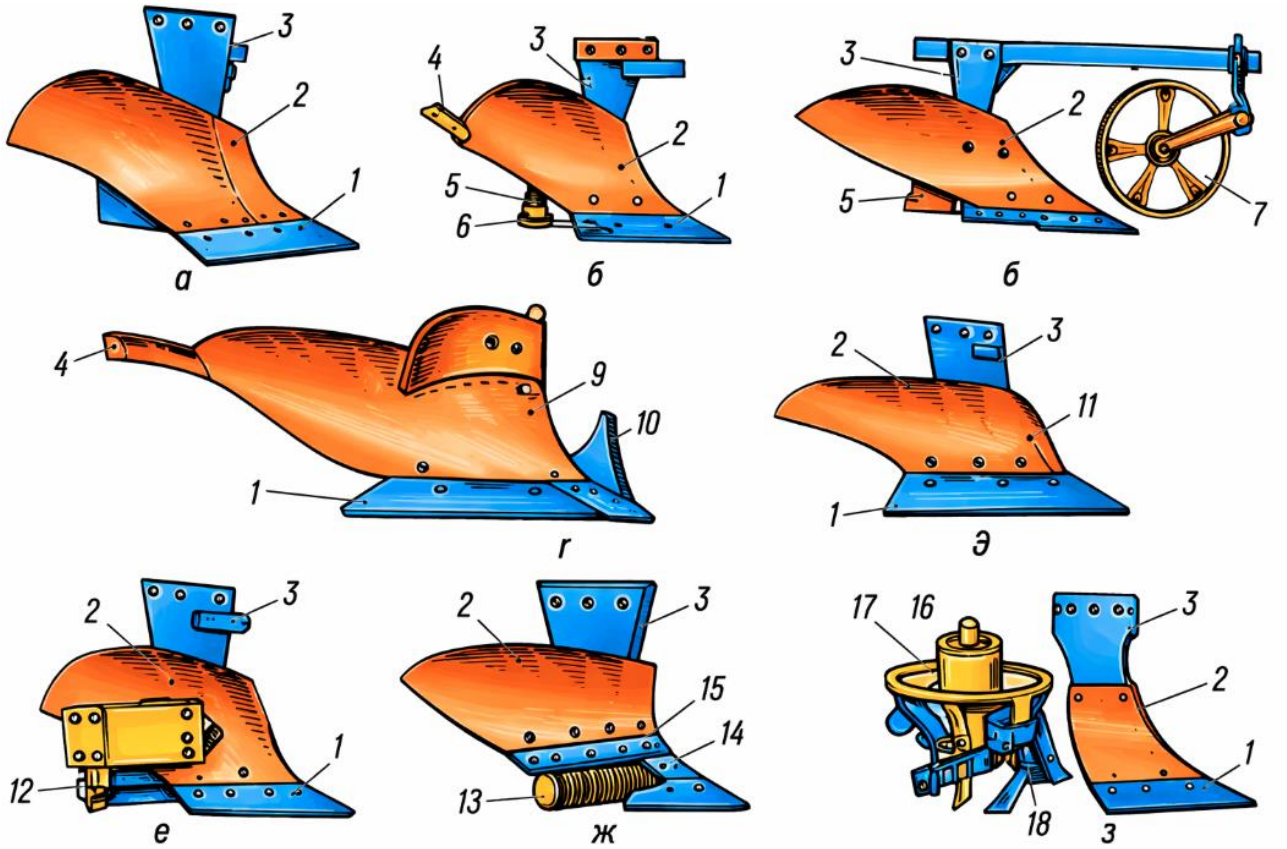
Більшість орних земель використовується для вирощування зернових і технічних культур, тому їх обробіток здійснюють переважно плугами загального призначення різних конструкцій.

Залежно від ґрунтово-кліматичних умов, агротехнічних вимог та виду вирощуваних культур плуги можуть комплектуватися різними типами корпусів. Найпоширенішими є корпуси з культурною, напівгвинтовою або гвинтовою робочою поверхнею. Крім того, застосовують безвідвальні розпушувальні корпуси, корпуси з ґрунтопоглиблювачами, вирізні, широкозахватні, лівообертові для гладкої оранки, а також комбіновані конструкції.

Безвідвальні корпуси призначені для розпушування ґрунту в районах, де поширена вітрова ерозія або спостерігаються посушливі умови. Пласт ґрунту підрізається лемешем і піднімається розширювачем, після чого перекидається через його верхню частину і опускається на дно борозни. У результаті відбувається подрібнення ґрунту без значного перемішування та без повного загортання рослинних решток.

Вирізний корпус застосовують для оранки підзолистих ґрунтів із невеликою товщиною орного шару, одночасно поглиблюючи його приблизно на 4–5 см. Такий корпус має два лемеші. Нижня частина пласта, підрізана одним лемешем, проходить між ними без перевертання, а верхня частина, зрізана другим лемешем, подається на відвал, перевертається та укладається на

розпушений нижній шар. Завдяки цьому одночасно здійснюється поглиблення орного горизонту.



а – культурний; б – напівгвинтовий; в – безвідвальний; г – вирізний; д – з висувним долотом; е – з ґрунтопоглиблювачем; ж – дисковий; з – комбінований; 1, 10, 11 – лемеші; 2, 9 – відвали; 3 – стійка; 4 – перо відвала; 5 – польова дошка; 6 – груди відвала; 7 – щиток; 8 – розширювач; 12 – долото; 13 – кронштейн; 14 – лапа ґрунтопоглиблювача; 15 – диск; 16 – шпиндель; 17 – корпус ротора; 18 – вал; 19 – ротор; 20 – лопатки

Рисунок 2.6 – Типи корпусів плуга

Дискові корпуси використовують для обробітку важких ґрунтів, засмічених коренями дерев або сильно перезволожених. Основним робочим органом є сферичний диск із гострою ріжучою кромкою. Диск закріплений на шпинделі, що обертається на підшипниках. Під час руху агрегату диск заглиблюється на 25–35 см і, обертаючись під дією опору ґрунту, відрізає пласт,

зміщує його вбік і перевертає у борозну. Такий корпус не ущільнює ґрунт, що покращує його аерацію та сприяє швидшому висиханню нижніх шарів.

Комбінований корпус призначений для обробітку важких ґрунтів із одночасним інтенсивним подрібненням пласта. У його конструкції використовується укорочений відвал і ротор, розміщений у зоні зрізаного крила відвала. Ротор має форму усіченого конуса з лопатками. Під час роботи він обертається з частотою приблизно 268–507 об/хв, активно подрібнює ґрунт і одночасно перевертає його у борозну. Завдяки цьому після оранки поверхня поля стає рівною і добре розпушеною, що зменшує потребу в додатковому обробітку.

Робочі органи плуга встановлюють на рамі так, щоб забезпечити якісне виконання технологічного процесу оранки.

Передплужники розміщують перед основними корпусами таким чином, щоб носки їхніх лемешів знаходилися на відстані 25–35 см від носків лемешів корпусів. Глибина роботи передплужника становить приблизно 10–12 см. Носки лемешів повинні бути розташовані на 10–15 мм нижче п’ятки. Польові обрізи передплужників зміщують у бік необробленого поля (ліворуч) відносно обрізу корпусів на 5–20 мм.

Вісь обертання дискового ножа розташовують під носком лемеша заднього передплужника, а ріжучу кромку опускають на 20–30 мм нижче носка лемеша. Таким чином глибина роботи ножа становить приблизно 12–14 см, що відповідає глибині залягання кореневищ бур’янів.

Зазор між польовим обрізом передплужника і дисковим ножем має становити 10–20 мм. Регулювання виконують поворотом колінчастої стійки ножа. Щоб обмежити бокове зміщення диска, виступ корончатої шайби фіксатора встановлюють у середній частині виступу вилки.

2.5 Аналіз конструкцій плугів

Плуги загального призначення призначені переважно для виконання основного обробітку ґрунту на глибину до 30 см. За способом агрегатування їх

поділяють на начіпні, напівначіпні та причіпні, однак у практиці землеробства найчастіше використовують саме начіпні та напівначіпні моделі. До найпоширеніших належать плуги типів ПЛН, ПМУ, ПЛ, ПНЛ, ПНУ, ПО, ПОН, ПНЯ, ПВН, ПНД та інші, які відрізняються кількістю корпусів, шириною захвату, конструкцією робочих органів і умовами застосування (рис. 2.7).

Одним із найбільш поширених є плуг ПЛН-3-35, який використовують для виконання оранки ґрунту на глибину до 30 см у агрегаті з тракторами тягового класу 1,4. Його конструкція складається з трьох корпусів, передплужників, дискового ножа, рами, опорного колеса з гвинтовим регулювальним механізмом та начіпного пристрою для з’єднання з трактором.

На такому плузі можуть використовуватися різні типи корпусів, зокрема культурні, напівгвинтові, вирізні, швидкісні, а також корпуси, оснащені ґрунтопоглиблювачами. Конструкція рами передбачає можливість регулювання ширини захвату, тоді як глибину оранки встановлюють за допомогою опорного колеса.

Перевагами плуга ПЛН-3-35 є простота конструкції, відносна надійність, зручність регулювання глибини оранки та можливість роботи з різними типами корпусів. Недоліками можна вважати обмежену продуктивність, залежність якості оранки від правильності регулювань, а також підвищені енерговитрати на важких ґрунтах.

Плуг ПЛН-4-35 призначений для роботи на ґрунтах із питомим опором до 0,09 МПа під зернові та технічні культури. Він має чотири корпуси, чотири передплужники, дисковий ніж, раму трикутної форми, опорне колесо та замок автозчіпки. Особливістю є можливість комплектування різними типами корпусів, у тому числі безполицевими та з ґрунтопоглиблювачами. Робоча ширина захвату становить 1,4 м, а швидкість роботи може досягати 9 км/год.

Переваги цієї моделі полягають у вищій продуктивності порівняно з трикорпусними плугами, універсальності використання та можливості адаптації до різних ґрунтових умов. До недоліків належать збільшення тягового опору,

вищі вимоги до потужності трактора та складніше налаштування робочих органів.



ПЛН-3-35



ПЛН-4-35



ПЛ-5-40



ПНУ-6-40



ПНД-4-30



ПНВБ 5-40

Рисунок 2.7 – Конструкції сучасних плугів

Широко застосовується також плуг ПЛН-5-35, який призначений для оранки ґрунтів під зернові й технічні культури. Він обладнаний п’ятьма корпусами, передплужниками, дисковим ножем, опорним колесом з механізмом регулювання, рамою, навісним пристроєм і причепом для борін. Під час роботи

дисковий ніж розрізає ґрунт і рослинні рештки, передплужники зрізують верхній шар ґрунту та укладають його на дно борозни, а основні корпуси перевертають нижню частину скиби. У разі роботи на важких ґрунтах плуг можна переобладнати у чотирикорпусний варіант.

Перевагами ПЛН-5-35 є досить висока продуктивність, якісне загортання післяжнивних решток, можливість переобладнання та комплектування різними типами корпусів. Недоліками є значна маса, зростання навантаження на трактор, складність роботи на перезволожених ґрунтах і чутливість до забивання рослинними рештками.

До напівначіпних плугів належить ПЛ-5-40, який використовують для оранки ґрунтів із підвищеним питомим опором. Він має п’ять корпусів із кутознімачами, дисковий ніж, металеві та пневматичні колеса, раму, навісний пристрій, механізм зміни ширини захвату та гідросистему. Його конструкція дає можливість працювати як з полицевими, так і з безполицевими корпусами. Це дозволяє використовувати плуг як для звичайної оранки з оборотом скиби, так і для глибокого розпушування без перевертання ґрунту.

Перевагами напівначіпних плугів є більша ширина захвату, краща стійкість у роботі, можливість використання з потужними тракторами та висока продуктивність. Недоліками є складніша конструкція, вища вартість, більші габарити та ускладнене маневрування на невеликих полях.

Сучасні універсальні плуги типів ПНУ-6-40 і ПНУ-8-40 мають регульовану ширину захвату, що дає змогу пристосовувати агрегат до конкретних польових умов і потужності трактора. Такі плуги забезпечують оранку на глибину до 35 см і відзначаються досить високою продуктивністю.

Їх перевагами є універсальність, можливість централізованого регулювання ширини захвату, висока продуктивність та пристосованість до різних умов роботи. Недоліки полягають у більшій складності конструкції, дорожчому обслуговуванні та підвищених вимогах до технічного стану агрегату.

Окрему групу становлять оборотні плуги, наприклад ПО-4-40, ПОН-5-40, ППО-7-40, ППО-8-40, які забезпечують так звану гладку оранку без утворення

звальних гребенів і розгінних борозен. Такі машини мають праві та ліві корпуси і механізм повороту рами на 180°, що дозволяє виконувати обробіток човниковим способом.

Основними перевагами оборотних плугів є висока якість оранки, вирівняність поверхні поля, зменшення непродуктивних проходів та покращення організації руху агрегату. Недоліки – це складніший механізм повороту, більша маса, вища ціна та потреба у більш потужних тракторах.

Для глибокого пошарового обробітку застосовують двоярусні плуги, зокрема типу ПНЯ. Їхні корпуси розміщуються у два яруси, що дає змогу окремо обробляти верхній і нижній шари ґрунту. Завдяки цьому досягається глибоке загортання рослинних решток і органічних добрив, що особливо важливо під технічні культури.

Переваги двоярусних плугів полягають у можливості глибокого пошарового обробітку, поліпшенні структури ґрунтового профілю та якісному загортанні органічних речовин. Недоліками є значна енергоємність, складність будови, збільшення маси агрегату та обмеженість застосування за певних умов.

Певний інтерес становлять і плуги з комбінованими робочими органами, наприклад ПВН-3-35, у яких поєднані традиційні лемішно-полицеві корпуси та ротори. Під час роботи такі машини не лише підрізують і перевертають скибу, а й додатково її подрібнюють.

Перевагою комбінованих плугів є поєднання основного і частково передпосівного обробітку за один прохід. До недоліків належать складність конструкції, потреба в приводі від ВВП трактора, підвищені витрати енергії та складніше технічне обслуговування.

Для перезволожених ґрунтів застосовують дискові плуги, зокрема ПНД-4-30, у яких основними робочими органами є сферичні диски. Такі плуги краще працюють на важких, задернілих і вологих ґрунтах, де лемішні плуги можуть забиватися або втрачати стійкість ходу.

Переваги дискових плугів – краща робота на вологих і важких ґрунтах, менша схильність до забивання, добра прохідність. Недоліки – гірше

перевертання скиби порівняно з лемішними плугами, нижча якість загортання добрив і бур’янів, а також дещо менша рівномірність оранки.

Отже, сучасні плуги загального призначення відрізняються великою різноманітністю конструкцій і технологічних можливостей. Їх вибір залежить від типу ґрунту, глибини обробітку, наявності рослинних решток, потужності трактора та вимог до якості оранки. Традиційні лемішно-полицеві плуги залишаються найбільш поширеними завдяки простоті та надійності, однак вони мають суттєві недоліки, зокрема високі енерговитрати і схильність до забивання за значної кількості рослинних решток. Саме це зумовлює актуальність подальшого вдосконалення конструкцій плугів і їх робочих органів.

Можу ще зробити коротший варіант у стилі підручника або у вигляді підрозділу для дипломної роботи.

2.6 Порядок підготовки трактора і плуга до роботи

Навісна система трактора повинна бути змонтована за триточковою схемою навішування. Для забезпечення стійкої роботи агрегату на передню частину трактора встановлюють баластні вантажі масою приблизно 590 кг.

Відповідно до інструкцій з експлуатації тракторів, для правильного руху орного агрегату за схемою «праві колеса в борозні» необхідно правильно відрегулювати ширину колії передніх і задніх коліс. Положення коліс встановлюють згідно зі схемою, наведеною на рисунку 2.8, з урахуванням типу та ширини шин.

Ширину колії налаштовують так, щоб трактор рухався правими колесами по борозні. Для шин розміром 14,9–24 дюйми колія передніх коліс встановлюється механізмом регулювання на відстані 1725 мм між центрами коліс. Для задніх коліс із шинами 18,4–38 дюймів колія встановлюється приблизно 1800 мм.

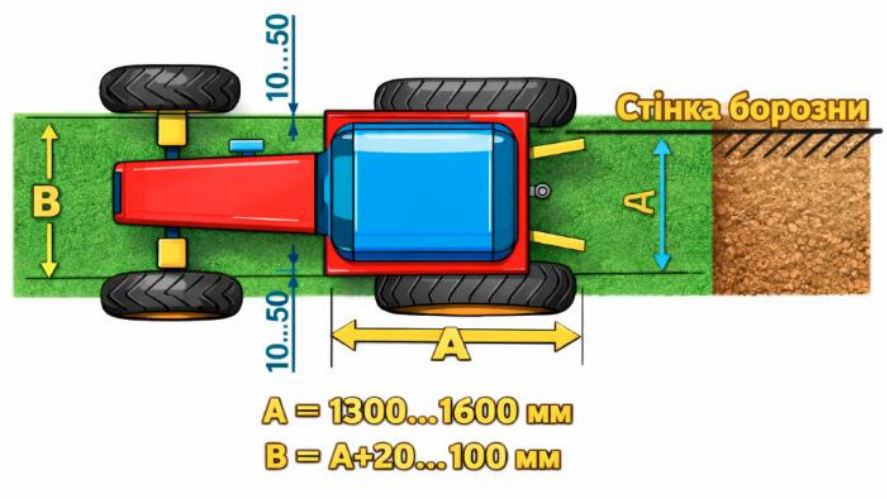
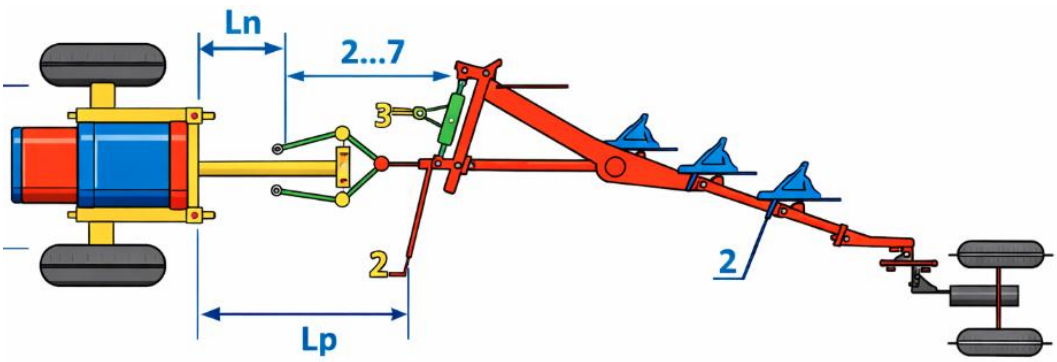


Рисунок 2.8 – Схема встановлення коліс трактора для агрегатування з плугами на 5–7 корпусів

Під час роботи відстань між стінкою борозни та внутрішньою поверхнею шини повинна становити 2–7 мм. Це необхідно для того, щоб шина не руйнувала і не обсипала стінку борозни.



1 – тягова балка; 2 – основна балка; 3 – талреп

Рисунок 2.9 – Схема агрегатування плуга ППО-5-40 з трактором

Вісь навішування плуга встановлюють на нижніх тягах навісної системи трактора і фіксують за допомогою чек.

Агрегатування плуга з трактором виконують на рівному майданчику. При цьому навісний механізм плуга попередньо з’єднують із механізмом обороту за допомогою ланцюга. Трактор заднім ходом підводять до плуга таким чином, щоб вісь навішування, закріплена на нижніх тягах навісної системи трактора, увійшла

в гнізда ловителів навішування плуга, після чого її фіксують спеціальними замками.

Після цього центральну тягу навісної системи трактора з'єднують із верхнім отвором навісного пристрою плуга. Обмежувальні ланцюги (стяжки) навісної системи натягують так, щоб зафіксувати нижні тяги між собою і запобігти боковим коливанням агрегату.

Далі гідросистему плуга під'єднують до гідросистеми трактора за допомогою запірних муфт, після чого система заповнюється робочою рідиною з гідросистеми трактора. Це забезпечує роботу механізмів піднімання, опускання та перевертання плуга під час виконання польових робіт.

2.7 Висновки з розділу

У результаті проведеного аналізу встановлено, що механічний обробіток ґрунту є одним із головних елементів технології вирощування сільськогосподарських культур, оскільки забезпечує формування оптимальних умов для росту рослин, поліпшення водно-повітряного режиму ґрунту, загортання рослинних решток і добрив, знищення бур'янів та підготовку якісного посівного шару. Основними операціями такого обробітку є обертання пласта, розпушування, кришення, різання, перемішування, ущільнення та вирівнювання поверхні поля.

Дослідження конструкції лемішних плугів показало, що якість оранки значною мірою залежить від будови та взаємного розміщення їх робочих органів. Головну роль у технологічному процесі виконують лемішно-полицеві корпуси, передплужники, ножі та ґрунтопоглиблювачі. Від типу лемеша, форми відвала, конструкції ножа і правильності встановлення цих елементів залежить повнота підрізання пласта, якість його перевертання, ступінь кришення та енергоємність процесу.

Встановлено, що існує значна різноманітність корпусів плугів, кожен із яких має своє призначення та область застосування. Культурні, напівгвинтові,

безвідвальні, вирізні, дискові та комбіновані корпуси відрізняються характером впливу на ґрунт і ефективністю роботи в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Для важких, перезволожених або засмічених рослинними рештками ґрунтів більш доцільними є спеціальні або комбіновані конструкції, тоді як у звичайних умовах найчастіше використовують лемішно-полицеві плуги загального призначення.

Аналіз сучасних конструкцій плугів показав, що найпоширенішими залишаються начіпні та напівначіпні плуги типів ПЛН, ПНУ, ПЛ, ПНЯ, ПНД та інші. Вони забезпечують достатню якість основного обробітку ґрунту, однак мають і певні недоліки: значні енерговитрати, складність роботи на важких і вологих ґрунтах, а також схильність окремих конструкцій до забивання рослинними рештками. Це підтверджує необхідність подальшого вдосконалення конструкції плугів і їх робочих органів.

Важливою умовою якісної роботи орного агрегату є правильна підготовка трактора і плуга до роботи, зокрема регулювання колії трактора, налаштування глибини оранки, положення передплужників, ножів і навісної системи. Лише за умови точного дотримання цих вимог можна забезпечити стабільну роботу агрегату, зменшити тяговий опір і підвищити якість обробітку ґрунту.

Отже, проведений аналіз свідчить, що підвищення ефективності основного обробітку ґрунту можливе шляхом удосконалення конструкції плугів, оптимізації розміщення їх робочих органів і поліпшення умов агрегатування з трактором. Це створює теоретичне та практичне підґрунтя для подальшого обґрунтування модернізації плуга ПБН-3-50.

3 ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЛУГА ПБН-3-50

3.1 Обґрунтування необхідності модернізації

Плуг ПБН-3-50 призначений для обробітку окультурених болотних земель, а також торф’яно-болотних і мінеральних ґрунтів. Його характерною конструктивною особливістю є збільшена ширина захвату корпуса (приблизно 0,5 м), що при глибині оранки а = 0,35 м забезпечує повне перевертання ґрунтового пласта. Крім того, відмінною рисою цього плуга є наявність перед кожним корпусом нерегульованого плоского дискового ножа.

Під час обробітку дернини багаторічних трав дисковий ніж сприяє утворенню рівної стінки борозни та забезпечує якісне перевертання пласта. Однак при оранці стерні зернових культур часто спостерігається накопичення рослинних решток у просторі між корпусом плуга та дисковим ножем. Це спричиняє забивання робочих органів, унаслідок чого виникає потреба зупиняти агрегат, виходити з кабіни трактора та очищати плуг від рослинної маси.

Дослідження свідчать, що забивання плуга може виникати вже після проходження агрегатом 16–35 м, залежно від глибини оранки та рівня засміченості поля рослинними рештками. Тому механізатори інколи змушені демонтувати дискові ножі та виконувати оранку без них. У цьому випадку забивання не усувається повністю, однак спостерігається значно рідше.

Торф’яні ґрунти характеризуються відносно низькою твердістю, тому під час руху дисковий ніж не завжди перерізає рослинні рештки, а часто втискає їх у ґрунт на глибину свого заглиблення. У результаті втиснені рештки потрапляють на польовий обріз корпусу, накопичуються на стійці корпусу між рамою плуга і диском, що й спричиняє забивання робочих органів.

Для усунення зазначених недоліків запропоновано модернізувати конструкцію плуга шляхом встановлення двох сферичних дискових ножів, розташованих увігнутими поверхнями один до одного під певним кутом атаки.

При такому розміщенні точка контакту ріжучих кромок дисків знаходиться на дузі їх взаємодії, що забезпечує більш ефективне підрізання та розрив рослинних решток перед корпусом плуга (рис. 3.1).

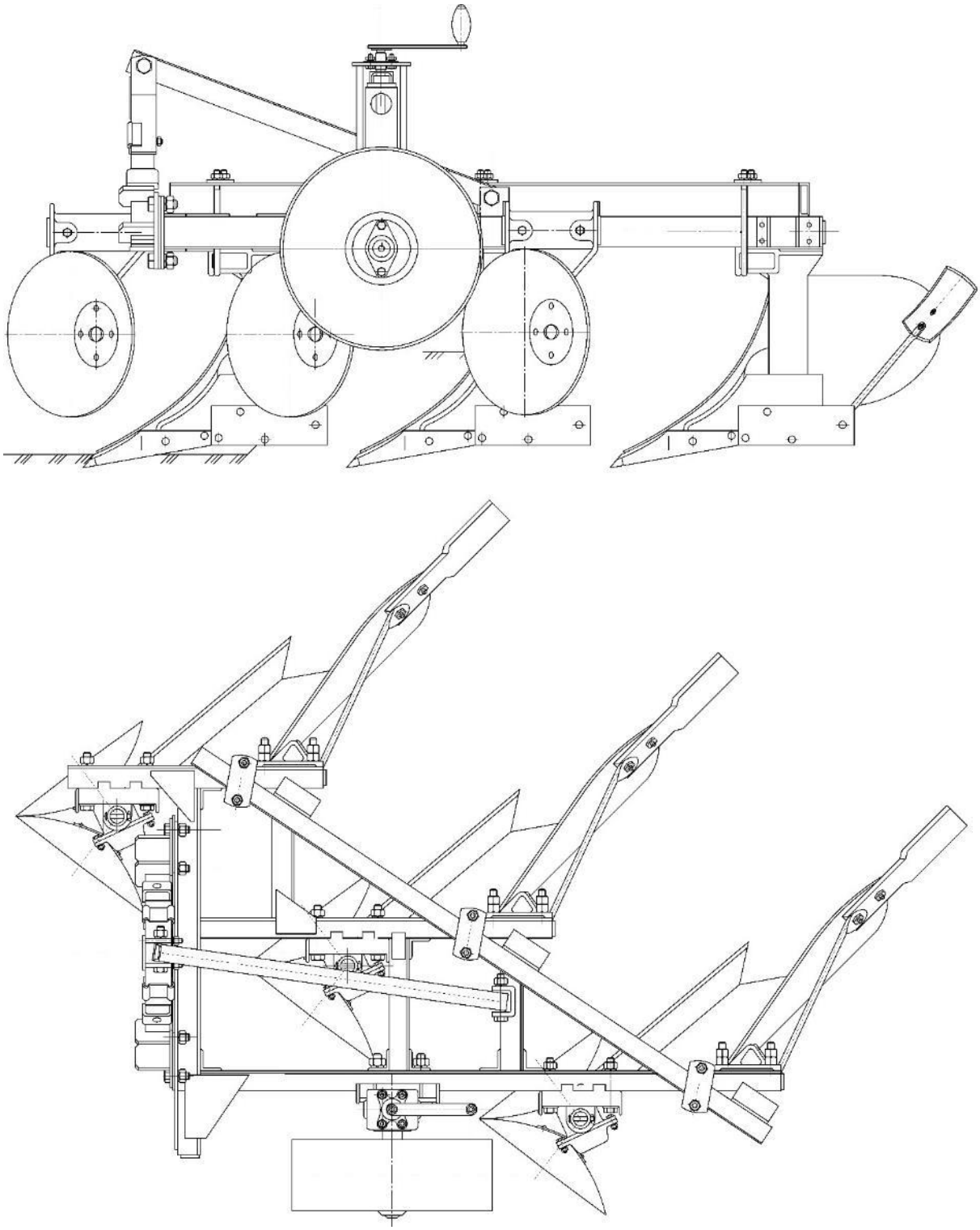


Рисунок 3.1 – Конструктивно-технологічних схема плуга ПБН-3-50

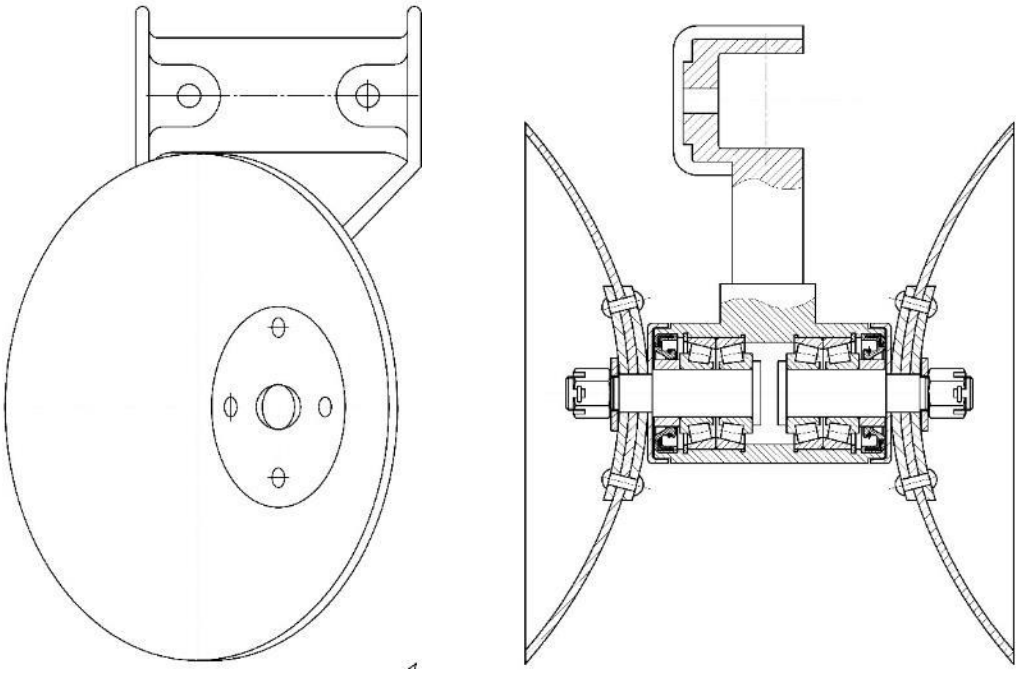


Рисунок 3.2 – Конструктивно-технологічних схема ножа плуга ПБН-3-50

3.2 Визначення параметрів встановлення двохдискового ножа

Дводисковий ніж слід монтувати так, щоб у горизонтальній площині лінія, що з'єднує центри обох дисків, була поділена навпіл площиною, яка проходить через польовий обріз корпуса плуга. За такого розташування диски встановлюються симетрично відносно польового обрізу корпуса.

Найбільш раціональним є встановлення дисків під кутом атаки $\alpha \approx 25°$, що забезпечує ефективне підрізання або розрив пожнивних решток і їх відведення разом із ґрунтом із зони проходження польового обрізу корпуса плуга.

Діаметр сферичних дискових ножів визначається глибиною залягання кореневої системи рослинних решток. Для торф'яно-болотних ґрунтів ця глибина становить приблизно 0,10–0,15 м, тоді як для мінеральних ґрунтів вона, як правило, не перевищує 0,10 м.

З урахуванням висоти стійки корпусу плуга, глибини оранки, глибини залягання кореневої системи рослин та наявності стандартних дискових робочих органів, доцільним є використання сферичних дисків діаметром D = 0,45 м із

радіусом кривизни $D_к = 0,85$ м, що забезпечує ефективну роботу модернізованого робочого органа.

3.3 Визначення тягового опору двохдискового ножа

Для розрахунку елементів копача на міцність необхідно визначити зусилля, що виникають у вузлах плуга під час роботи. Вихідною величиною для таких розрахунків є тяговий опір двохдискового ножа, який дозволяє визначити навантаження в окремих перерізах механізму.

Тяговий опір може бути визначений за довідковими даними або розрахунковим методом. Оскільки сферичний диск під час роботи виконує функцію постійно оновлюваної відвальної поверхні, його опір доцільно визначати аналогічно опору корпусу плуга.

Для цього спочатку визначається площа сегмента АВ, що відповідає площі ґрунту, який зрізається диском (рис. 3.3).

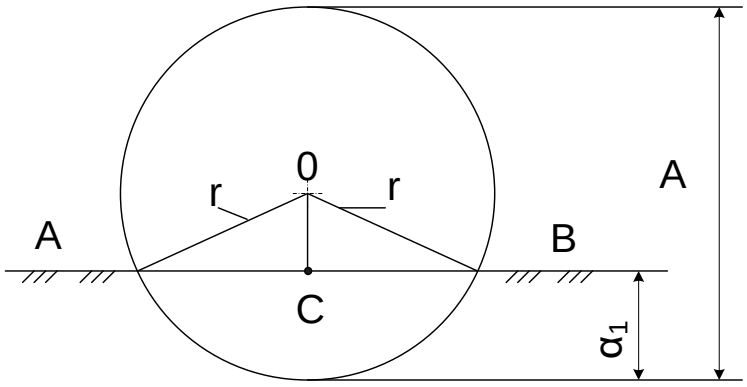


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема

Диск рухається у ґрунті на глибині (a_1). Тоді висота трикутника (АОВ) визначається за формулою:

$$OC = r - a_1$$

де r = D/2 – радіус диска.

Із трикутника (АОВ) знаходимо:

$$AC = \frac{AB}{2} = \sqrt{r^2 - (r - a_1)^2}$$

$$AC = \sqrt{506,25 - 56,25} = \sqrt{450} = 21,2 \text{ см}$$

Тоді:

$$AB = 2 \cdot 21,2 = 42,4 \text{ см}$$

Площа сегмента (АВ) визначається як різниця площі сектора і площі трикутника:

$$S_{seg} = S_{\text{сектора}} - S_{\triangle AOB}$$

Площа сектора:

$$S_{\text{сектора}} = \frac{\pi r^2 n}{360}$$

де n – довжина дуги в градусах.

Кут (АОВ) дорівнює:

$$\angle AOB = 2\angle AOC = 2 \cdot 70,41^\circ = 140,82^\circ$$

Площа трикутника:

$$S_{\triangle AOB} = \frac{1}{2} \cdot AB \cdot OC$$

$$S_{\triangle AOB} = 21,2 \cdot 7,5 = 159 \text{ см}^2$$

Тоді площа сегмента:

$$S_{seg} = \frac{3,14 \cdot 22,5^2 \cdot 140,82}{360} - 159$$

$$S_{seg} = 621,8 - 159 = 462,8 \text{ см}^2 = 0,04628 \text{ м}^2$$

Оскільки сферичний диск працює під кутом атаки α = 25°, площа канавки, що вирізається диском у ґрунті, становитиме:

$$S_{\text{кан}} = S_{seg} \cdot \cos 25^\circ$$

$$S_{\text{кан}} = 0,04628 \cdot 0,9063 = 0,0419 \text{ м}^2$$

При значеннях питомого тягового опору мінеральних ґрунтів у процесі оранки

$$k_0 = 90 \text{ кН/м}^2$$

тяговий опір одного сферичного диска становитиме:

$$R_{\text{сф}} = S_{\text{кан}} \cdot k_0$$

$$R_{\text{сф}} = 0,0419 \cdot 90 = 3,77 \text{ кН}$$

Оскільки копач складається з двох дисків, загальний тяговий опір становитиме:

$$R_{\text{коп}} = 2 \cdot R_{\text{сф}}$$

$$R_{\text{коп}} = 2 \cdot 3,77 = 7,54 \text{ кН}$$

Отримане значення $R_{\text{коп}}$ = 7,54 кН є максимальним тяговим опором, на який необхідно розраховувати конструкцію вузлів і деталей двохдискового ножа.

3.4 Перевірочний розрахунок стійки двохдискового ножа на згин

Стійка двохдискового ножа під час роботи сприймає вигинальний момент, який виникає під дією тягового опору робочого органа. Раніше було визначено, що тяговий опір копача становить:

$$R_{\text{коп}} = 7{,}54 \,\text{кН}$$

Для визначення навантаження на стійку розглянемо її як консольно защемлену балку (рис. 3.4). У цьому випадку максимальний вигинальний момент виникає в місці кріплення стійки.

Довжина плеча прикладання сили:

$$L = 325 \,\text{мм} = 0{,}325 \,\text{м}$$

Максимальний вигинальний момент визначається за формулою:

$$M_{max} = R_{\text{коп}} \cdot L$$

$$M_{max} = 7{,}54 \cdot 0{,}325 = 2{,}45 \,\text{кНм}$$

Далі необхідно визначити допустимий вигинальний момент для стійки, виготовленої у вигляді порожнистої круглої труби. Для таких елементів він визначається за формулою:

$$[M] = 0{,}1\frac{(d^4 - d_0^4)}{d} \cdot [\sigma_{зг}]$$

де [M] – допустимий вигинальний момент; $\sigma_{зг}$ – допустиме напруження на згин; d – зовнішній діаметр труби, мм; d_0 – внутрішній діаметр труби, мм.

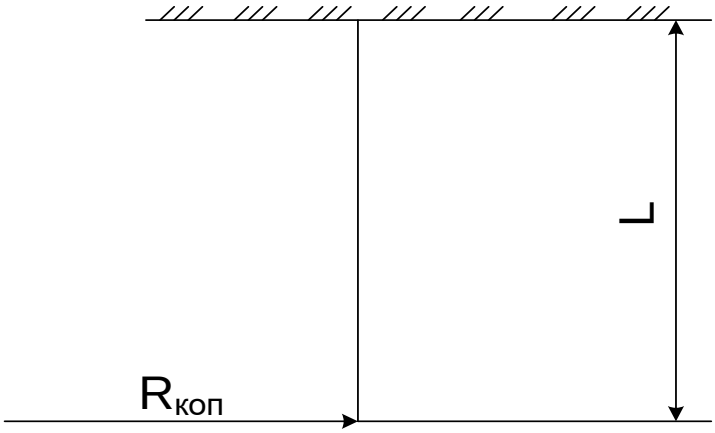


Рисунок 3.4 – Розрахункова схема

Допустиме напруження на згин приймаємо:

$$[\sigma_{зг}] = 70\,\text{Н/мм}^2$$

Підставляючи значення діаметрів труби, отримуємо:

$$[M_{зг}] = 2{,}98\,\text{кНм}$$

Порівняємо отримані значення:

$$M_{max} = 2{,}45\,\text{кНм}$$

$$[M_{зг}] = 2{,}98\,\text{кНм}$$

Оскільки

$$M_{max} < [M_{зг}]$$

можна зробити висновок, що міцність стійки є достатньою, і вона здатна витримувати максимальні робочі та ударні навантаження, які виникають під час роботи двохдискового ножа.

3.5 Розрахунок різьбового з’єднання кріплення кронштейна до рами плуга

Кронштейн приєднується до рами плуга за допомогою двох болтів М20. У процесі їх затягування в болтах виникає найбільше осьове зусилля, величину якого визначають за відповідною формулою:

$$F = \frac{\pi \cdot d_i^2 \cdot G_t}{1,3 \cdot 4}$$

де d_i –діаметр внутрішній різьби; G_t – межа текучості матеріалу болта.

Для болта М20:

$$d_i = 18{,}376 \text{ мм};$$
$$G_t = 240 \text{ Н/мм}^2.$$

Підставляючи значення, отримуємо:

$$F = 48937 \text{ Н}$$

Момент затягування болта визначається за формулою:

$$T_{\text{зат}} = \frac{F \cdot d_2}{2}\left(\tan(\psi + \rho') + f\frac{d_m}{d_2}\right)$$

де f – коефіцієнт тертя сталі по сталі (f = 0,15); ρ′ – приведений кут тертя; d_m – середній діаметр опорної поверхні гайки.

Коефіцієнт тертя в різьбі:

$$f' = \frac{f}{\cos 30^\circ} = 0,1732$$
$$\rho' = \arctan(0,1732) = 9^\circ 50'$$

Середній діаметр опорної поверхні гайки: d_m=25 мм.

Момент затягування: $T_{зат}$=196556 Н мм

Необхідне зусилля на ключі:

$$F_в = \frac{T_{зат}}{l_i}$$

де l_i – довжина рукоятки ключа.

Для стандартного ключа l_i=15: $F_в$=655 Н

Далі перевіряємо витки болта і гайки на зминання та зріз.

Середнє напруження зминання визначається:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{4F}{\pi(d_2^2 - d_i^2)ZK_m}$$

де Z – кількість витків на довжині згвинчування:

$$Z = \frac{H}{P}$$

H – довжина згвинчування (20 мм);

P – крок різьби (1,5 мм).

$$Z=20/1,5=13,3$$

За стандартом:

d_1=18,375 мм;

d_2=19,025 мм;

d=21 мм;

K_m=0,54–0,76.

Для сталі (35) допустиме напруження зминання:

$$[\sigma_{\text{см}}] = 0,8G_t$$

$$G_t = 320 \text{ Н/мм}^2$$

Отже:

$$\sigma_{\text{см}} = 115 \text{ Н/мм}^2$$

$$[\sigma_{\text{см}}] = 256 \text{ Н/мм}^2$$

Оскільки

$$115 < 256 \text{ Н/мм}^2$$

різьбове з’єднання на зминання працює надійно.

Касательне напруження зрізу для болта:

$$\tau_1 = \frac{F}{\pi d_i HRK_m}$$

де R=0,87 – коефіцієнт для метричної різьби.

$$\tau_1 = 75 \text{ Н/мм}^2$$

Для гайки:

$$\tau_2 = \frac{F}{\pi d H R K_m}$$

$$\tau_2 = 69 \text{ Н/мм}^2$$

Для сталі 35:

$$[\tau_{\text{ср}}] = 0,2 G_t = 64 \text{ Н/мм}^2$$

Оскільки

$$[\tau_{\text{ср}}] < \tau_1, \quad [\tau_{\text{ср}}] < \tau_2$$

необхідно збільшити діаметр болта або використати більш міцний матеріал.

При застосуванні сталі 40:

$$[\tau_{\text{ср}}] = 0,3 G_t = 96 \text{ Н/мм}^2$$

$$96 > 75, \quad 96 > 69$$

що свідчить про надійність роботи різьбового з’єднання.

3.6 Розрахунок зварного шва кронштейна

Стійка диска встановлюється у втулці, яка приварюється до пластини кутовими зварними швами по всьому периметру. Катет шва:

$$K = 10 \text{ мм}$$

Максимальний вигинальний момент:

$$M_{max} = 7,54 \text{ кНм}$$

Напруження у швах визначається:

$$\sigma_m = \frac{M_{max}}{W_{\text{шв}}}$$

де $W_{\text{шв}}$ – момент опору швів.

$$W_{\text{шв}} = \frac{2 I'_{\text{шв}}}{l + 2K}$$

Момент інерції швів:

$$I_{\text{шв}} = 2\left(\frac{Kl^3}{12} + \frac{K^3 b}{12} + bK\left(\frac{l+K}{2}\right)^2\right)$$

де l=60 мм; b=40 мм.

$$I_{\text{шв}} = 134,66 \cdot 10^4 \text{ мм}^4$$

З урахуванням коефіцієнта:

$$I'_{\text{шв}} = 0,7 I_{\text{шв}} = 94,26 \cdot 10^4 \text{ мм}^4$$

$$W_{\text{шв}} = 23,6 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$$

$$\sigma_m = 31,9 \text{ Н/мм}^2$$

Допустиме напруження для ручного зварювання електродами Е-34:

$$[\sigma'_p] = 0,6[\sigma_p]$$

Для сталі Ст3:

$$[\sigma_p] = 144 \text{ Н/мм}^2$$

Оскільки

$$31,9 < 144 \text{ Н/мм}^2$$

умова міцності зварних швів виконується.

3.7 Розрахунок осі ступиці двохдискового ножа на згин

Вісь ступиці сприймає навантаження від тягового опору диска:

$$R_d = 7,54 \text{ кН}$$

Її можна розглядати як консольно защемлену балку (рис. 2.5).

Максимальний вигинальний момент:

$$M_0 = \frac{R_{\text{коп}} \cdot l}{2}$$

$$M_0 = \frac{7,54 \cdot 0,13}{2} = 0,49 \text{ кНм}$$

Діаметр осі визначається за формулою:

$$d = \frac{M_0}{0,1[\sigma_{\text{зг}}]}$$

Розрахунковий діаметр: d=35 мм.

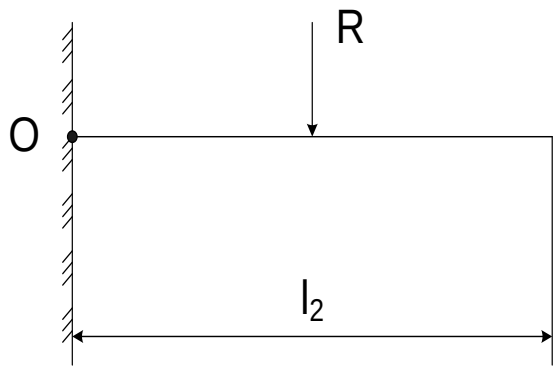


Рисунок 2.5 – Розрахункова схема

З урахуванням запасу міцності приймаємо: d=40 мм.

Отже, прийнятий діаметр осі забезпечує необхідну міцність та надійну роботу вузла ступиці двохдискового ножа.

3.8 Розроблення та розрахунок операційно-технологічної карти обробітку стерні зернових культур шляхом оранки

Оранка належить до найбільш енергоємних операцій механічного обробітку ґрунту, тому її виконання потребує ретельної підготовки машинно-тракторних агрегатів і належної організації їх роботи в польових умовах. Важливим етапом також є попередня підготовка полів до проведення цієї технологічної операції.

Документом, який дає змогу врахувати всі складові організації процесу виконання оранки, є операційно-технологічна карта, що використовується як один із елементів наукової організації праці.

У фермерському господарстві близько 100 га торф’яно-болотних ґрунтів використовуються для вирощування зернових культур. Їх обробіток здійснюється орним агрегатом у складі трактора МТЗ-80 та плуга ПБН-3-50, який забезпечує ефективне загортання післяжнивних решток. Окрім цього,

зазначені плуги використовують у весняний період для обробітку мінеральних ґрунтів, які не були зорані восени.

Разом з тим застосування плуга на стерньових фонах ускладнюється забиванням робочих органів рослинними рештками, що знижує ефективність його роботи. У зв’язку з цим у проєкті передбачено модернізацію плуга ПБН-3-50, яка дасть змогу підвищити ефективність його використання під час оранки стерні.

Вихідними даними для розрахунку є склад машинно-тракторного агрегату МТЗ-80 + ПБН-3-50 та параметри поля: розміри 400 × 600 м (24 га), ухил місцевості і = 3 %, фон — стерня озимих культур, питомий опір ґрунту k_0 = 40 кПа, глибина оранки а = 0,35 м. Розрахунок починають із визначення швидкісного режиму роботи агрегату.

Робоча швидкість орного агрегату обмежується двома чинниками: агротехнічно допустимою швидкістю та швидкістю, яка визначається потужністю двигуна трактора. Для виконання оранки агротехнічно допустимий діапазон швидкості становить $V_{агр}$ = 4,5–12 км/год (1,3–3,3 м/с).

Швидкість, обмежена потужністю двигуна, визначається з урахуванням: номінальної потужності двигуна, коефіцієнта використання потужності, втрат у трансмісії, буксування рушіїв, тягового опору плуга, опору коченню та ухилу місцевості.

Тяговий опір плуга визначається залежністю

$$R = n \cdot a \cdot b_k \cdot \beta \cdot k_0 + G_{пл} \cdot i/100$$

Де n – кількість корпусів плуга; а – глибина оранки; b_k – ширина захвату корпуса; β – коефіцієнт використання конструктивної ширини захвату; k_0 – питомий опір ґрунту; $G_{пл}$ – експлуатаційна маса плуга.

За проведеними розрахунками R = 22,35 кН.

Максимальна швидкість агрегату V = 2,4 м/с.

Оскільки це значення знаходиться в межах агротехнічно допустимого діапазону, воно приймається як робоча швидкість агрегату.

Підготовка орного агрегату до роботи включає перевірку правильності встановлення корпусів плуга та дискових ножів, надійності з'єднання плуга з навісною системою трактора, а також справності самого навісного механізму.

Налаштування агрегату виконують на спеціальному регулювальному майданчику з твердим покриттям.

Головними вимогами до встановлення плуга є розташування носків лемешів усіх корпусів на одній прямій лінії та забезпечення паралельності рами плуга до поверхні майданчика. За потреби це досягається заміною деформованих стійок, виправленням окремих елементів конструкції або встановленням регулювальних прокладок.

Особливістю роботи агрегату з трактором МТЗ-80 є те, що праві колеса трактора рухаються по дну борозни. У зв'язку з цим колію передніх і задніх коліс встановлюють на відстані 1800 мм.

Для забезпечення рівномірного розподілу навантаження частину баластних вантажів із правого заднього колеса переміщують на ліве.

Під час регулювання агрегату під ліве заднє колесо встановлюють підставку висотою, що дорівнює глибині оранки (0,35 м), а під опорне колесо плуга – підставку меншої висоти з урахуванням глибини колії.

Трактор обладнаний триточковою навісною системою.

Довжина розкосів нижніх тяг становить 870 мм. Положення плуга у горизонтальній площині регулюють правим розкосом.

Організація роботи агрегату в полі. Після регулювання агрегату на майданчику проводять контрольну оранку. Після проходження 10–15 м перевіряють: відсутність гребенів, повне загортання рослинних решток, відкритість дна борозни.

Однією з найважливіших агротехнічних вимог до оранки є відсутність звальних гребенів і розгінних борозен.

Повністю уникнути їх можна лише при використанні оборотних плугів. При роботі звичайними плугами їх кількість зменшують застосуванням способу оранки чергуванням "всвал" і "врозвал".

Такий спосіб дозволяє: зменшити кількість гребенів і борозен майже вдвічі; підвищити коефіцієнт робочих ходів агрегату.

Для цього визначають: радіус повороту агрегату, довжину виїзду, ширину поворотної смуги, робочу довжину гону, оптимальну ширину загінки.

Радіус повороту агрегату приймають R = 6 м.

Довжина виїзду e = 0,46 м.

Ширина поворотної смуги E = 19,2 м.

Робоча довжина гону $L_р$ = 561,6 м.

Оптимальна ширина загінки $C_{опт}$ = 43,5 м.

Коефіцієнт робочих ходів φ = 0,95.

Підготовка поля включає виконання таких робіт: поділ поля на загони, визначення їх кількості, відмічання поворотних смуг, встановлення місць заїзду машинно-тракторного агрегату та нанесення ліній першого проходу.

Для поля шириною 400 м кількість загінок становить приблизно n ≈ 9.

До основних показників організації процесу належать: продуктивність агрегату; витрати палива; трудомісткість робіт.

Тривалість зміни $T_{см}$ = 7 год. Чистий робочий час $T_р$ = 5,26 год.

Коефіцієнт використання часу зміни τ = 0,76.

Продуктивність агрегату: за годину – 1,05 га/год; за зміну – 7,56 га.

Питомі витрати палива – 22,13 кг/га

Питомі витрати праці – 0,95 люд.-год/га.

3.9 Висновки з розділу

У результаті проведених досліджень і розрахунків обґрунтовано необхідність модернізації плуга ПБН-3-50 з метою підвищення ефективності його роботи під час оранки стерньових полів і ґрунтів із значною кількістю рослинних решток. Аналіз конструкції плуга показав, що застосування стандартного плоского дискового ножа призводить до частого забивання

робочих органів рослинними рештками, що знижує продуктивність агрегату та потребує частих зупинок для очищення плуга.

Для усунення цього недоліку запропоновано модернізацію конструкції шляхом встановлення двох сферичних дискових ножів, розташованих увігнутими поверхнями один до одного під кутом атаки $\alpha \approx 25°$. Визначено основні конструктивні параметри модернізованого робочого органа, зокрема діаметр сферичних дисків $D = 0{,}45$ м та радіус кривизни $D_к = 0{,}85$ м, що забезпечує ефективне підрізання та відведення рослинних решток із зони проходу корпусу плуга.

У процесі розрахунків встановлено, що тяговий опір двохдискового ножа становить 7,54 кН, що використано як вихідний параметр для подальших розрахунків міцності конструктивних елементів. Перевірочні розрахунки показали, що стійка робочого органа витримує дію максимального вигинального моменту, а прийняті параметри конструкції забезпечують необхідний запас міцності.

Також виконано розрахунок різьбового з’єднання кріплення кронштейна до рами плуга, зварного шва кронштейна та осі ступиці двохдискового ножа. Результати розрахунків підтвердили надійність зварних з’єднань і осі ступиці, а також показали доцільність використання більш міцного матеріалу для болтового з’єднання.

У результаті обґрунтування та розрахунку операційно-технологічної карти оранки стерні зернових культур визначено раціональні параметри роботи агрегату МТЗ-80 + ПБН-3-50. Встановлено, що тяговий опір плуга становить 22,35 кН, а оптимальна робоча швидкість агрегату — 2,4 м/с, що відповідає агротехнічним вимогам. Визначено основні параметри організації процесу оранки: радіус повороту 6 м, ширину поворотної смуги 19,2 м, робочу довжину гону 561,6 м, оптимальну ширину загінки 43,5 м та коефіцієнт робочих ходів 0,95. Розрахунки показали, що продуктивність агрегату становить 1,05 га/год або 7,56 га за зміну, питомі витрати палива — 22,13 кг/га, а трудомісткість — 0,95

люд.-год/га. Отримані результати підтверджують доцільність модернізації плуга ПБН-3-50 для підвищення ефективності оранки стерньових полів.

Отже, запропонована модернізація плуга ПБН-3-50 із застосуванням двохдискового ножа є конструктивно обґрунтованою, працездатною та забезпечує підвищення надійності роботи плуга, зменшення забивання робочих органів і покращення технологічних показників оранки.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Виконання технологічних операцій основного обробітку ґрунту, зокрема оранки, пов’язане з використанням машинно-тракторних агрегатів, які працюють у складних виробничих умовах і можуть створювати небезпечні та шкідливі фактори для обслуговуючого персоналу. Тому забезпечення належного рівня охорони праці під час виконання польових робіт є одним із найважливіших завдань організації сільськогосподарського виробництва. Особливої уваги потребують питання безпечної експлуатації тракторів, навісних і причіпних знарядь, а також дотримання вимог екологічної безпеки під час виконання технологічних процесів обробітку ґрунту.

Оранка є складною механізованою операцією, що виконується за допомогою тракторів у агрегаті з плугами різних конструкцій. Під час роботи машинно-тракторного агрегату виникають небезпечні виробничі фактори, пов’язані з рухомими частинами техніки, підвищеним рівнем шуму та вібрації, значним тяговим навантаженням, а також із можливістю травмування працівників у разі порушення правил експлуатації техніки. Крім того, під час польових робіт оператор піддається впливу пилу, вихлопних газів двигуна, несприятливих погодних умов і тривалих статичних навантажень.

Основними небезпечними факторами під час роботи з плугом є рухомі елементи машинно-тракторного агрегату, обертові вузли, робочі органи плуга (лемеші, відвали, ножі), а також можливість самовільного руху агрегату або перекидання трактора на схилах. До шкідливих факторів належать підвищений рівень шуму, вібрації, пилу та газів, які утворюються під час роботи двигуна внутрішнього згоряння.

Для запобігання виробничому травматизму необхідно дотримуватися вимог нормативних документів з охорони праці, зокрема Закону України «Про охорону праці», правил безпечної експлуатації сільськогосподарської техніки,

інструкцій з охорони праці для трактористів-машиністів сільськогосподарського виробництва, а також стандартів системи управління охороною праці.

Перед початком роботи машиніст трактора зобов’язаний пройти інструктаж з охорони праці, перевірити технічний стан трактора та плуга, а також переконатися у справності всіх вузлів і механізмів. Особливу увагу слід приділяти стану гальмівної системи, рульового керування, освітлювальних приладів, навісного механізму та гідравлічної системи. Не допускається експлуатація машинно-тракторного агрегату у разі наявності несправностей, які можуть вплинути на безпеку роботи.

Перед агрегатуванням плуга з трактором необхідно переконатися у справності навісного пристрою та надійності кріплення всіх елементів знаряддя. З’єднання плуга з трактором повинно виконуватися на рівному майданчику при заглушеному двигуні. Під час виконання цієї операції забороняється перебувати між трактором і плугом у момент руху трактора заднім ходом. Після з’єднання необхідно перевірити правильність фіксації пальців навісного механізму та відсутність люфтів у з’єднаннях.

Важливим етапом забезпечення безпечної роботи є правильне регулювання плуга. Регулювання виконують на спеціальному майданчику з твердим покриттям, де встановлюють необхідну глибину оранки, перевіряють паралельність рами плуга до поверхні ґрунту та правильність положення корпусів. Усі регулювальні роботи необхідно виконувати лише при зупиненому двигуні трактора.

Під час роботи в полі тракторист повинен постійно контролювати стан агрегату, стежити за відсутністю сторонніх осіб у зоні роботи та дотримуватися безпечної швидкості руху. Забороняється виконувати будь-які ремонтні або регулювальні роботи під час руху агрегату. У разі необхідності усунення несправностей трактор необхідно повністю зупинити, заглушити двигун і лише після цього виконувати ремонтні операції.

Особливу небезпеку становить очищення плуга від налиплого ґрунту або рослинних решток. Цю операцію слід виконувати лише після повної зупинки

агрегату та опускання плуга на ґрунт. Очищення робочих органів необхідно здійснювати спеціальними інструментами, не використовуючи руки безпосередньо, щоб уникнути травмування.

Під час роботи на схилах необхідно дотримуватися особливої обережності, оскільки існує ризик перекидання трактора. Роботи слід виконувати переважно вздовж горизонталей або з мінімальним ухилом. Забороняється різко змінювати напрямок руху або виконувати повороти на великій швидкості.

Важливим фактором безпеки є також забезпечення належних умов праці тракториста. Кабіна трактора повинна бути обладнана системами вентиляції, опалення та шумозахисту. Рівень шуму та вібрації не повинен перевищувати допустимих санітарних норм. Для зменшення негативного впливу вібрації використовують амортизовані сидіння та гумові елементи в конструкції кабіни.

Окрім питань охорони праці, під час виконання оранки необхідно враховувати вимоги захисту навколишнього середовища. Інтенсивний механічний обробіток ґрунту може призводити до деградації ґрунтів, розвитку ерозійних процесів, втрати гумусу та порушення структури орного шару. Тому важливим завданням сучасного землеробства є забезпечення екологічно безпечних технологій обробітку ґрунту.

Одним із основних екологічних аспектів є запобігання ерозії ґрунтів. На схилах необхідно застосовувати протиерозійні заходи, зокрема оранку впоперек схилу, використання безполицевих знарядь або мінімального обробітку. Це дозволяє зменшити змивання ґрунту водою та зберегти родючий шар.

Іншим важливим фактором є збереження структури ґрунту та органічної речовини. Під час оранки необхідно забезпечити рівномірне загортання рослинних решток, що сприяє їх мінералізації та підвищенню вмісту гумусу. Водночас надмірна інтенсивність обробітку може призводити до руйнування ґрунтової структури, тому технологічні параметри роботи агрегату повинні бути обґрунтовані з урахуванням типу ґрунту та агрокліматичних умов.

Особливу увагу слід приділяти запобіганню забрудненню довкілля паливно-мастильними матеріалами. Під час експлуатації тракторів необхідно

контролювати герметичність паливної системи, своєчасно усувати витоки пального та мастила, а також виконувати технічне обслуговування відповідно до регламенту. Заправку техніки слід здійснювати у спеціально відведених місцях із використанням засобів, що запобігають потраплянню пального у ґрунт.

Важливим екологічним аспектом є також зменшення викидів шкідливих речовин у атмосферу. Для цього необхідно підтримувати двигун трактора у справному технічному стані, використовувати якісне паливо та дотримуватися оптимальних режимів роботи двигуна.

Таким чином, дотримання вимог охорони праці та екологічної безпеки під час виконання оранки дозволяє не лише знизити рівень виробничого травматизму, а й забезпечити раціональне використання природних ресурсів та збереження родючості ґрунтів. Комплексне поєднання технічних, організаційних і екологічних заходів сприяє підвищенню ефективності сільськогосподарського виробництва та забезпечує сталий розвиток аграрної галузі.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ МОДЕРНІЗОВАНОГО ПЛУГА

Сутність розробки полягає у модернізації робочих органів плуга ПБН-3-50 з метою підвищення ефективності роботи агрегату під час оранки стерні зернових культур та зменшення забивання робочих органів рослинними рештками.

Техніко-економічні показники визначаються за єдиною методикою для двох варіантів:

1. Базовий варіант (індекс 1) – використання агрегату МТЗ-80 + ПБН-3-50.
2. Проєктний варіант (індекс 2) – використання агрегату МТЗ-80 + модернізований плуг ПБН-3-50М.

Вихідні дані для розрахунків наведено у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані

Показник	Базовий варіант	Проєктний варіант
Робоча ширина захвату, м	1,5	1,5
Робоча швидкість, км/год	8,5	8,64
Коефіцієнт використання часу	0,60	0,76
Кількість трактористів	1	1
Розряд механізатора	7	7
Маса машини, кг	930	1500
Тарифна ставка (грн/год)	120	120

Продуктивність агрегату за одну годину змінного часу розраховують за відповідною формулою

$$W_ч = 0,1 \cdot B_р \cdot V_р \cdot \eta$$

де $B_р$ – робоча ширина захвату, м; $V_р$ – робоча швидкість агрегату, км/год; η – коефіцієнт використання часу.

Базовий варіант $W_{ч1} = 0,1 \cdot 1,5 \cdot 8,5 \cdot 0,6 = 0,77$ га/год.

Проєктний варіант $W_{ч2} = 0,1 \cdot 1,5 \cdot 8,64 \cdot 0,76 = 0,99$ га/год

Річний обсяг робіт

$$W_г = W_ч \cdot T_г$$

де $T_г$ – сезонне річне напрацювання (150 год).

$$W_{г1} = 0,77 \cdot 150 = 115,5 \text{ га}$$

$$W_{г2} = 0,99 \cdot 150 = 148,5 \text{ га}$$

Прямі витрати праці

$$t_п = L/W_ч$$

де L – кількість працівників.

$$t_{п1} = 1,3 \text{ год/га}$$

$$t_{п2} = 1,01 \text{ год/га}$$

Економія трудових витрат

$$E_т = (t_{п1} – t_{п2}) \cdot W_{г2}$$

$$E_т = (1,3 – 1,01) \cdot 148,5 = 43,1 \text{ люд.-год}$$

Зростання продуктивності праці

$$R_{пт} = (t_{п1} – t_{п2})/t_{п2} \cdot 100$$

$$R_{пт} = 28,7\%$$

Матеріаломісткість процесу

$$Ме = M/W_г$$

$$Ме_1 = 18,7 \text{ кг/га}$$

$$Ме_2 = 15,9 \text{ кг/га}$$

Зниження матеріаломісткості: 17,6%.

Енергоємність процесу

$$E_е = N/W_ч$$

$$E_{е1} = 142 \text{ кВт·год/га}$$

$$E_{е2} = 140,9 \text{ кВт·год/га}$$

Зменшення енергоємності: 0,7%.

Витрати палива

$$G = N \cdot q/W_ч$$

$$G_1 = 36,9 \text{ кг/га}$$

$$G_2 = 35,2 \text{ кг/га}$$

Зменшення витрат палива: 4,6%.

Економія палива за сезон

$$E_п = (G_1 – G_2) \cdot W_{г2}$$

$$E_п = (36,9 – 35,2) \cdot 148,5 = 252,5 \text{ кг}$$

Експлуатаційні витрати визначаються за формулою

$$U = U_з + U_{соц} + U_{гсм} + U_р + U_а + U_{пр}$$

де $U_з$ – оплата праці, $U_{соц}$ – соціальні відрахування, $U_{гсм}$ – витрати на паливо і мастила, $U_р$ – ремонт і технічне обслуговування, $U_а$ – амортизація $U_{пр}$ – інші витрати.

Витрати на оплату праці

$$U_{з1} = 156 \text{ грн/га}$$

$$U_{з2} = 121 \text{ грн/га}$$

Соціальні відрахування (22%)

$$U_{соц1} = 34 \text{ грн/га}$$

$$U_{соц2} = 27 \text{ грн/га}$$

Середня ціна дизельного палива в Україні ≈ 55 грн/л.

$$U_{гсм1} = 2029 \text{ грн/га}$$

$$U_{гсм2} = 1936 \text{ грн/га}$$

Витрати на ремонт і технічне обслуговування

$$U_{р1} = 620 \text{ грн/га}$$

$$U_{р2} = 598 \text{ грн/га}$$

Амортизаційні відрахування

$$U_{а1} = 430 \text{ грн/га}$$

$$U_{а2} = 405 \text{ грн/га}$$

Інші витрати

$$U_{пр1} = 40 \text{ грн/га}$$

$$U_{пр2} = 38 \text{ грн/га}$$

Загальні експлуатаційні витрати

$$U_1 = 3309 \text{ грн/га}$$

$$U_2 = 3125 \text{ грн/га}$$

Зниження експлуатаційних витрат: 5,6%.

Річна економія

$E = (U_1 – U_2) \cdot W_{г2}$

$E = (3309 – 3125) \cdot 148,5$

$E = 27309$ грн

Річний економічний ефект становить приблизно 27 тис. грн

Строк окупності модернізації ≈ 1 рік

Проведені техніко-економічні розрахунки показали, що застосування модернізованого плуга ПБН-3-50М у складі агрегату МТЗ-80 є економічно доцільним. У порівнянні з базовим варіантом підвищується продуктивність агрегату, зменшуються витрати праці, палива та матеріальних ресурсів. Зокрема, продуктивність зростає на 28,7%, витрати палива зменшуються на 4,6%, а експлуатаційні витрати – на 5–6 %.

Отриманий економічний ефект підтверджує доцільність впровадження модернізованої конструкції плуга у виробництво, що дозволяє підвищити ефективність використання машинно-тракторних агрегатів і знизити собівартість виконання оранки.

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз показав, що кукурудза є однією з найважливіших сільськогосподарських культур України завдяки високій врожайності, універсальності використання та значній кормовій і економічній цінності. Якість силосу значною мірою залежить від фази стиглості рослин під час збирання, при цьому найбільш поживний корм формується у фазі молочно-воскової та воскової стиглості зерна. Сучасна технологія вирощування кукурудзи передбачає виконання комплексу взаємопов'язаних агротехнічних заходів, серед яких основними є підготовка ґрунту, внесення добрив, проведення сівби, догляд за посівами, захист рослин і збирання врожаю. Ефективність цієї технології значною мірою визначається системою основного обробітку ґрунту. Найпоширенішою в умовах України залишається полицева оранка, яка забезпечує якісне загортання рослинних решток і створення сприятливих умов для росту рослин, проте характеризується значними енерговитратами.

2. Проведений аналіз показав, що механічний обробіток ґрунту є важливою складовою технології вирощування сільськогосподарських культур, оскільки забезпечує поліпшення структури ґрунту, загортання рослинних решток і добрив, знищення бур'янів та підготовку якісного посівного шару. Встановлено, що якість оранки значною мірою залежить від конструкції та розміщення робочих органів плуга. Найважливішу роль при цьому відіграють лемішно-полицеві корпуси, передплужники, ножі та ґрунтопоглиблювачі. Існують різні типи корпусів плугів, які застосовують залежно від ґрунтових умов і агротехнічних вимог. Аналіз сучасних конструкцій плугів показав, що найбільш поширеними є начіпні та напівначіпні плуги, які забезпечують достатню якість оранки, але мають недоліки, зокрема високі енерговитрати, складність роботи на важких ґрунтах і схильність до забивання рослинними рештками. Отже, підвищення ефективності основного обробітку ґрунту можливе шляхом удосконалення конструкції плугів, оптимізації розміщення їх робочих органів і поліпшення умов агрегатування з трактором. Це підтверджує доцільність подальшої модернізації плуга ПБН-3-50.

3. У результаті проведених досліджень обґрунтовано доцільність модернізації плуга ПБН-3-50 для підвищення ефективності оранки стерньових полів із великою кількістю рослинних решток. Аналіз показав, що використання стандартного дискового ножа призводить до забивання робочих органів і зниження продуктивності агрегату. Для усунення цього недоліку запропоновано встановлення двох сферичних дискових ножів, розташованих увігнутими поверхнями один до одного під кутом атаки близько 25°. Визначено основні конструктивні параметри робочого органа (діаметр дисків 0,45 м, радіус кривизни 0,85 м), що забезпечують ефективне підрізання та відведення рослинних решток. Розрахунки показали, що тяговий опір двохдискового ножа становить 7,54 кН, а міцність основних конструктивних елементів — стійки, зварних швів та осі ступиці — відповідає умовам надійної роботи. Визначено також раціональні параметри роботи агрегату МТЗ-80 + ПБН-3-50: робочу швидкість 2,4 м/с, продуктивність 1,05 га/год (7,56 га за зміну), витрати палива 22,13 кг/га та трудомісткість 0,95 люд.-год/га. Отже, запропонована модернізація плуга ПБН-3-50 із застосуванням двохдискового ножа є технічно обґрунтованою та забезпечує підвищення надійності роботи плуга, зменшення забивання робочих органів і покращення технологічних показників оранки.

4. Дотримання вимог охорони праці та екологічної безпеки під час виконання оранки дозволяє не лише знизити рівень виробничого травматизму, а й забезпечити раціональне використання природних ресурсів та збереження родючості ґрунтів. Комплексне поєднання технічних, організаційних і екологічних заходів сприяє підвищенню ефективності сільськогосподарського виробництва та забезпечує сталий розвиток аграрної галузі.

5. Проведені техніко-економічні розрахунки показали, що застосування модернізованого плуга ПБН-3-50М у складі агрегату МТЗ-80 є економічно доцільним. У порівнянні з базовим варіантом підвищується продуктивність агрегату, зменшуються витрати праці, палива та матеріальних ресурсів. Зокрема, продуктивність зростає на 28,7%, витрати палива зменшуються на 4,6%, а експлуатаційні витрати – на 5–6 %.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Aliiev, E., Tesliuk, H., Puhach, A., Kobets, O., Zolotovska, O., & Boiko, V. (2023). Improving the work process efficiency of a tillage module for pre-sowing tillage. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4*(1(124)), 60–71. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.284597

2. Кравченко, В. М., Горюнов, О. І., & Грищенко, С. А. (2017). *Дослідження фізико-механічних властивостей ґрунту: методи та прилади*. Київ: КНУБА.

3. Hula, J., Šindelar, R., & Kovaricek, P. (2005). Operational effects of implements on crop residues in soil tillage operations. *Research in Agricultural Engineering, 51*(4), 119–124.

4. Швець, Л. В., Паладійчук, Ю. Б., & Труханська, О. О. (2019). *Технічний сервіс в АПК: навчальний посібник*. Вінниця: ВНАУ.

5. Mualem, A. M., & Schaap, J. W. (2019). *Physical and mechanical properties of soils and their measurements*. Boca Raton, FL: CRC Press.

6. Козаченко, О. В., Шкрегаль, О. М., Каденко, В. С., & Алієв, Е. Б. (2017). Моделювання енергоощадної форми леза ґрунтообробного робочого органу. У *Матеріали XIII міжнародної конференції «Стратегія якості в промисловості та освіті»* (с. 131–138). Варна: Технічний університет.

7. Cannell, R. Q., & Hawes, J. D. (1994). Trends in tillage practices in relation to sustainable crop production with special reference to temperate climates. *Soil & Tillage Research, 30*, 245–282.

8. Довбуш, Т. А., Хомик, Н. І., & Довбуш, А. Д. (2019). *Методи проектування сільськогосподарських машин: навчально-методичний посібник до курсового проектування*. Тернопіль.

9. Kobets, A., Aliiev, E., Tesliuk, H., & Aliieva, O. (2023). Simulation of the interaction between the working bodies of tillage machines and the soil in Simcenter STAR-CCM+. *Machinery & Energetics, 14*(1), 9–23. https://doi.org/10.31548/machinery/1.2023.09

10. Войтюк, Д. Г., Аніскевич, Л. В., Волянський, М. С., Мартишко, В. М., & Гуменюк, Ю. О. (2017). *Сільськогосподарські машини: навчальний посібник*. Київ: Агроосвіта.

11. Arshad, M. A. (1999). Tillage practices for sustainable agriculture and environmental quality in different agro-ecosystems. *Soil & Tillage Research*, *53*, 1–3.

12. Кравченко, В. М., Мельник, С. М., & Коноваленко, В. В. (2017). *Дискові знаряддя для обробітку ґрунту та їх розрахунок*. Київ: НАУ.

13. Hula, J., Kovaricek, P., & Mayer, V. (2003). Exploitational indicators, diesel fuel consumption and work quality during disc tiller skimming. *Research in Agricultural Engineering*, *49*(3), 85–95.

14. Алієв, Е. Б., & Теслюк, Г. В. (2023). Перспективи чисельного моделювання взаємодії ґрунтообробних робочих органів із ґрунтом у Simcenter STAR-CCM+. У *Олійні культури: сьогодення та перспективи* (с. 120–121). Запоріжжя: ІОК НААН.

15. Гнатів, В. І., Кісельов, С. В., & Чернявська, О. В. (2018). *Дискові знаряддя в землеробстві: монографія*. Київ: КНУБА.

16. Kozachenko, O., Aliiev, E., & Sedykh, K. (2021). Results of investigation of the spring shank disc harrow performance. *U.P.B. Scientific Bulletin, Series D, 83*(4), 123–140.

17. Веселовська, Н. Р., Руткевич, В. С., & Шаргородський, С. А. (2019). *Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування: навчальний посібник*. Вінниця: ВНАУ.

18. Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning* (Agricultural Handbook No. 537). Washington, DC: U.S. Department of Agriculture.

19. Sunflower Manufacturing. (n.d.). *Disk harrows – Model 1444*. Retrieved from http://www.sunflowermfg.com/products/index.php?id=49&sID=61&pID=116

20. Головачук, А. Ф., Марченко, В. І., & Орлов, В. Ф. (2004). *Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: підручник*.

21. Теслюк, Г. В., Алієв, Е. Б., & Золотовська, О. В. (2024). Обґрунтування форми пазуреподібного прутка ґрунтообробного агрегату для передпосівного обробітку. *Сільськогосподарські машини, 50*, 7–17. https://doi.org/10.36910/acm.vi50.1313

22. *Система землеробства No-till: навчальний посібник*. (2011). Київ: Логос.

23. Hanna, H. M., Melvin, S. W., & Pope, R. O. (1995). Tillage implement operational effects on residue cover. *Applied Engineering in Agriculture*, *11*, 205–210.

24. Kverneland Group. (n.d.). *Kverneland Visio 200 disc harrows*. Retrieved from http://ien.kverneland.com/Soil-Equipment/Disc-Harrows/Disc-Harrows/Kverneland-Visio-200

25. Михайлов, В. М. (2017). *Ґрунтозахисні технології в землеробстві: навчальний посібник*. Київ: НУБіП України.

26. Maschio Gaspardo. (n.d.). *MV V-shaped trailed single beam harrow with central trolley hydraulic folding frame*. Retrieved from http://www.maschionet.com/catalog/product/mv/uk_UA

27. Лабатюк, Ю. М., & Алієв, Е. Б. (2015). Математичне моделювання процесу взаємодії робочого органу глибокорозпушувача з ґрунтом. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету, 5*(2), 133–140.

28. Aliiev, E., & Tesliuk, H. (2024). Analytical justifications of constructive parameters of bionic colters for vertical soil treatment. *Machinery & Energetics*, *15*(3), 129–139. https://doi.org/10.31548/machinery/3.2024.129

ДОДАТКИ

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

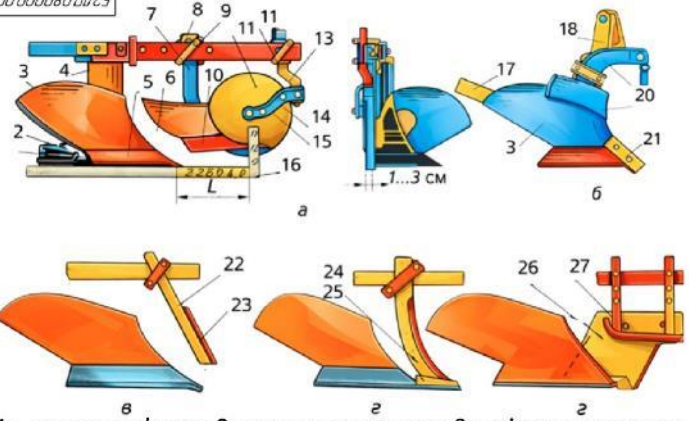
УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ПЛУГА ПБН-3-50

Демонстраційний матеріал до дипломного проєкту освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконав: студент 3 курсу, групи АІС-3-23 за спеціальністю 208 «Агроінженерія»
Мельник Владислав Юрійович

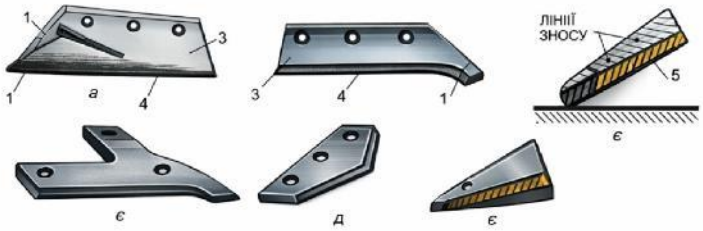
Керівник: канд. техн. наук, доцент
Теслюк Геннадій Володимирович

Дніпро, 2026



1 – опорна п'ятка; 2 – польова дошка; 3 – відвал корпуса; 4, 7, 18 – опорні стійки; 5, 10 – лемеші; 6 – відвал передплужника; 8 – державка кріплення; 9, 12 – хомути; 11 – дисковий ніж; 13 – колінчаста стійка; 14 – корончата шайба; 15 – вилка кріплення; 16 – кутник; 17 – перо відвала; 19 – гряділь; 20 – кутознімач; 21, 25 – долота; 22 – держак ножа; 23 – ріжуче лезо ножа; 24 – стебловий ніж із криволінійною ріжучою кромкою; 26 – плоский ніж; 27 – опорна лижа

Установлення передплужника і дискового ножа (а), кутознімача (б), стеблового (в і г) та плоского (д) ножів



а – трапецієподібний; б – долотоподібний; в – самозаточуваний; г – вирізний; д – трикутний; 1 – носок; 2 – магазин; 3 – крило; 4 – лезо; 5 – шар твердого сплаву

Лемеші

ПЛН-3-35



ПЛН-4-35



ПЛ-5-40



ПНУ-6-40



ПНД-4-30



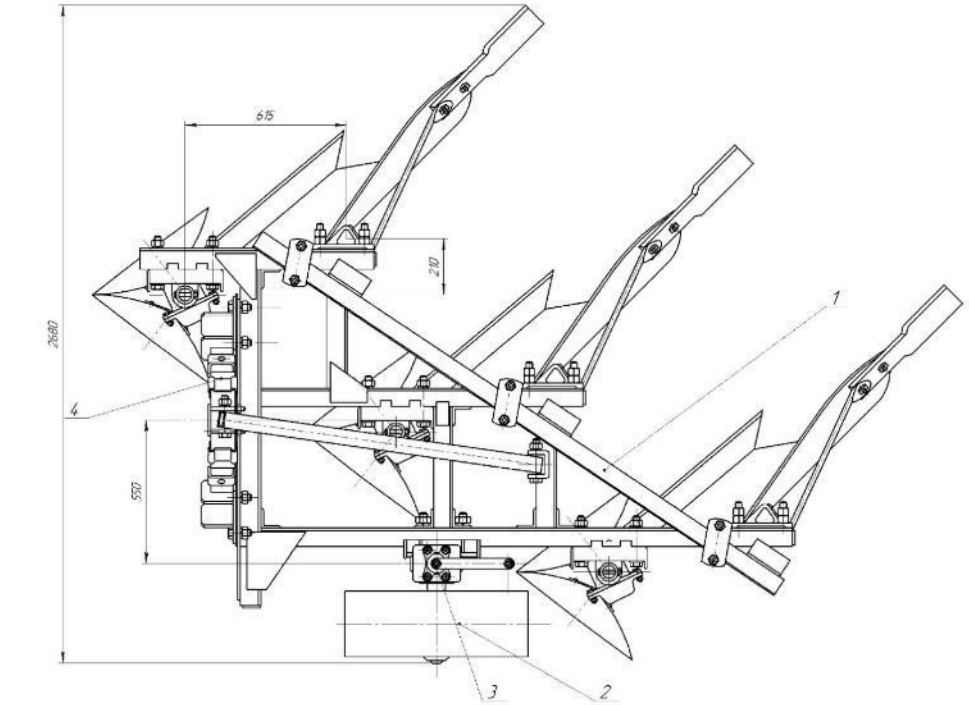
ПНВБ 5-40

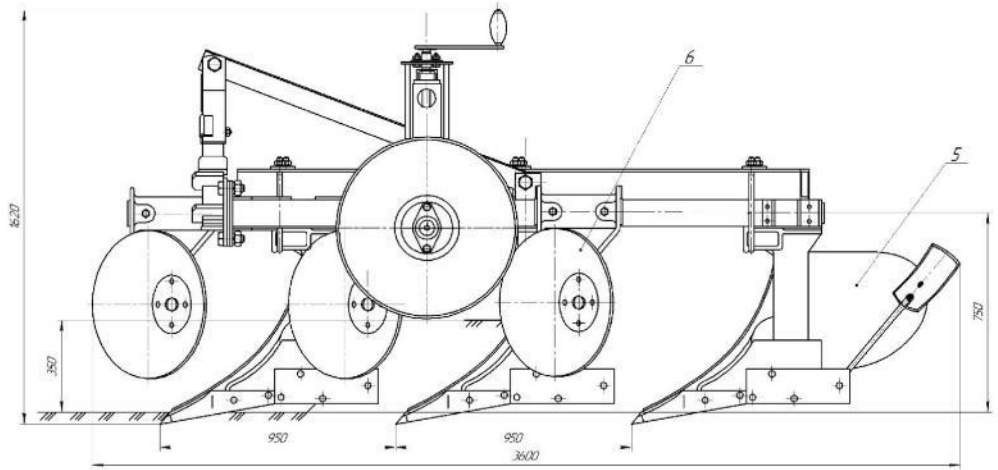


Конструкції сучасних плугів

							52ДП.080000.000.ОК	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Огляд конструкцій плугів		Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.		Дерюгін О.П.							
Перевір.		Тесляк І.В.					Аркуш	Аркушів	
Н.контр.							ДДАЕУ		
Затверд.		Войтюк В.Б.							
		Тесляк І.В.							

52Д.П.080000.000ВЗ





Технічна характеристика

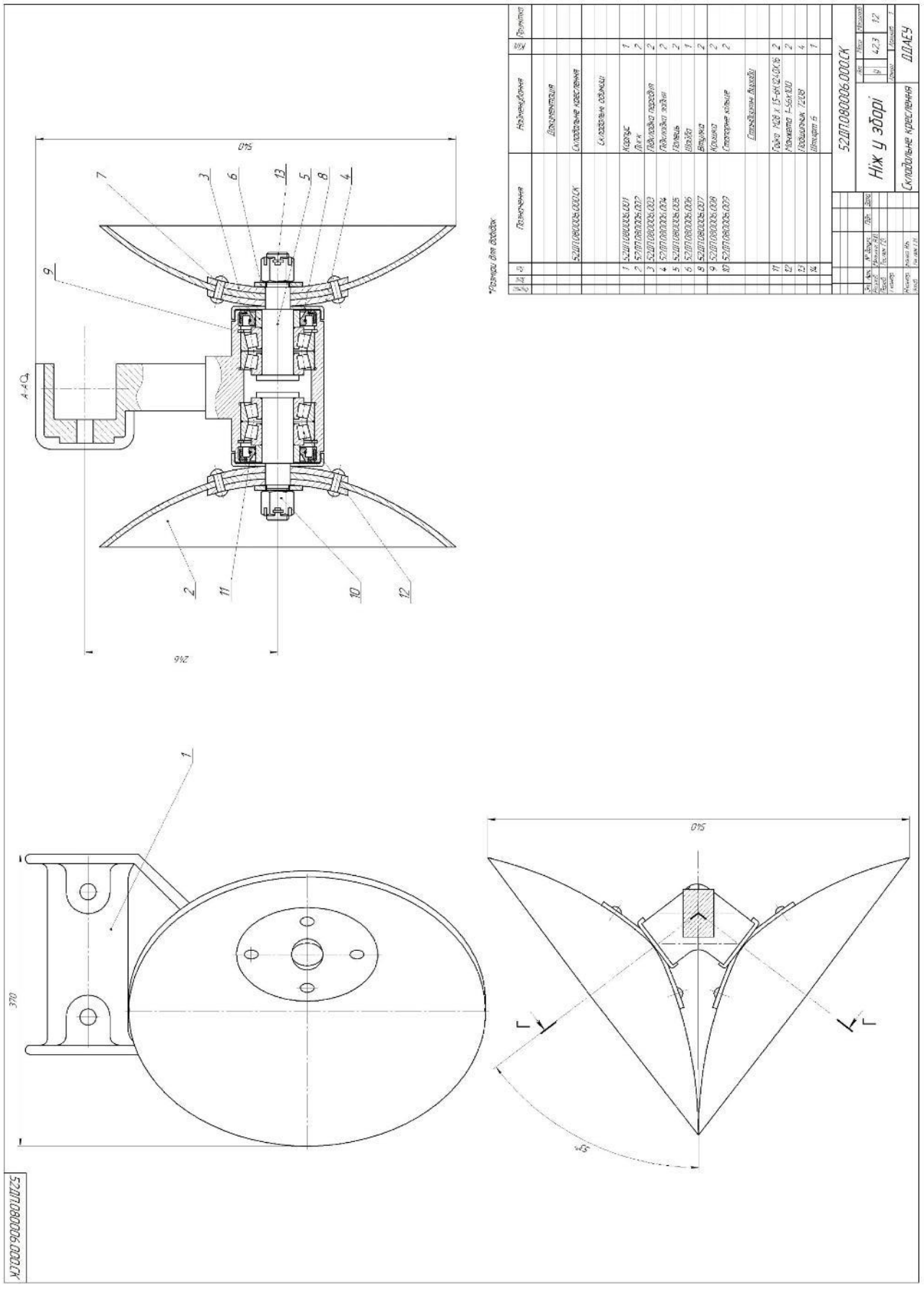
Ширина захвату, м	1.5
Кількість корпусів, шт	3
Ширина захвату одного корпусу, мм	500
Тип плуга	навісний
Призначення	оранка перезволожених ґрунтів
Глибина оранки, см до	30
Продуктивність, га/год	0,92..1,12
Робоча швидкість, км/год	6..8
Транспортна швидкість, км/год до	15
Агрегатується з тракторами класу	3..5
Тип робочих органів	полицевих корпуси
Загальна довжина, мм	3700
Загальна ширина, мм	2450
Загальна висота, мм	1650
Дорожній просвіт, мм	300
Маса, кг	890

Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
		Документація		
	52Д.П.080000.000ВЗ	Креслення загального виду		
		Складальні одиниці		
1	52Д.П.080001.000	Рама	1	
2	52Д.П.080002.000	Опорно-регулювне колесо	1	
3	52Д.П.080003.000	Регулювальний механізм	1	
4	52Д.П.080004.000	Зчепний пристрій		
5	52Д.П.080005.000	Корпус плуга		
6	52Д.П.080006.000	Нож у зборі		

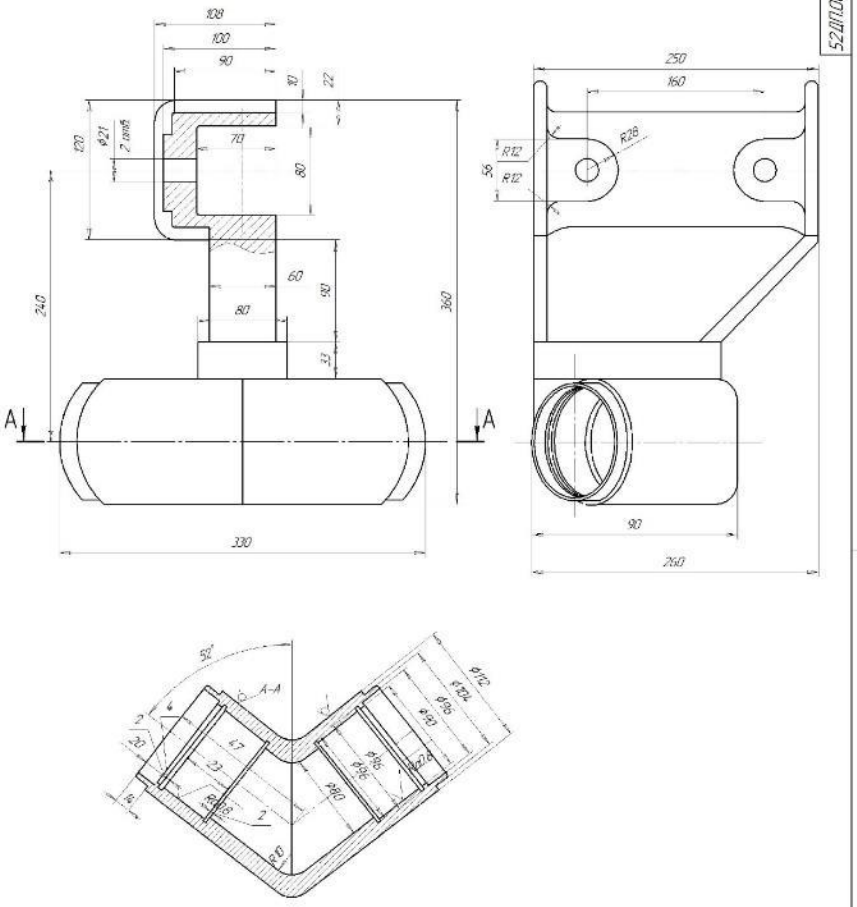
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	52Д.П.080000.000ВЗ
Розроб.		Мельник О.В.			Плуг п'ятикорпусний навісний
Перев.		Ткачук І.В.			
Т.контр.					
Н.контр.		Козак В.К.			Креслення загального виду
Затв.		Ткачук І.В.			

Літ.	Маса	Масштаб
	890	1:5
Аркуш	Аркушів	
		ДДАЕУ

4


Ніж у зборі
Складальне креслення
ДПАЕЧ
5ДП.080006.000СК
Позначення
Найменування
Примітки
Складальні одиниці
Деталі
Стандартні вироби
Матеріали
Комплекти
Відомість
Специфікація
Відомість покупних виробів
Відомість посилань
Відомість документів
Відомість комплектів
Відомість комплектувальних виробів
Відомість матеріалів
Відомість технологічних документів
Відомість технологічних процесів
Відомість технологічних операцій
Відомість технологічних переходів
Відомість технологічних режимів
Відомість технологічних карт
Відомість технологічних схем
Відомість технологічних креслень
Відомість технологічних специфікацій
Відомість технологічних відомостей

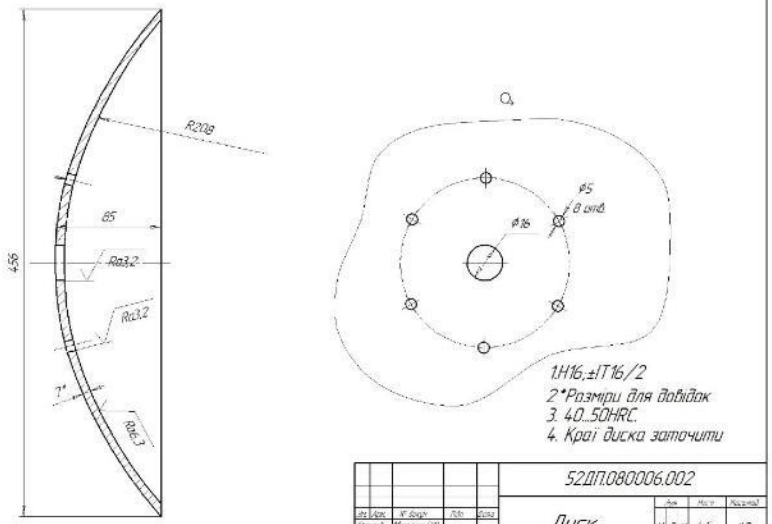
52ДП.080006.001СК



*Розміри для довідок

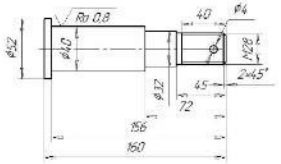
			52ДП.080006.001СК		
Розроб.	Мальчик НВ		Корпус	Літ.	Маса	Масштаб
Перев.	Гасюк ГВ			У	В П	32,3	1:2
Т.контр.	Войтко ВВ			Аркуш	Аркушів 1
Н.контр.	Єшко ВС			ДДАЕУ	
Затв.	Гасюк ГВ				

52ДП.080006.002



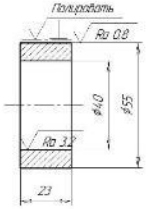
			52ДП.080006.002		
Розроб.	Мальчик НВ		Диск	Літ.	Маса	Масштаб
Перев.	Гасюк ГВ			У	В П	4,5	1:2
Т.контр.				Аркуш	Аркушів
Н.контр.	Єшко ВС			65Mn EN 10089	ДДАЕУ
Затв.	Гасюк ГВ				

52ДП.080006.005



			52ДП.080006.005		
Розроб.	Мальчик НВ		Палець	Літ.	Маса	Масштаб
Перев.	Гасюк ГВ			У	В П	0,95	1:1
Т.контр.				Аркуш	Аркушів
Н.контр.	Єшко ВС			C45E EN 10083-2	ДДАЕУ
Затв.	Гасюк ГВ				

52ДП.080006.007



			52ДП.080006.007		
Розроб.	Мальчик НВ		Втулка	Літ.	Маса	Масштаб
Перев.	Гасюк ГВ			У	В П	0,3	1:1
Т.контр.				Аркуш	Аркушів
Н.контр.	Єшко ВС			S235JR EN 10025	ДДАЕУ
Затв.	Гасюк ГВ				

Показник	Базовий варіант МТЗ-80 + ПБН-3-50	Проєктний варіант МТЗ-80 + ПБН-3-50М	Відхилення
Робоча ширина захвату, м	1,5	1,5	–
Робоча швидкість, км/год	8,5	8,64	+1,6 %
Коефіцієнт використання часу	0,60	0,76	+26,7 %
Продуктивність за 1 год змінного часу, га/год	0,77	0,99	+28,7 %
Річний обсяг робіт, га	115,5	148,5	+28,6 %
Прямі витрати праці, люд.-год/га	1,30	1,01	−22,3 %
Економія трудових витрат, люд.-год	–	43,1	–
Матеріаломісткість, кг/га	18,7	15,9	−17,6 %
Витрати палива, кг/га	36,9	35,2	−4,6 %
Економія палива за сезон, кг	–	252,5	–
Витрати на оплату праці, грн/га	156	121	−22,4 %
Соціальні відрахування, грн/га	34	27	−20,6 %
Витрати на паливо і мастила, грн/га	2029	1936	−4,6 %
Ремонт і технічне обслуговування, грн/га	620	598	−3,5 %
Амортизаційні відрахування, грн/га	430	405	−5,8 %
Інші витрати, грн/га	40	38	−5,0 %
Загальні експлуатаційні витрати, грн/га	3309	3125	−5,6 %
Річна економія, грн	–	27309	–
Орієнтовний строк окупності	–	≈ 1 рік	–